



SISTEMA DE ENSINO  
**PREPARAENEM**

# NATUREZA



# 3



# CIÊNCIAS DA NATUREZA

Volume 3 - 1ª Edição

Goiânia  
**CLASSIS EDITORA**  
2015



**CLASSIS**  
E D I T O R A

**SISTEMA DE ENSINO PREPARAENEM - NATUREZA**

**Volume 3**

©2015 CLASSIS EDITORA

#### **AUTORES**

Gilberto Augusto Nogueira  
Lúcio Tovar  
Maximiliano Memi Cura  
Saulo Godoy

#### **DIREÇÃO EDITORIAL**

Alexandre Pullig Corrêa

#### **COORDENAÇÃO DE ARTE**

Gedson Clei Ribeiro Alves

#### **CAPA**

Gedson Clei Ribeiro Alves

#### **IMAGEM DE CAPA**

shutterstock.com

#### **EDIÇÃO DE ARTE**

Alex Alves da Silva  
Gedson Clei Ribeiro Alves  
Luiz Felipe Magalhães  
Silvio Ribeiro da Cunha Filho

#### **REVISÃO**

Alex Alves da Silva  
Alexandre Pullig Corrêa  
Cristiano Siqueira  
Danielle Pullig Corrêa  
Gedson Clei Ribeiro Alves  
Yani Rebouças de Oliveira

#### **PREPARAÇÃO DE TEXTOS**

Alexandre Pullig Corrêa  
Cristiano Siqueira

#### **PROJETO GRÁFICO**

Gedson Clei Ribeiro Alves  
Alexandre Pullig Corrêa

#### **DIAGRAMAÇÃO**

Gedson Clei Ribeiro Alves  
Silvio Ribeiro da Cunha Filho

Goiânia - 1ª edição - 2015

#### **TODOS OS DIREITOS RESERVADOS**

#### **CLASSIS EDITORA**

Av. Eng. Eurico Miranda, Qd. 04, Lt. 12/14 - Sala 209  
Ed. Concept Office - Vila Maria José  
CEP: 74815465 - Goiânia - Goiás - Brasil  
Fone: +55 (62) 3877 3214  
classiseditora@gmail.com

**ISBN: 978-85-88249-33-2**

#### **IMPRESSÃO E ACABAMENTO**

POLIGRÁFICA

“Competência é a faculdade de mobilizar um conjunto de recursos cognitivos – como saberes, habilidades e informações – para solucionar com pertinência e eficácia uma série de situações. Pensar em termos de competência significa pensar a sinergia, a orquestração de recursos cognitivos e afetivos diversos para enfrentar um conjunto de situações que apresentam analogias de estrutura.”

*Philippe Perrenoud*

Caro estudante,

Os novos desafios e mudanças propostas para a melhoria da educação brasileira têm provocado significativas transformações, exigindo mudanças tanto por parte da escola como por parte dos estudantes do ensino médio.

Nossa tradição escolar ainda tem muito do enciclopedismo iluminista. Muitos educadores ainda acreditam que devem fazer com que os alunos absorvam todo o conhecimento que existe no mundo, o que é impossível.

O novo aprendizado deve promover, não apenas a mera reprodução de dados, mas sim ajudá-lo a responder às transformações da sociedade e da cultura em que está inserido, desenvolvendo a capacidade cognitiva de interpretar textos, solucionar problemas e relacionar diferentes áreas do conhecimento.

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), desde a sua criação em 1998, procura avaliar as competências e habilidades adquiridas pelos estudantes ao término do ensino médio. Em 2009 o ENEM foi reformulado e, a partir de então, ganhou maior importância no cenário nacional, tornando-se o principal instrumento de seleção para as universidades no país. Ademais, ainda é o primeiro passo na promoção de um novo currículo para o ensino médio do Brasil.

A adoção do ENEM por todas as instituições federais de ensino superior do país em 2013 e o número recorde de inscritos em 2014 (que superou os 9,5 milhões de candidatos), revela que, além de ser hoje a forma principal de conquistar a tão sonhada vaga no curso superior, o exame está cada vez mais concorrido.

Com o intuito de oferecer condições mais efetivas para o aprendizado e o desenvolvimento das competências e habilidades estabelecidas pelo exame, o Sistema de Ensino PreparaEnem (SEP), apresenta os conteúdos de forma a desvendar os mistérios do exame, e de outros vestibulares, para garantir a você uma preparação completa e eficaz.



## MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM

EIXOS COGNITIVOS .....	12
CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS.....	12
OBJETOS DE CONHECIMENTO ASSOCIADOS.....	15

### QUÍMICA

## FRENTE A

<b>FORÇAS INTERMOLECULARES</b> .....	21
Exercícios Resolvidos .....	22
Exercícios de Fixação.....	23
Enem e Vestibulares.....	24
<b>GEOMETRIA MOLECULAR</b> .....	28
Exercícios Resolvidos .....	30
Exercícios de Fixação.....	31
Enem e Vestibulares.....	32

## FRENTE B

<b>FUNÇÕES INORGÂNICAS</b> .....	36
Exercícios Resolvidos .....	37
Exercícios de Fixação.....	38
Enem e Vestibulares.....	39
<b>BASES OU HIDRÓXIDOS</b> .....	42
Exercícios Resolvidos .....	43
Exercícios de Fixação.....	45
Enem e Vestibulares.....	45
<b>SAIS</b> .....	47
Exercícios Resolvidos .....	49
Exercícios de Fixação.....	50
Enem e Vestibulares.....	51

## FRENTE C

<b>ELETROQUÍMICA</b> .....	55
Exercícios Resolvidos .....	59
Exercícios de Fixação.....	59
Enem e Vestibulares.....	61

## FRENTE D

<b>EQUILÍBRIO QUÍMICO</b> .....	67
Exercícios Resolvidos .....	68
Exercícios de Fixação.....	69
Enem e Vestibulares.....	70
<b>FATORES QUE ALTERAM O EQUILÍBRIO</b> .....	72
Exercícios Resolvidos .....	73
Exercícios de Fixação.....	74
Enem e Vestibulares.....	75
<b>EQUILÍBRIO IÔNICO</b> .....	77
Exercícios Resolvidos .....	78
Exercícios de Fixação.....	79
Enem e Vestibulares.....	80

## FRENTE E

<b>ISOMERIA ESPACIAL OU ESTEREOISOMERIA</b> .....	83
Exercícios Resolvidos .....	84
Exercícios de Fixação.....	85
Enem e Vestibulares.....	85
<b>ISOMERIA ÓPTICA</b> .....	89
Exercícios Resolvidos .....	90
Exercícios de Fixação.....	91
Enem e Vestibulares.....	92
<b>REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO</b> .....	95
<b>DIRIGÊNCIA DE RADICAIS</b> .....	97

## SUMÁRIO

Exercícios Resolvidos .....	98
Exercícios de Fixação.....	98
Enem e Vestibulares.....	100

### FRENTE F

<b>EFEITOS ELETRÔNICOS INDUTIVOS E MESOMÉRICOS DOADORES E RETIRADORES DE ELÉTRONS</b> .....	104
---	-----

<b>ACIDEZ E BASICIDADE DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS</b> .....	105
--	-----

Exercícios Resolvidos .....	106
Exercícios de Fixação.....	107
Enem e Vestibulares.....	108

<b>REAÇÕES DE ADIÇÃO</b> .....	112
--------------------------------	-----

Exercícios Resolvidos .....	115
Exercícios de Fixação.....	116
Enem e Vestibulares.....	117

### BIOLOGIA

### FRENTE G

<b>REINO PLANTAE</b> .....	121
----------------------------	-----

Exercícios Resolvidos .....	127
Exercícios de Fixação.....	129
Enem e Vestibulares.....	129

### FRENTE H

<b>HERANÇA QUANTITATIVA E EPISTASIA</b> .....	132
---	-----

Exercícios Resolvidos .....	138
Exercícios de Fixação.....	139
Enem e Vestibulares.....	140

### FRENTE I

<b>ÁCIDOS NUCLEICOS</b> .....	143
-------------------------------	-----

Exercícios Resolvidos .....	151
Exercícios de Fixação.....	152
Enem e Vestibulares.....	153

## FRENTE J

<b>REINO MONERA E BACTERIOSES</b> .....	156
<b>REINO FUNGI E MICOSES</b> .....	157
<b>REINO PROTISTA E PROTOZOSES</b> .....	158
Exercícios Resolvidos .....	161
Exercícios de Fixação.....	163
Enem e Vestibulares.....	163

## FRENTE K

<b>SISTEMA NERVOSO HUMANO</b> .....	168
Exercícios Resolvidos .....	171
Exercícios de Fixação.....	172
Enem e Vestibulares.....	173

## FRENTE L

<b>ARTRÓPODES</b> .....	176
<b>PEIXES</b> .....	178
Exercícios Resolvidos .....	180
Exercícios de Fixação.....	182
Enem e Vestibulares.....	183

## FÍSICA

### FRENTE M

<b>ENERGIA E TRABALHO</b> .....	187
Exercícios Resolvidos .....	191
Exercícios de Fixação.....	191
Enem e Vestibulares.....	192
<b>ENERGIA MECÂNICA E SUA CONSERVAÇÃO</b> .....	195
Exercícios Resolvidos .....	196
Exercícios de Fixação.....	197
Enem e Vestibulares.....	198

<b>GRAVITAÇÃO UNIVERSAL</b> .....	201
Exercícios Resolvidos .....	206
Exercícios de Fixação.....	207
Enem e Vestibulares.....	207

## FRENTE N

<b>LEI DA TERMODINÂMICA</b> .....	210
Exercícios Resolvidos .....	213
Exercícios de Fixação.....	213
Enem e Vestibulares.....	214
<b>2ª LEI DA TERMODINÂMICA</b> .....	215
Exercícios Resolvidos .....	218
Exercícios de Fixação.....	219
Enem e Vestibulares.....	219

## FRENTE O

<b>CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES DAS ONDAS</b> .....	223
Exercícios Resolvidos .....	229
Exercícios de Fixação.....	230
Enem e Vestibulares.....	231
<b>O SOM</b> .....	235
Exercícios Resolvidos .....	239
Exercícios de Fixação.....	240
Enem e Vestibulares.....	240
<b>TUBOS SONOROS</b> .....	244
Exercícios Resolvidos .....	246
Exercícios de Fixação.....	247
Enem e Vestibulares.....	248

## FRENTE P

<b>FORÇA ELÉTRICA</b> .....	251
Exercícios Resolvidos .....	252
Exercícios de Fixação.....	252
Enem e Vestibulares.....	253
<b>CAMPO ELÉTRICO</b> .....	257
Exercícios Resolvidos .....	261
Exercícios de Fixação.....	262
Enem e Vestibulares.....	263
<b>POTENCIAL ELÉTRICO</b> .....	268
Exercícios Resolvidos .....	270
Exercícios de Fixação.....	271
Enem e Vestibulares.....	272
<b>GABARITOS</b> .....	276

## EIXOS COGNITIVOS (comuns a todas as áreas de conhecimento)

I. Dominar linguagens (DL)	dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
II. Compreender fenômenos (CF)	construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
III. Enfrentar situações-problema (SP)	selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
IV. Construir argumentação (CA)	relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
V. Elaborar propostas (EP)	recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

## CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

### Competência de área 1

Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H1	Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.
H2	Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.
H3	Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4	Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.
----	---

## Competência de área 2

Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5	Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
H6	Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.
H7	Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

## Competência de área 3

Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

H8	Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.
H9	Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.
H10	Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.
H11	Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.
H12	Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

## Competência de área 4

Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

H13	Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.
H14	Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.
H15	Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.
H16	Compreender o papel da evolução na produção de padrões e processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.



# MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM

## Competência de área 5

Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17	Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
H18	Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.
H19	Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

## Competência de área 6

Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20	Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.
H21	Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.
H22	Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.
H23	Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

## Competência de área 7

Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H24	Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.
H25	Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.
H26	Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.
H27	Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

## Competência de área 8

Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H28	Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.
H29	Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.
H30	Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

## OBJETOS DE CONHECIMENTO ASSOCIADOS À MATRIZ DE REFERÊNCIA

### FÍSICA

#### Conhecimentos básicos e fundamentais

Noções de ordem de grandeza. Notação Científica. Sistema Internacional de Unidades. Metodologia de investigação: a procura de regularidades e de sinais na interpretação física do mundo. Observações e mensurações: representação de grandezas físicas como grandezas mensuráveis. Ferramentas básicas: gráficos e vetores. Conceituação de grandezas vetoriais e escalares. Operações básicas com vetores.

#### O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas

Grandezas fundamentais da mecânica: tempo, espaço, velocidade e aceleração. Relação histórica entre força e movimento. Descrições do movimento e sua interpretação: quantificação do movimento e sua descrição matemática e gráfica. Casos especiais de movimentos e suas regularidades observáveis. Conceito de inércia. Noção de sistemas de referência inerciais e não inerciais. Noção dinâmica de massa e quantidade de movimento (momento linear). Força e variação da quantidade de movimento. Leis de Newton. Centro de massa e a ideia de ponto material. Conceito de forças externas e internas. Lei da conservação da quantidade de movimento (momento linear) e teorema do impulso. Momento de uma força (torque). Condições de equilíbrio estático de ponto material e de corpos rígidos. Força de atrito, força peso, força normal de contato e tração. Diagramas de forças. Identificação das forças que atuam nos movimentos circulares. Noção de força centrípeta e sua quantificação. A hidrostática: aspectos históricos e variáveis relevantes. Empuxo. Princípios de Pascal, Arquimedes e Stevin: condições de flutuação, relação entre diferença de nível e pressão hidrostática.

## MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM

Energia, trabalho e potência	Conceituação de trabalho, energia e potência. Conceito de energia potencial e de energia cinética. Conservação de energia mecânica e dissipação de energia. Trabalho da força gravitacional e energia potencial gravitacional. Forças conservativas e dissipativas.
A mecânica e o funcionamento do universo	Força peso. Aceleração gravitacional. Lei da Gravitação Universal. Leis de Kepler. Movimentos de corpos celestes. Influência na Terra: marés e variações climáticas. Concepções históricas sobre a origem do universo e sua evolução.
Fenômenos elétricos e magnéticos	Carga elétrica e corrente elétrica. Lei de Coulomb. Campo elétrico e potencial elétrico. Linhas de campo. Superfícies equipotenciais. Poder das pontas. Blindagem. Capacitores. Efeito Joule. Lei de Ohm. Resistência elétrica e resistividade. Relações entre grandezas elétricas: tensão, corrente, potência e energia. Circuitos elétricos simples. Correntes contínua e alternada. Medidores elétricos. Representação gráfica de circuitos. Símbolos convencionais. Potência e consumo de energia em dispositivos elétricos. Campo magnético. Ímãs permanentes. Linhas de campo magnético. Campo magnético terrestre.
Oscilações, ondas, óptica e radiação	Feixes e frentes de ondas. Reflexão e refração. Óptica geométrica: lentes e espelhos. Formação de imagens. Instrumentos ópticos simples. Fenômenos ondulatórios. Pulsos e ondas. Período, frequência, ciclo. Propagação: relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Ondas em diferentes meios de propagação.
O calor e os fenômenos térmicos	Conceitos de calor e de temperatura. Escalas termométricas. Transferência de calor e equilíbrio térmico. Capacidade calorífica e calor específico. Condução do calor. Dilatação térmica. Mudanças de estado físico e calor latente de transformação. Comportamento de gases ideais. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot. Leis da Termodinâmica. Aplicações e fenômenos térmicos de uso cotidiano. Compreensão de fenômenos climáticos relacionados ao ciclo da água.

## QUÍMICA

Transformações químicas	Evidências de transformações químicas. Interpretando transformações químicas. Sistemas gasosos: Lei dos gases. Equação geral dos gases ideais, Princípio de Avogadro, conceito de molécula; massa molar, volume molar dos gases. Teoria cinética dos gases. Misturas gasosas. Modelo corpuscular da matéria. Modelo atômico de Dalton. Natureza elétrica da matéria: Modelo Atômico de Thomson, Rutherford, Rutherford-Bohr. Átomos e sua estrutura. Número atômico, número de massa, isótopos, massa atômica. Elementos químicos e Tabela Periódica. Reações químicas.
Representação das transformações químicas	Fórmulas químicas. Balanceamento de equações químicas. Aspectos quantitativos das transformações químicas. Leis ponderais das reações químicas. Determinação de fórmulas químicas. Grandezas químicas: massa, volume, mol, massa molar, constante de Avogadro. Cálculos estequiométricos.
Materiais, suas propriedades e usos	Propriedades de materiais. Estados físicos de materiais. Mudanças de estado. Misturas: tipos e métodos de separação. Substâncias químicas: classificação e características gerais. Metais e ligas metálicas. Ferro, cobre e alumínio. Ligações metálicas. Substâncias iônicas: características e propriedades. Substâncias iônicas do grupo: cloreto, carbonato, nitrato e sulfato. Ligação iônica. Substâncias moleculares: características e propriedades. Substâncias moleculares: $H_2$ , $O_2$ , $N_2$ , $Cl_2$ , $NH_3$ , $H_2O$ , $HCl$ , $CH_4$ . Ligação covalente. Polaridade de moléculas. Forças intermoleculares. Relação entre estruturas, propriedade e aplicação das substâncias.
Água	Ocorrência e importância na vida animal e vegetal. Ligação, estrutura e propriedades. Sistemas em solução aquosa: soluções verdadeiras, soluções coloidais e suspensões. Solubilidade. Concentração das soluções. Aspectos qualitativos das propriedades coligativas das soluções. Ácidos, bases, sais e óxidos: definição, classificação, propriedades, formulação e nomenclatura. Conceitos de ácidos e bases. Principais propriedades dos ácidos e bases: indicadores, condutibilidade elétrica, reação com metais, reação de neutralização.

## MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM

Transformações químicas e energia	Transformações químicas e energia calorífica. Calor de reação. Entalpia. Equações termoquímicas. Lei de Hess. Transformações químicas e energia elétrica. Reação de oxirredução. Potenciais padrão de redução. Pilha. Eletrólise. Leis de Faraday. Transformações nucleares. Conceitos fundamentais da radioatividade. Reações de fissão e fusão nuclear. Desintegração radioativa e radioisótopos.
Dinâmica das transformações químicas	Transformações químicas e velocidade. Velocidade de reação. Energia de ativação. Fatores que alteram a velocidade de reação: concentração, pressão, temperatura e catalisador.
Transformação química e equilíbrio	Caracterização do sistema em equilíbrio. Constante de equilíbrio. Produto iônico da água, equilíbrio ácido-base e pH. Solubilidade dos sais e hidrólise. Fatores que alteram o sistema em equilíbrio. Aplicação da velocidade e do equilíbrio químico no cotidiano.
Compostos de carbono	Características gerais dos compostos orgânicos. Principais funções orgânicas. Estrutura e propriedades de hidrocarbonetos. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos oxigenados. Fermentação. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos nitrogenados. Macromoléculas naturais e sintéticas. Noções básicas sobre polímeros. Amido, glicogênio e celulose. Borracha natural e sintética. Polietileno, poliestireno, PVC, teflon, náilon. Óleos e gorduras, sabões e detergentes sintéticos. Proteínas e enzimas.
Relações da Química com as tecnologias, a sociedade e o meio ambiente	Química no cotidiano. Química na agricultura e na saúde. Química nos alimentos. Química e ambiente. Aspectos científico-tecnológicos, socioeconômicos e ambientais associados à obtenção ou produção de substâncias químicas. Indústria química: obtenção e utilização do cloro, hidróxido de sódio, ácido sulfúrico, amônia e ácido nítrico. Mineração e metalurgia. Poluição e tratamento de água. Poluição atmosférica. Contaminação e proteção do ambiente.

## Energias químicas no cotidiano

Petróleo, gás natural e carvão. Madeira e hulha. Biomassa. Biocombustíveis. Impactos ambientais de combustíveis fósseis. Energia nuclear. Lixo atômico. Vantagens e desvantagens do uso de energia nuclear.

## BIOLOGIA

### Moléculas, células e tecidos

Estrutura e fisiologia celular: membrana, citoplasma e núcleo. Divisão celular. Aspectos bioquímicos das estruturas celulares. Aspectos gerais do metabolismo celular. Metabolismo energético: fotossíntese e respiração. Codificação da informação genética. Síntese proteica. Diferenciação celular. Principais tecidos animais e vegetais. Origem e evolução das células. Noções sobre células-tronco, clonagem e tecnologia do DNA recombinante. Aplicações de biotecnologia na produção de alimentos, fármacos e componentes biológicos. Aplicações de tecnologias relacionadas ao DNA a investigações científicas, determinação da paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos. Aspectos éticos relacionados ao desenvolvimento biotecnológico. Biotecnologia e sustentabilidade.

### Hereditariedade e diversidade da vida

Princípios básicos que regem a transmissão de características hereditárias. Concepções pré-mendelianas sobre a hereditariedade. Aspectos genéticos do funcionamento do corpo humano. Antígenos e anticorpos. Grupos sanguíneos, transplantes e doenças autoimunes. Neoplasias e a influência de fatores ambientais. Mutações gênicas e cromossômicas. Aconselhamento genético. Fundamentos genéticos da evolução. Aspectos genéticos da formação e manutenção da diversidade biológica.

### Identidade dos seres vivos

Níveis de organização dos seres vivos. Vírus, procariontes e eucariontes. Autótrofos e heterótrofos. Seres unicelulares e pluricelulares. Sistemática e as grandes linhas da evolução dos seres vivos. Tipos de ciclo de vida. Evolução e padrões anatômicos e fisiológicos observados nos seres vivos. Funções vitais dos seres vivos e sua relação com a adaptação desses organismos a diferentes ambientes. Embriologia, anatomia e fisiologia humana. Evolução humana. Biotecnologia e sistemática.

### Ecologia e ciências ambientais

A Ecossistemas. Fatores bióticos e abióticos. Habitat e nicho ecológico. A comunidade biológica: teia alimentar, sucessão e comunidade clímax. Dinâmica de populações. Interações entre os seres vivos. Ciclos biogeoquímicos. Fluxo de energia no ecossistema. Biogeografia. Biomas brasileiros. Exploração e uso de recursos naturais. Problemas ambientais: mudanças climáticas, efeito estufa; desmatamento; erosão; poluição da água, do solo e do ar. Conservação e recuperação de ecossistemas. Conservação da biodiversidade. Tecnologias ambientais. Noções de saneamento básico. Noções de legislação ambiental: água, florestas, unidades de conservação; biodiversidade.

### Origem e evolução da vida

A biologia como ciência: história, métodos, técnicas e experimentação. Hipóteses sobre a origem do Universo, da Terra e dos seres vivos. Teorias de evolução. Explicações pré-darwinistas para a modificação das espécies. A teoria evolutiva de Charles Darwin. Teoria sintética da evolução. Seleção artificial e seu impacto sobre ambientes naturais e sobre populações humanas.

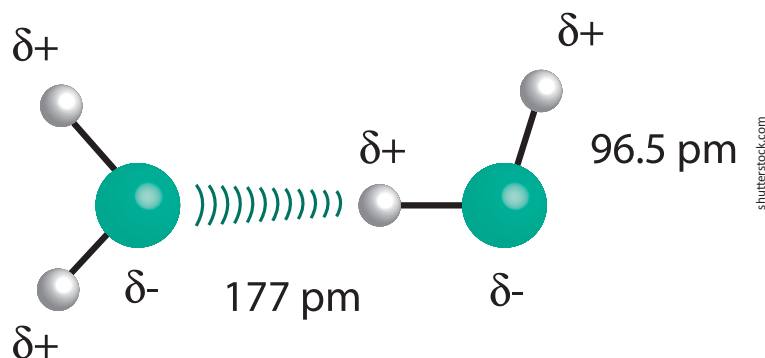
### Qualidade de vida das populações humanas

Aspectos biológicos da pobreza e do desenvolvimento humano. Indicadores sociais, ambientais e econômicos. Índice de desenvolvimento humano. Principais doenças que afetam a população brasileira: caracterização, prevenção e profilaxia. Noções de primeiros socorros. Doenças sexualmente transmissíveis. Aspectos sociais da biologia: uso indevido de drogas; gravidez na adolescência; obesidade. Violência e segurança pública. Exercícios físicos e vida saudável. Aspectos biológicos do desenvolvimento sustentável. Legislação e cidadania.

Disponível em: <http://portal.mec.gov.br>. Acesso em : 28 jul. 2014.

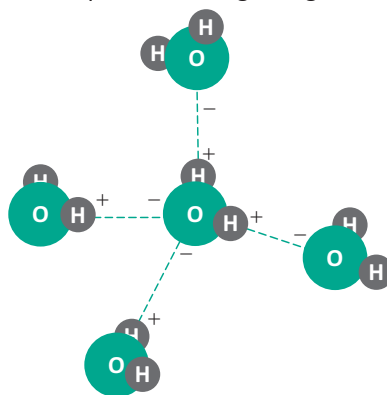
## FORÇAS INTERMOLECULARES

São interações elétricas de atração que ocorrem entre moléculas devido à presença de cargas de sinais opostos dentro da molécula. Quando em uma ligação covalente os átomos forem diferentes, eles também apresentarão eletronegatividades diferentes. O átomo mais eletronegativo atrai mais os elétrons da ligação para si, causando uma certa instabilidade no átomo vizinho. Quando o átomo mais eletronegativo atrai os elétrons da ligação, ele fica com uma grande densidade eletrônica, recebendo o que chamamos de carga parcial negativa, enquanto o outro átomo, menos eletronegativo, recebe o que chamamos de carga parcial positiva.



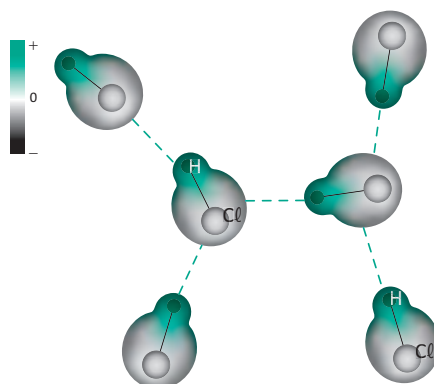
## LIGAÇÃO DE HIDROGÊNIO (PONTE DE HIDROGÊNIO)

São interações que ocorrem entre moléculas polares, onde o hidrogênio está ligado a um dos três elementos de maior eletronegatividade (F, O e N). Essa ligação vai proporcionar uma grande deficiência de elétrons ao hidrogênio, fazendo com que ele fique carregado com uma carga parcial positiva, que atrairá cargas negativas de outras moléculas.



## DIPOLO-DIPOLO OU DIPOLO PERMANENTE

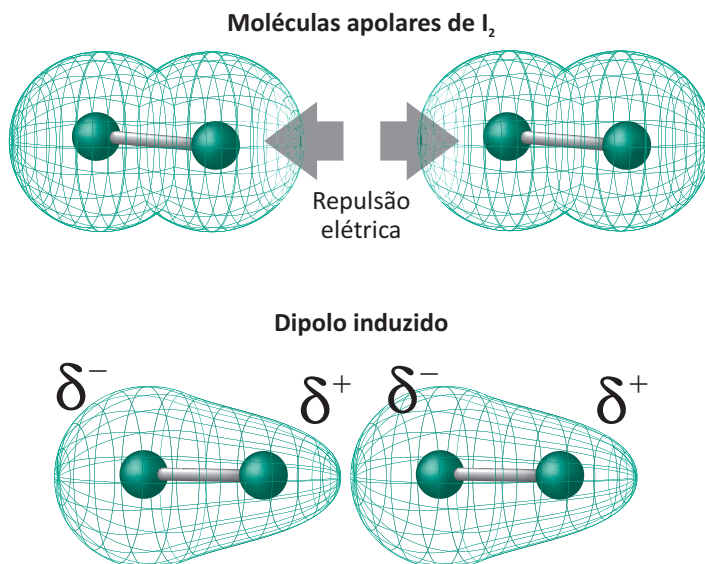
São interações intermoleculares que ocorrem entre as demais moléculas polares.





## DIPOLO INDUZIDO OU FORÇAS DE LONDON

São interações que aparecem entre moléculas apolares através da atração entre polos que se estabelecem temporariamente, do movimento natural dos elétrons ou da repulsão entre nuvens eletrônicas de moléculas muito próximas.



As propriedades físicas de uma substância estão diretamente relacionadas com o tipo de interação que existe entre suas moléculas. Relacionado a intensidade das forças, temos: Ligação de Hidrogênio > Dipolo-Dipolo > Dipolo-Induzido.

## PROPRIEDADES FÍSICAS

### SOLUBILIDADE

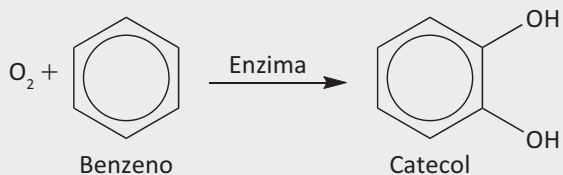
"Semelhante dissolve semelhante". As substâncias polares são bastante solúveis em solventes polares, por exemplo, álcool e água, enquanto as apolares em solventes apolares, como gasolina e óleo diesel.

### TEMPERATURA DE EBULIÇÃO

Quanto maior a intensidade das forças, maior a temperatura de ebulição. Se compararmos substâncias que apresentam as mesmas forças intermoleculares, a maior temperatura de ebulição fica por conta daquela que apresentar maior massa molecular.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

- 01| UFG** Quando uma pessoa inala benzeno, seu organismo dispara um mecanismo de defesa que o transforma no catecol, uma substância hidrossolúvel, como representado, a seguir:



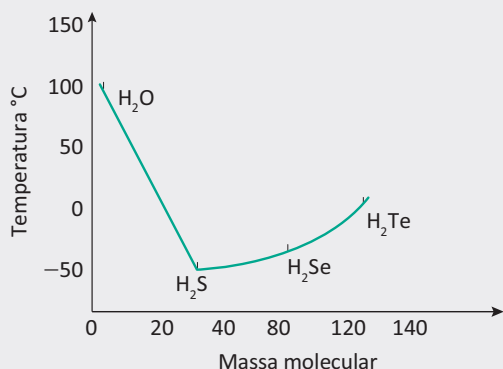
- A** Por que o catecol é mais solúvel em água que o benzeno?
- B** Explique por que a temperatura ambiente e a 1 atm, o oxigênio é gás, o benzeno é líquido e o catecol é sólido.

### Resolução:

- A** Devido à presença do grupo hidroxila responsável pela formação de pontes de hidrogênio com a água.
- B** O oxigênio é gás devido às fracas forças intermoleculares do tipo dipolo-induzidos e devido à baixa massa molecular; Já o benzeno é líquido devido à sua massa molecular ser maior, porém ainda apresenta interações do tipo dipolo-induzido; Finalmente, o catecol é sólido devido a sua alta massa molecular e à presença de interações do tipo ponte de hidrogênio (Ligações de Hidrogênio).

- 02| UFRJ** A volatilização de uma substância está relacionada com o seu ponto de ebulição que, por sua vez, é influenciado pelas interações moleculares. O gráfico abaixo mostra

os pontos de ebulição de compostos binários do hidrogênio com elementos do sub-grupo 6A, na pressão de 1 atm.



- A** Identifique a substância mais volátil entre as representadas no gráfico. Justifique sua resposta.
- B** Explique porque a água tem um ponto de ebulição tão alto, quando comparada com as demais substâncias indicadas no gráfico

#### Resolução:

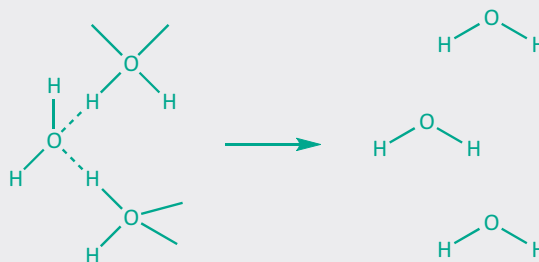
- A** O H<sub>2</sub>S, pois o ácido sulfídrico realiza ligações do tipo dipolo permanente e apresenta menor massa molar.
- B** A água forma pontes de hidrogênio (ligações hidrogênio) entre suas moléculas.

- 03| ITA** Qualitativamente (sem fazer contas), como você explica o fato de a quantidade de calor trocado na vapo-

rização de um mol de água no estado líquido ser muito maior do que o calor trocado na fusão da mesma quantidade de água no estado sólido?

#### Resolução:

No estado sólido e líquido, encontramos entre as moléculas de água uma forte força de atração (pontes de hidrogênio). Já no estado gasoso, praticamente estas forças não existem. Logo, para vaporizar 1 mol de H<sub>2</sub>O(l), devemos gastar energia para romper todas as pontes de hidrogênio existentes na água líquida.



Para fundir água sólida, devemos também gastar energia para romper as pontes de hidrogênio, só que um número muito menor de pontes deve ser rompido.



Conclusão:  $\Delta H_v \gg \Delta H_f$

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01| UFJF** O hidreto de fósforo, PH<sub>3</sub>, e a amônia, NH<sub>3</sub>, são estruturalmente semelhantes: ambas são moléculas piramidais trigonais e, consequentemente, polares. Nas fases sólidas e líquidas dos dois compostos, interações dipolo-dipolo atuam, entre outras, como forças de interação intermoleculares.

- A** Qual(is) outra(s) força(s) intermolecular(es) está(ão) presente(s) na NH<sub>3</sub> (líquida) e no PH<sub>3</sub> (líquido), além das interações dipolo-dipolo?
- B** Desenhe a interação intermolecular mais forte que ocorre entre duas moléculas de NH<sub>3</sub>.
- C** A tabela abaixo relaciona os pontos de fusão e de ebulição dos dois compostos. Considerando as forças intermoleculares presentes em cada composto, explique as diferenças observadas.

Composto	Ponto de fusão (°C)	Ponto de ebulição (°C)
PH <sub>3</sub>	-133	-88
NH <sub>3</sub>	-77	-33

- D** Com base nos dados da tabela do item c, qual seria o estado físico dessas substâncias a -50°C?

NH<sub>3</sub>

PH<sub>3</sub>

- 02| UFG** Analise o quadro a seguir.

Substâncias	T <sub>fusão</sub> (°C)	Solubilidade em Água
Cloreto de sódio	801	?
Glicose	186	?
Naftalina	80	?

Considerando-se as informações apresentadas,

- A** explique as diferenças de ponto de fusão das substâncias em relação às suas forças intermoleculares;
- B** classifique as substâncias apresentadas como solúvel, pouco solúvel ou insolúvel. Justifique sua resposta a partir da polaridade das moléculas.

**03| UFG** O elemento químico hidrogênio é bastante reativo e forma hidretos com vários outros elementos da Tabela Periódica. Na tabela abaixo estão listados os valores dos pontos de ebulição de alguns desses hidretos.

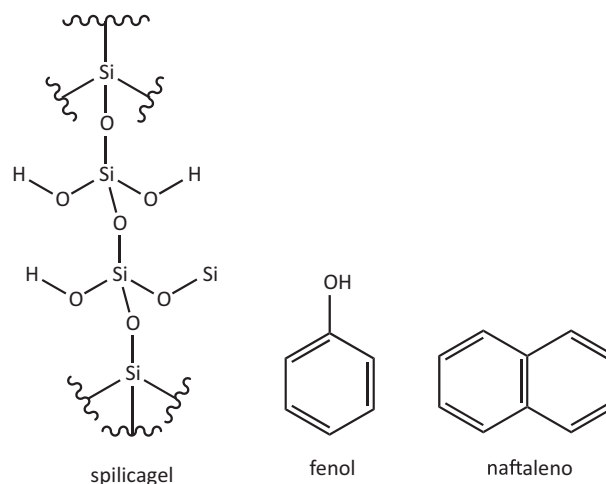
Composto	Ponto de Ebulição (°C)
CH <sub>4</sub>	-161,6
SiH <sub>4</sub>	-112,0
GeH <sub>4</sub>	-88,0
H <sub>2</sub> S	-60,7
SnH <sub>4</sub>	-52,0
H <sub>2</sub> Se	-41,5
H <sub>2</sub> Te	-1,8
H <sub>2</sub> O	+100,0

De acordo com os valores apresentados na tabela,

- A** esboce um gráfico contendo a correlação entre temperatura de ebulição dos hidretos e período do átomo central, para as diferentes famílias dos elementos que compõem esses hidretos (Tabela Periódica na contracapa da prova).
- B** explique por que os pontos de ebulição dos hidretos formados a partir dos elementos do grupo 14 são menores do que os pontos de ebulição dos hidretos formados a partir dos elementos do grupo 16.

**04| UFG** A cromatografia em coluna é um processo de separação baseado na interação intermolecular de subs-

tâncias com as fases estacionária e móvel. Considere um experimento em que o fator determinante é a interação entre a fase estacionária (sílica gel) e as substâncias fenol e naftaleno, representadas a seguir:



Determine a sequência em que os compostos sairão da coluna cromatográfica e justifique sua resposta.

**05| UFMG** Alimentos industrializados contêm conservantes para evitar sua deterioração. O benzoato de sódio é um conservante utilizado em refrigerantes.

Apesar de menos eficiente, o benzoato de sódio é mais comumente utilizado na formulação de refrigerantes que o ácido benzoico, por ser mais solúvel em água.

Comparando as interações envolvidas entre cada uma dessas espécies orgânicas e a água, **EXPLIQUE** a maior solubilidade do benzoato de sódio em água.

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UNIEVANGÉLICA** Na natureza existem substâncias químicas em todos os estados físicos, isto é, sólido, líquido e gasoso. Logicamente, há dependências de pressão, temperatura, interações intermoleculares etc. A água (H<sub>2</sub>O) possui uma massa molar pequena (18g/mol). Considerando-se este fator, ela deveria ser gasosa a 25°C e 1 atm.

Para a temperatura de ebulição da água ser 100°C ao nível do mar, um fator importante é o fato de ela

- A** ser muito volátil.
- B** possuir grande interação intermolecular.
- C** ter muitas misturas de sais.
- D** possuir geometria molecular piramidal.

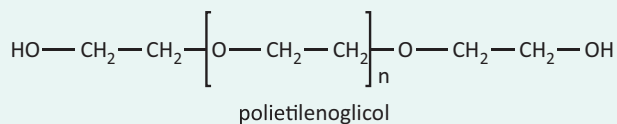
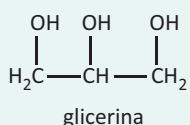
**02| IFSC** A água é uma substância de grande importância para os seres vivos: cerca de três quartos da superfície terrestre são cobertos por água. Ela representa cerca de 75% das substâncias que compõem o corpo dos seres vivos. A perda de 20% de água corpórea (desidratação) pode levar à morte e uma perda de apenas 10% já causa problemas graves. A água também funciona como um moderador de temperatura e é indispensável ao metabolismo celular.

Assinale a alternativa que se refere **CORRETAMENTE** a uma propriedades da água.

- A** A água pura é aquela constituída de sais minerais, como o sódio, o zinco e o magnésio.
- B** A capilaridade da água impede que plantas transportem até as folhas os líquidos que retiram do solo.

- C Em clima seco a evaporação da água é menos rápida.
- D A passagem da água do estado sólido para o estado líquido denomina-se evaporação.
- E Um mosquito pousa sobre a superfície líquida da água de um rio porque suas moléculas são fortemente coesas.

**03| ENEM** A pele humana, quando está bem hidratada, adquire boa elasticidade e aspecto macio e suave. Em contrapartida, quando está ressecada, perde sua elasticidade e se apresenta opaca e áspera. Para evitar o ressecamento da pele é necessário, sempre que possível, utilizar hidratantes umectantes, feitos geralmente à base de glicerina e polietilenoglicol:



Disponível em: <http://www.brasilescola.com>. Acesso em: 23 abr. 2010 (adaptado).

A retenção de água na superfície da pele promovida pelos hidratantes é consequência da interação dos grupos hidroxila dos agentes umectantes com a umidade contida no ambiente por meio de

- A ligações iônicas.
- B forças de London.
- C ligações covalentes.
- D forças dipolo-dipolo.
- E ligações de hidrogênio.

**04| UERN** Os ácidos em maior ou menor grau são prejudiciais quando manuseados ou podem causar danos só de chegarmos perto. Alguns deles em temperatura ambiente são gases (isso se deve ao fato de apresentarem baixas temperaturas de ebulição) e a sua inalação pode provocar irritação das vias respiratórias.

(Sardella, Antônio. Química. Volume único. Série novo ensino médio. São Paulo: Ática, 2005. p. 74.)

De acordo com a tabela a seguir, determine a ordem crescente das temperaturas de ebulição dos ácidos.

Composto	Massa molecular
H <sub>2</sub> S	34
H <sub>2</sub> Se	81
H <sub>2</sub> Te	129

- A H<sub>2</sub>S < H<sub>2</sub>Se < H<sub>2</sub>Te
- B H<sub>2</sub>S < H<sub>2</sub>Te < H<sub>2</sub>Se
- C H<sub>2</sub>Te < H<sub>2</sub>Se < H<sub>2</sub>S
- D H<sub>2</sub>Te < H<sub>2</sub>S < H<sub>2</sub>Se

**05| UECE** Uma lâmina de barbear das antigas flutua quando deitada cuidadosamente sobre a superfície da água contida em um copo. Este fenômeno é explicado por uma causa imediata que é

- A a pequena polaridade das moléculas da água.
- B a tensão superficial da água.
- C a simetria das ligações de hidrogênio.
- D o princípio da ação e da reação.

**06| FAC. CULTURA INGLESA** No poema Lição sobre a água, o poeta português António Gedeão descreve algumas propriedades da água:

Este líquido é água.

Quando pura

é inodora, insípida e incolor.

Reduzida a vapor, sob tensão e a alta temperatura, move os êmbolos das máquinas que, por isso, se denominam máquinas de vapor.

É um bom dissolvente.

Embora com exceções mas de um modo geral, dissolve tudo bem, ácidos, bases e sais.

Congela a zero graus centesimais e ferve a 100, quando à pressão normal.

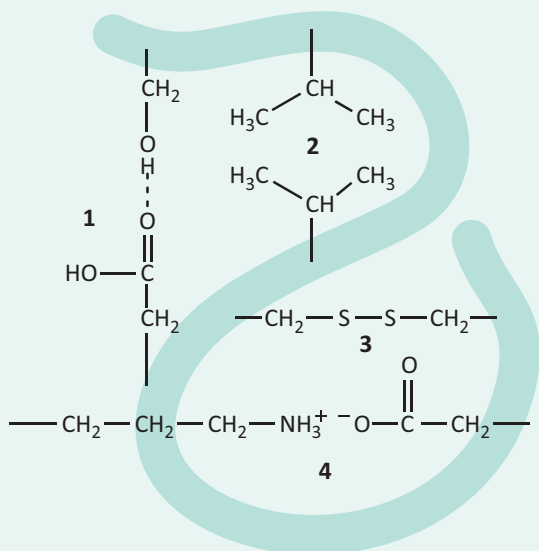
Foi neste líquido que numa noite cálida de verão, sob um luar gomoso e branco de camélia, apareceu a boiar o cadáver de Ofélia com um nenúfar na mão.

([www.sbfisica.org.br](http://www.sbfisica.org.br))

As temperaturas de solidificação e ebulição da água dependem das

- A quantidades de gelo e água.
- B condições de pressão.
- C formas dos recipientes que a contém.
- D temperaturas iniciais em que são tomadas.
- E fontes de calor.

**07| FAC. ANHEMBI MORUMBI** A figura representa os tipos de interações que sustentam a estrutura tridimensional formada pelo dobramento das cadeias polipeptídicas que constituem uma enzima.



De acordo com a figura, as interações 1, 2, 3 e 4 são realizadas, respectivamente, à custa de

- A** forças de van der Waals, atração eletrostática, ligação covalente e ligação de hidrogênio.
- B** ligação de hidrogênio, ligação covalente, forças de van der Waals e atração eletrostática.
- C** atração eletrostática, ligação covalente, forças de van der Waals e ligação de hidrogênio.
- D** atração eletrostática, forças de van der Waals, ligação covalente e ligação de hidrogênio.
- E** ligação de hidrogênio, forças de van der Waals, ligação covalente e atração eletrostática.

**08| IFGO** A tabela abaixo apresenta três substâncias químicas com seus respectivos pontos de fusão (P.F.) e pontos de ebulição (P.E.), a pressão de 1 atm.

Substância	P.F. (°C)	P.E. (°C)
$Al_2O_3$	2072	2980
$Br_2$	-7	59
$CS_2$	-111	46

Com base nos dados apresentados, é correto afirmar que:

- A** As três substâncias são líquidas à temperatura de 25°C.
- B** Somente uma substância é líquida à temperatura de 25°C.

- C** Se misturarmos as três substâncias, a 50°C, teremos uma mistura homogênea líquida.
- D**  $Br_2$  é líquido à temperatura de 25°C.
- E**  $CS_2$  é sólido à temperatura de 30°C.

**09| IFGO** Considere o quadro a seguir. Ele apresenta as temperaturas de fusão e de ebulição das substâncias  $Cl_2$ ,  $ICl$  e  $I_2$ :

Substância	P.F. (°C)	P.E. (°C)
$Cl_2$	-102	-35
$ICl$	27	97
$I_2$	113	184

Considerando-se essas substâncias e suas propriedades, é correto afirmar que:

- A** No  $Cl_2$ , as interações intermoleculares são mais fortes que no  $I_2$ .
- B** Nas condições normais de temperatura e pressão, o  $Cl_2$  é gasoso, o  $ICl$  é líquido e o  $I_2$  é sólido.
- C** Na molécula do  $ICl$ , a nuvem eletrônica da ligação covalente está mais deslocada para o átomo de cloro.
- D** No  $ICl$ , as interações intermoleculares são, exclusivamente, do tipo dipolo instantâneo – dipolo induzido.
- E** O ponto de fusão da molécula de  $I_2$  é o maior das três substâncias em função das suas interações intermoleculares serem mais intensas.

**10| FATEC** Considere a tabela que apresenta os pontos de fusão (PF) e de ebulição (PE), a 25°C e 1 atm

Substância	PF (°C)	PE (°C)
Ácido acético (presente no vinagre)	16,6	118
Álcool etílico (bebidas alcoólicas e combustíveis)	-117	78,5
Amônia (presente em produtos de limpeza)	-78	-33
Cloreto de sódio (sal de cozinha)	801	1 413
Ouro (presente em joias)	1 064	3 080

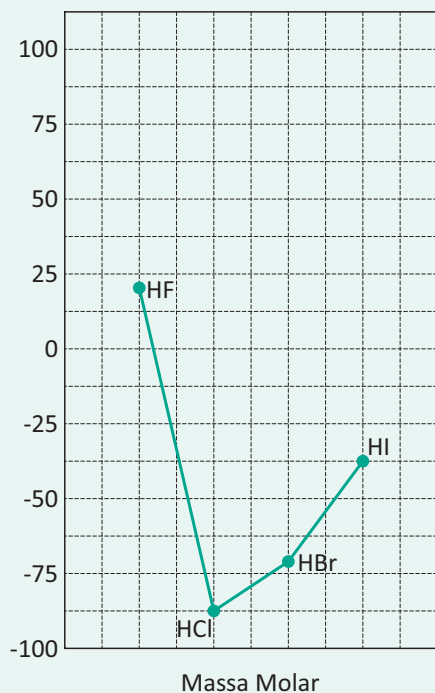
(<http://www.alunosonline.com.br/quimica/ponto-fusao-ponto-ebulicao.html>  
Acesso em: 14.02.2014)

O composto molecular gasoso, a 25°C e 1 atm, é

- A** ácido acético.
- B** álcool etílico.
- C** amônia.
- D** cloreto de sódio.
- E** ouro.

**11| UEFS** Quando uma substância molecular passa do estado líquido ou sólido para o estado gasoso, ocorre o rompimento de ligações intermoleculares. Desse modo, é possível perceber que o ponto de ebulição de uma substância molecular depende de dois fatores, o tamanho da molécula e a intensidade das forças entre elas.

Substância simples	Ponto de ebulição °C, 1,0atm
Flúor, F <sub>2</sub> (g)	-188
Cloro, Cl <sub>2</sub> (g)	-34
Bromo, Br <sub>2</sub> (l)	59
Iodo, I <sub>2</sub> (s)	184



De posse das informações da tabela e do gráfico, que representam os pontos de ebulição, respectivamente, das substâncias simples halogênicas e dos haletos de hidrogênio, em função da massa molar, é correto afirmar:

- A** As interações entre moléculas das substâncias simples halogênicas ficam mais fracas à medida que há aumento de tamanho entre elas e, conseqüentemente, nos pontos de ebulição.
- B** O aumento do tamanho das moléculas das substâncias simples halogênicas e dos haletos de hidrogênio, HCl, HBr e HI, é responsável pelo ponto de ebulição crescente dessas substâncias.

- C** As moléculas de HF, embora pequenas, quando comparadas às dos demais haletos de hidrogênio, estão unidas por fracas ligações de hidrogênio e, por essa razão, o ponto de ebulição de HF(l) é 20°C.
- D** As moléculas de HCl(g), HBr(g) e HI(g) são apolares, e as interações entre elas são do tipo dipolo instantâneo-dipolo induzido.
- E** A interação entre as moléculas das substâncias simples halogênicas são de natureza dipolo induzido.

**12| ESCS** O DNA apresenta uma estrutura primária semelhante à do RNA, com algumas modificações. Por exemplo, no RNA as bases nitrogenadas são a adenina, a guanina, a citosina e a uracila; no DNA, tem-se a ocorrência da timina em vez da uracila. Além disso, o DNA possui uma estrutura secundária em forma de dupla hélice de cordões de ácido nucleico. Nessa estrutura, conforme figura I, abaixo, cada porção das moléculas de adenina (A) e de guanina (G) de um cordão liga-se, por meio de ligações de hidrogênio, à porção de uma molécula de timina (T) e de citosina (C), respectivamente, do outro cordão. Na figura II, são apresentadas as moléculas de adenina e de timina.



Figura I

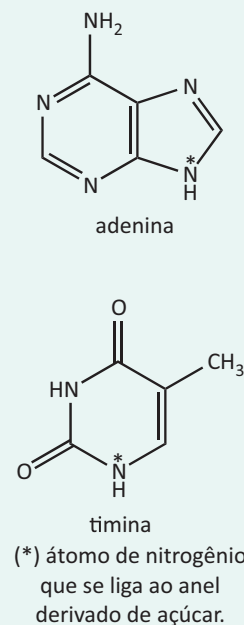


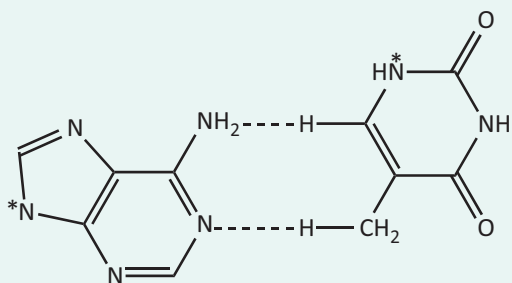
Figura II

Considerando que as ligações de hidrogênio são indicadas por linhas tracejadas, assinale a opção que melhor

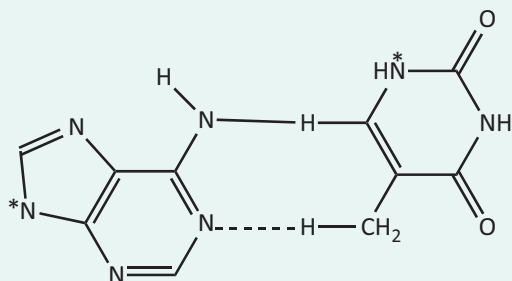


representa a ocorrência dessas ligações entre as porções de moléculas de adenina e timina no DNA.

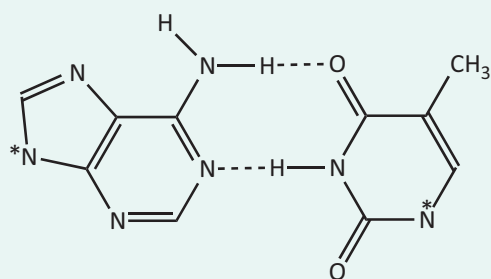
**A**



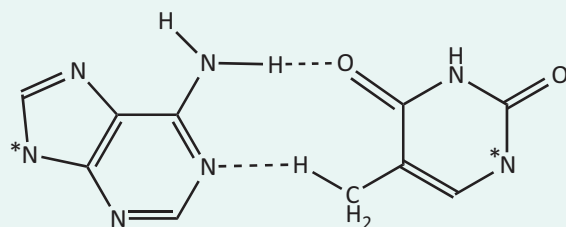
**B**



**C**



**D**



## GEOMETRIA MOLECULAR

A geometria de uma molécula é dada pela posição dos núcleos dos átomos e os elétrons emparelhados que formam a molécula.

Para facilitar o entendimento da geometria, teremos como norte a **teoria da repulsão dos pares eletrônicos** que diz: “os pares de elétrons devem apresentar a maior distância possível entre si com o objetivo de minimizar as forças de repulsão”. Essa teoria funciona muito bem para moléculas e também para íons, que apresentam a fórmula geral  $XY_n$ , na qual X corresponde ao átomo central.

Ainda de acordo com essa teoria, os pares eletrônicos que circundam o átomo central tendem a se afastar o máximo possível, pois possuem cargas de mesmo sinal.

Para representar a geometria de uma molécula, basta seguir os seguintes passos:

1. Escrever a fórmula eletrônica da estrutura e contar quantos pares de elétrons “circundam” o átomo central.

### Observação:

Os átomos que estabelecerem uma dupla ou tripla ligação serão contados como um par.















2. Escolher a disposição dos elétrons que circundam o átomo central:

Número de pares	2	3	4
Disposição	Linear	Trigonal plana	Tetraédrica



shutterstock.com

3. De acordo com o quadro acima e a posição dos núcleos dos átomos que estão ligados ao átomo central, pode-se prever a geometria da molécula (ou íon). Vejamos:

Pares eletrônicos	D.E. ligantes	D.E. não ligantes	Geometria	Ângulo das ligações	Exemplo	Imagem
2	2	0	Linear	180°	CO <sub>2</sub>	
3	2	1	Angular	120° (119°)	SO <sub>2</sub>	
4	2	2	Angular	109.5° (104.5°)	H <sub>2</sub> O	
3	3	0	Trigonal plana	120°	BF <sub>3</sub>	
4	4	0	Tetraédrica	109.5°	CH <sub>4</sub>	
4	3	1	Piramidal	109.5° (107.5°)	NH <sub>3</sub>	
5	5	0	Bipiramidal Trigonal	90°, 120°	PCl <sub>5</sub>	
5	4	1	Gangorra	180°, 120° (173.1°, 101.6°)	SF <sub>4</sub>	
5	3	2	Forma de T	90°, 180° (87.5°, < 180°)	ClF <sub>3</sub>	
5	2	3	Linear	180°	XeF <sub>2</sub>	
6	6	0	Octaédrica	90°	SF <sub>6</sub>	
6	5	1	Piramidal quadrada	90° (84.8°)	BrF <sub>5</sub>	
6	4	2	Quadrado planar	90°	XeF <sub>4</sub>	
7	7	0	Bipiramidal pentagonal	90°, 72°	IF <sub>7</sub>	



## POLARIDADE DAS LIGAÇÕES

**Ligação apolar:** ligação que ocorre entre átomos de mesma eletronegatividade, não havendo formação de pontos de polaridade.

São apolares todas as ligações que ocorrem entre átomos de um mesmo elemento. Exemplo:  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $P_4$  etc.

**Ligação polar:** ligação que ocorre entre átomos diferentes, havendo formação de pontos de polaridade. Quanto maior for a diferença de eletronegatividade, mais polarizada será a ligação. Pode-se representar a polarização de uma ligação através de um vetor chamado vetor momento dipolar ( $\mu$ ). Ele é orientado do polo positivo para o polo negativo.

## POLARIDADE DE MOLÉCULAS

A polaridade de uma molécula depende da sua geometria e da somatória dos vetores momento dipolar. Se o vetor resultante for nulo, a molécula será apolar, caso contrário, será polar.

Podemos resumir a polaridade das moléculas em duas regras muito simples:

## MOLÉCULAS DIATÔMICAS

Átomos iguais — apolares:  $H_2$ ,  $I_2$ ,  $O_2$  etc.

Átomos diferentes — polares: HF, HCl, CO etc.

## MOLÉCULAS FORMADAS POR MAIS DE DOIS ÁTOMOS

Para as moléculas do tipo  $XY_n$  temos;

Ligantes iguais sem elétrons livres no átomo central, são apolares. Exemplos:  $BeH_2$ ,  $BF_3$  e  $CH_4$ .

Ligantes diferentes ou contendo elétrons livres no átomo central, são polares:  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CHCl_3$ .

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

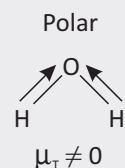
**01 | UNESP** Os fornos de micro ondas são aparelhos que emitem radiações eletromagnéticas (as micro ondas) que aquecem a água e, conseqüentemente, os alimentos que a contém. Isso ocorre porque as moléculas de água são polares, condição necessária para que a interação com esse tipo de radiação seja significativa. As eletronegatividades para alguns elementos são apresentadas na tabela a seguir.

Elemento químico	Eletronegatividade ( $\chi$ )
Hidrogênio (H)	2,2
Carbono (C)	2,6
Oxigênio (O)	3,4

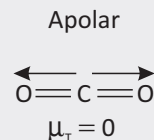
- A** Com base nessas informações, forneça a fórmula estrutural e indique o momento dipolar resultante para a molécula de água.
- B** Sabendo que praticamente não se observam variações na temperatura do dióxido de carbono quando este é exposto à ação das radiações denominadas micro-ondas, forneça a estrutura da molécula de  $CO_2$ . Justifique sua resposta, considerando as diferenças nas eletronegatividades do carbono e do oxigênio.

**Resolução:**

**A**



**B**

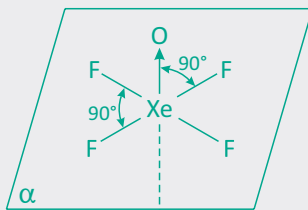


**02 | ITA** Escreva a estrutura de Lewis para cada uma das moléculas abaixo, prevendo a geometria molecular (incluindo os ângulos de ligação) e os orbitais híbridos no átomo central.

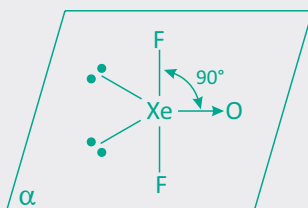
- A**  $XeOF_4$
- B**  $XeOF_2$
- C**  $XeO_4$
- D**  $XeF_4$

**Resolução:**

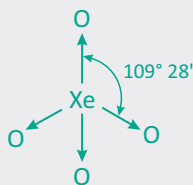
- A** apresenta geometria piramidal quadrática e hibridização do tipo  $sp^3d^2$



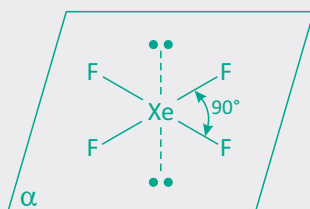
- B** apresenta geometria em T e hibridização do tipo  $sp^3d$



- C** apresenta geometria tetraédrica e hibridização do tipo  $sp^3$



- D** apresenta geometria quadrado planar e hibridização do tipo  $sp^3d^2$

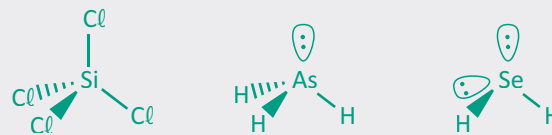


**03| UFCG** A capacidade que um átomo tem de atrair elétrons de outro átomo, quando os dois formam uma ligação química, é denominada eletronegatividade. Esta é

uma das propriedades químicas consideradas no estudo da polaridade das ligações.

Considerando os três compostos:  $SiCl_4$ ,  $AsH_3$  e  $SeH_2$ , responda as perguntas abaixo:

- A** Demonstre o número de ligações apolares nos três compostos?
- B** Demonstre os pares eletrônicos livres existem nos três compostos?
- C** Quais são os compostos apolares e quais são os polares? Justifique.
- A** Todas as ligações entre Si e Cl, entre As e H e entre Se e H são ligações polares devida à diferença de eletronegatividade existente entre os diferentes elementos. Portanto, o número de ligações apolares é zero, todas são polares.
- B** O Si pertence ao grupo IV e tem então 4 elétrons de valência. No composto  $SiCl_4$ , o Si compartilha os seus 4 elétrons com os Cl para formar 4 ligações covalentes. Portanto, não possui pares eletrônicos livres. O As pertence ao grupo V, tem 5 elétrons de valência e formam 3 ligações covalentes no composto  $AsH_3$ , sobrando 2 elétrons livres. Portanto, o composto  $AsH_3$  possui 1 par eletrônico livre. O Se pertence ao grupo 6, tem 6 elétrons de valência e formam 2 ligações covalentes no composto  $SeH_2$ , sobrando 4 elétrons livres. Portanto, no composto  $SeH_2$ , há 2 pares eletrônicos livres. No total, são então 3 pares eletrônicos livres.
- C** Considerando a geometria dos três compostos determinada a partir da teoria VSEPR e dada abaixo, é possível dizer que um composto é apolar,  $SiCl_4$  e dois são polares,  $AsH_3$  e  $SeH_2$ .



## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

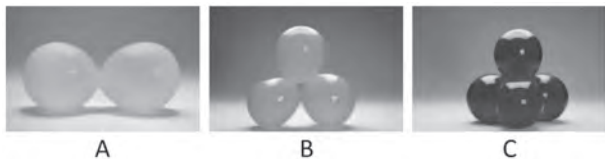
**01| VUNESP** A partir das configurações eletrônicas dos átomos constituintes e das Estruturas de Lewis:

- A** Determine as fórmulas dos compostos mais simples que se formam entre os elementos (número atômicos: H = 1; C = 6; P = 15):
- hidrogênio e carbono;
  - hidrogênio e fósforo.

- B** Qual é a geometria de cada uma das moléculas formadas, considerando-se o número de pares de elétrons?

**02| UNICAMP** Considere as moléculas  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  e  $H_2O$ , indique a configuração espacial de cada uma, utilizando a terminologia: linear, angular, piramidal, quadrangular, tetraédrica.

**03| UEG** As bexigas de forma ovóide, apresentadas na figura abaixo, representam nuvens eletrônicas associadas a ligações simples, duplas ou triplas entre átomos. Levando-se em consideração os compostos  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NaCl}$  e  $\text{BaSO}_4$ , responda aos itens abaixo:



- A** Associe, quando possível, os compostos às figuras representadas pelas bexigas.
- B** Entre as espécies  $\text{CH}_4$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , qual apresenta menor
- 04| UFG** A teoria da repulsão por pares de elétrons da camada de valência (VSEPR) é um modelo para previsão da estrutura tridimensional das moléculas. Considere as moléculas de  $\text{NH}_3$  e de  $\text{H}_2\text{O}$ .
- A** Determine suas geometrias moleculares, considerando os pares de elétrons não-ligantes.

**B** Estime os ângulos de ligação dos pares de elétrons ligantes e justifique sua resposta.

**05| UFRN** A atmosfera terrestre é uma mistura de gases. Uns presentes naturalmente nela e outros resultantes da ação do homem. Alguns gases, tais como  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , absorvem radiação infravermelha, acentuando o efeito estufa, que tem como consequência o aquecimento global do planeta.

Em relação às moléculas que formam esses gases do efeito estufa, atenda às seguintes solicitações.

- A** Apresente a estrutura de Lewis dessas moléculas e indique a que não segue a regra do octeto.
- B** Indique as que são polares. Justifique.
- 06| UFGD** Considere as moléculas de  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$  e  $\text{CH}_4$ .
- A** Classifique essas moléculas em dois grupos: polares e apolares.
- B** Qual a propriedade referente ao átomo e qual a referente à molécula em que se baseou para classificá-las?

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UERN** Inúmeras cidades vêm passando por dificuldades por falta d'água e o desperdício de água vem sendo exposto em vários programas de televisão. A charge a seguir é de 2012 e já retratava a preocupação e a consciência desse bem tão precioso.



(Disponível em: [http://dongadesenhos.blogspot.com.br/2012/04/charge-da-semana\\_11.html](http://dongadesenhos.blogspot.com.br/2012/04/charge-da-semana_11.html).)

A respeito da molécula de água, assinale a afirmativa INCORRETA.

- A** Possui um ângulo de aproximadamente  $105^\circ$ .
- B** Tem ponto de ebulição menor que ácido sulfídrico.
- C** As moléculas de água estão mais afastadas no estado sólido do que no estado líquido.

**D** A vaporização da água pode receber três nomes distintos: ebulição, evaporação ou calefação.

**02| MACK** Os gases do efeito estufa envolvem a Terra e fazem parte da atmosfera. Estes gases absorvem parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre, impedindo que a radiação escape para o espaço e aquecendo a superfície da Terra. Atualmente são seis os gases considerados como causadores do efeito estufa: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), clorofluorcarbonetos (CFCs), hidrofluorcarbonetos (HFCs), e hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ). Segundo o Painel Intergovernamental de mudanças do Clima, o  $\text{CO}_2$  é o principal "culpado" pelo aquecimento global, sendo o gás mais emitido (aproximadamente 77%) pelas atividades humanas. No Brasil, cerca de 75% das emissões de gases do efeito estufa são causadas pelo desmatamento, sendo o principal alvo a ser mitigado pelas políticas públicas. No mundo, as emissões de  $\text{CO}_2$  provenientes do desmatamento equivalem a 17% do total. O hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ) é o gás com maior poder de aquecimento global, sendo 23.900 vezes mais ativo no efeito estufa do que o  $\text{CO}_2$ . Em conjunto, os gases fluoretados são responsáveis por 1,1% das emissões totais de gases do efeito estufa.

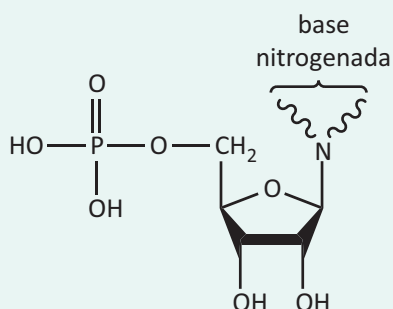
[http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mudancas\\_climaticas/gases\\_do\\_efeito\\_estufa](http://www.institutocarbonobrasil.org.br/mudancas_climaticas/gases_do_efeito_estufa)

A respeito dos gases citados no texto, de acordo com a teoria da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência (VSEPR), é correto afirmar que as moléculas

Dados: números atômicos (Z): H = 1, C = 6, N = 7, O = 8, F = 9 e S = 16.

- A do metano e do gás carbônico apresentam geometria tetraédrica.
- B do óxido nitroso e do gás carbônico apresentam geometria angular.
- C do hexafluoreto de enxofre apresentam geometria linear.
- D do metano apresentam geometria tetraédrica e as do gás carbônico são lineares.
- E do óxido nitroso têm geometria angular e as do metano são lineares.

**03 | ESCS** O termo globalização refere-se à intensificação da integração econômica, social, cultural e política entre países. Nas últimas décadas, a globalização tem sido impulsionada pelo barateamento dos meios de transporte e de comunicação. No entanto, a globalização pode causar efeitos adversos à sociedade, especialmente nos casos de aumento do risco de disseminação de algumas doenças relacionadas a agentes infecciosos, como os vírus. Atualmente, governos de diversos países e especialistas da comunidade científica mundial têm envidado esforços na tentativa de impedir que a epidemia do vírus ebola se propague por meio de passageiros infectados que viajam da África para outros países. O vírus ebola tem um genoma constituído por uma pequena cadeia de RNA, cuja degradação moderada forma unidades monoméricas denominadas nucleotídeos, conforme estrutura apresentada na figura a seguir.



De acordo com a teoria da repulsão dos pares de elétrons de valência, a orientação dos átomos de oxigênio do grupo fosfato dos nucleotídeos do RNA, em torno do átomo de fósforo, ocorre de acordo com os vértices de

- A uma pirâmide trigonal.
- B um tetraedro.
- C uma gangorra.
- D um quadrado.

**04 | UEG** A atmosfera é uma camada gasosa que possui função essencial para a manutenção da vida na Terra, sendo uma mistura gasosa composta de vários tipos de moléculas de origem natural e antrópica, como o  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2$  e  $\text{SO}_3$ . As moléculas apresentadas, respectivamente, apresentam as seguintes geometrias moleculares:

- A Tetraédrica, Trigonal, Linear, Trigonal.
- B Trigonal, Angular, Angular, Tetraédrica.
- C Trigonal, Linear, Tetraédrica, Angular.
- D Tetraédrica, Angular, Linear, Trigonal.

**05 | IFGO** A geometria molecular descreve a maneira como os átomos estão distribuídos espacialmente em uma molécula. As moléculas podem assumir várias formas espaciais, dependendo dos tipos de átomos que as compõem. Em relação à geometria molecular é correto afirmar:

- A Trifluoreto de boro e amônia apresentam geometria trigonal plana.
- B Ácido cianídrico apresenta geometria angular.
- C Tetracloreto de carbono e metano apresentam geometria tetraédrica.
- D Em moléculas formadas por 6 átomos, sendo um deles central, a geometria será octédrica.
- E Em moléculas formadas por 4 átomos, sendo um deles central, a geometria será tetraédrica.

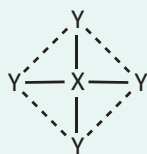
**06 | PUC** No fragmento

“Mulher primeira, fêmea de ar, de terra, / De água, de fogo [...]”, temos a alusão a uma das muitas teorias que tentaram explicar a natureza da matéria, criada por um filósofo grego da Antiguidade chamado Empédocles, denominada teoria dos quatro elementos, que defendia que tudo o que existe no Universo seria composto por quatro elementos principais: terra, fogo, ar e água. Segundo outro filósofo grego, Aristóteles, a terra estaria no centro dos quatro elementos, seguida pela água. Mais acima estaria o ar, e o fogo estaria acima de todos.

Com relação a uma visão simplista e concreta para terra, fogo, ar e água, assinale a única alternativa correta:

- A O fogo, resultante da combustão, relaciona-se com a energia liberada, característica das reações endotérmicas.
- B Na composição da terra ou solo, tem-se exclusivamente a parte sólida, que resulta da desagregação física das rochas.
- C A atmosfera, inicialmente redutora, nos primórdios de nosso planeta, passou a oxidante, com as taxas atuais de aproximadamente 20% de gás oxigênio.
- D Considerando-se apenas uma molécula de água, pode-se dizer que ela é linear, polar, com ligações covalentes polares e apresenta massa correspondente a 18 g.

**07| UFG** As substâncias poliatômicas podem ser representadas por estruturas geométricas, as quais são definidas de acordo com as propriedades químicas dos elementos. Em uma estrutura octaédrica formada pelos elementos genéricos X e Y, onde o comprimento da ligação X – Y é igual a 5 nm ( $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ ), a seção que a divide em duas pirâmides regulares está representada na figura a seguir.



Desprezando-se os efeitos de atração e repulsão, a distância aproximada entre os elementos Y e um exemplo de fórmula molecular que apresente a estrutura geométrica abordada são, respectivamente,

- A 5 nm e  $\text{SF}_6$
- B 5 nm e  $\text{CH}_4$
- C 7 nm e  $\text{SF}_6$
- D 7 nm e  $\text{NH}_3$
- E 7 nm e  $\text{CH}_4$

**08| UFRR** O modelo da repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência ou VSEPR (sigla de origem inglesa, valenceshell electron-pair repulsion) é utilizado com frequência para prever a geometria de moléculas. Tal modelo, baseia-se no princípio de que os pares de elétrons ao redor de um átomo tendem a se posicionar o mais afastado possível uns dos outros de modo a minimizar as repulsões eletrônicas. Sabendo que, a polaridade das moléculas está relacionada também a sua geometria, assinale a opção que contém, respectivamente, a polaridade das moléculas:  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{BeCl}_2$ .

- A todas são polares;
- B polar, apolar, polar e apolar;
- C todas são apolares;
- D apolar, polar, apolar e polar;
- E apolar, polar, apolar e apolar.

**09| UECE** No estudo das ligações químicas, deparamo-nos com dois conceitos importantes que são a carga formal e a ressonância, para melhor definir a estrutura molecular mais plausível. Em relação aos conceitos mencionados e a estruturas moleculares, assinale a afirmação correta.

- A Somente para as moléculas apolares a carga formal é zero.
- B Na estrutura do ozônio ( $\text{O}=\text{O}-\text{O}$ ), a carga formal do átomo central é  $-1$ .
- C O benzeno apresenta carga formal diferente de zero e duas estruturas de ressonância.
- D Na estrutura do dióxido de carbono, a carga formal do carbono é zero.

**10| UDESC** O tricloreto de fósforo ( $\text{PCl}_3$ ) é um líquido incolor bastante tóxico com larga aplicação industrial, principalmente na fabricação de defensivos agrícolas. A respeito deste composto é correto afirmar que:

- A a molécula é polar, pois o momento de dipolo resultante não é nulo.
- B as ligações entre os átomos de cloro e o átomo de fósforo são iônicas devido à elevada diferença de eletronegatividade entre estes não-metais.
- C a geometria molecular deste composto é trigonal plana, uma vez que esta estrutura apresenta menor energia (menor repulsão eletrônica).
- D após a formação da molécula o átomo central de fósforo efetua ligações do tipo  $\pi$ .
- E ao entrar em contato com água o  $\text{PCl}_3$  reage violentamente, gerando  $\text{HCl}$ , tornando o meio reacional básico.

**11| ESCS** Os  $\alpha$ -aminoácidos são moléculas orgânicas cuja estrutura pode ser representada bidimensionalmente, conforme representada na figura a seguir.

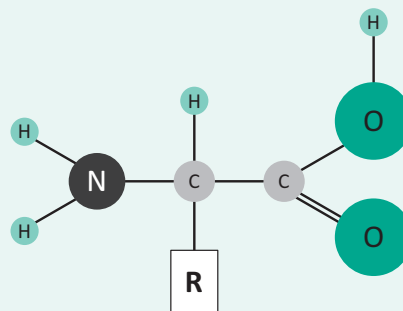


Figura I

Internet: <ttp://pt.wikipedia.org>.

Nessa estrutura, os grupos R variam para formar os diversos aminoácidos existentes, conforme exemplificado na tabela abaixo.

Grupo R	Aminoácido
— H	Glicina
— $\text{CH}_3$	Alanina
— $\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	Valina
— $\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	Leucina
— $\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$	Isoleucina
— $\text{CH}_2\text{COOH}$	Ácido aspártico
	Fenilalanina
	Tirosina

Dois aminoácidos podem unir-se por uma ligação peptídica, para formar um dipeptídeo, conforme ilustrado abaixo para o dipeptídeo precursor do aspartame — aditivo alimentar usado como substituto do açúcar.

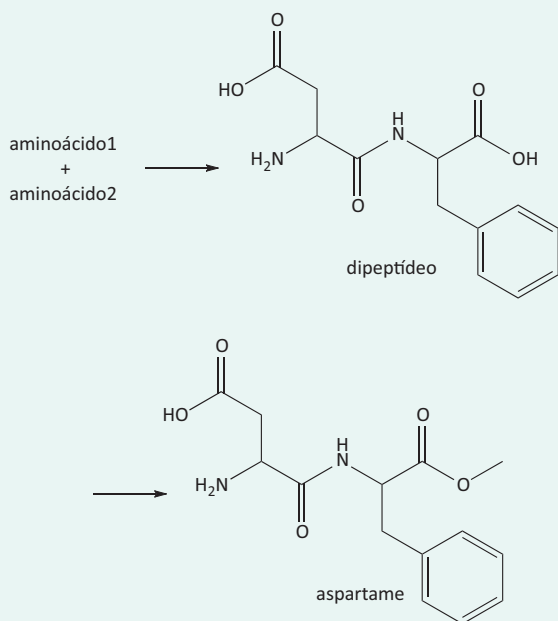
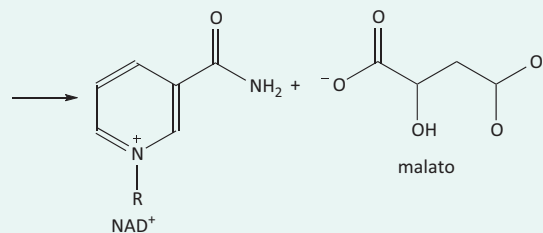
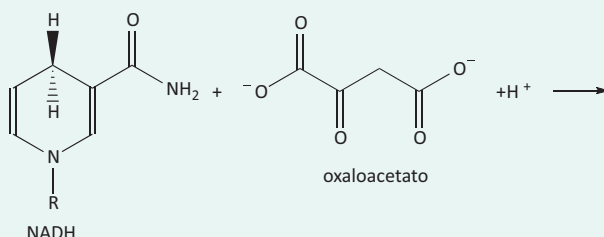


Figura II

De acordo com a teoria de repulsão dos pares de elétrons de valência, na estrutura de um aminoácido, o átomo de nitrogênio, o átomo de carbono alfa (vizinho ao carbono carboxílico) e o átomo de carbono carboxílico têm seus ligantes dispostos de acordo, respectivamente, com a geometria

- A pirâmide trigonal, quadrado planar e pirâmide trigonal.
- B pirâmide trigonal, pirâmide tetragonal e trigonal plana.
- C pirâmide trigonal plana, tetraédrica e trigonal plana.
- D pirâmide trigonal plana, quadrado planar e trigonal plana.
- E pirâmide trigonal, tetraédrica e trigonal plana.

**12| ESCS** Grande parte das reações que ocorrem nos organismos vivos envolve a transferência de elétrons, a exemplo da reação do oxaloacetato com a coenzima NADH, apresentada a seguir, em que R representa uma cadeia carbônica. Na tabela, são apresentados os potenciais padrão de redução das semirreações envolvidas.



Com relação à disposição espacial dos átomos nas espécies envolvidas na reação e à luz da Teoria da Repulsão dos Pares de Elétrons de Valência, assinale a opção correta.

- A No íon NAD<sup>+</sup>, os dois átomos de nitrogênio têm seus três ligantes dispostos de acordo com os vértices de uma pirâmide trigonal.
- B No íon NAD<sup>+</sup>, há pelo menos 12 átomos dispostos em um mesmo plano.
- C No íon oxaloacetato, todos os átomos se encontram em um mesmo plano.
- D No íon malato, as ligações do oxigênio do grupo hidroxila formam, entre si, um ângulo de 180 graus.

**13| ENEM** A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto moléculas contendo substituintes planares são inativas. O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é

- A
- B
- C
- D
- E



## FUNÇÕES INORGÂNICAS

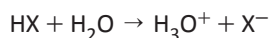
As funções são conjuntos de substâncias que apresentam as mesmas propriedades químicas. Como exemplo, temos os ácidos, as bases, os sais e os óxidos.

Dá-se o nome de eletrólito a todo composto que em meio aquoso é capaz de produzir íons, por dissociação (bases e sais) e por ionização (ácidos). A solução resultante é condutora de corrente elétrica (solução iônica ou eletrolítica).

### ÁCIDOS

São substâncias que, em água, sofrem ionização, formando como cátion, exclusivamente, o  $H^+$  ou  $H_3O^+$ , de acordo com a teoria de Arrhenius.

- **Reação de ionização**



- **Classificação**

**Quanto a presença de oxigênio**

*Hidrácidos:* não possuem oxigênio. Ex: HCl, HF.

*Oxiácidos:* possuem oxigênio. Ex:  $H_2SO_4$ ,  $HClO_3$ .

**Quanto ao número de hidrogênios ionizáveis**

*Monoácidos:* 1 hidrogênio ionizável. Ex: HCl; HBr e  $H_3PO_2$ .

*Diácidos:* 2 hidrogênios ionizáveis. Ex:  $H_2SO_4$ ;  $H_2CO_3$  e  $H_3PO_3$ .

*Triácidos:* 3 hidrogênios ionizáveis. Ex:  $H_3BO_3$  e  $H_3PO_4$

**Quanto a força:** *Para hidrácidos.*

Fortes:  $HCl < HBr < HI$

Moderado: HF

Fracos: os demais.

**Quanto a força:** *Para oxiácidos.*

*Regra de Pauling:*

$$(n^\circ \text{ de oxigênio}) - (n^\circ \text{ de hidrogênios ionizáveis}) = x$$

$x \geq 2$  : Fortes

$x = 1$  : Moderados

$x < 1$  : Fracos

## NOMENCLATURA

### NOMENCLATURA DOS HIDRÁCIDOS

Ácido [nome do elemento] + ídrico

**Exemplos:**

HBr: ácido bromídrico.

HCl: ácido clorídrico

$H_2S$ : ácido sulfídrico.

HCN: ácido cianídrico.

**NOMENCLATURA DOS OXIÁCIDOS**

Ácido [nome do elemento] ICO/OSO

**REGRAS PARA NOX:**

(H): nox = +1

(O): nox = -2

O somatório dos nox dos elementos na molécula será igual a zero.

<b>Prefixo</b>	Hipo	Hipo					Per
<b>Nox</b>	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
<b>Sufixo</b>	Oso	oso	oso	oso	ico	ico	ico

**Exemplos:**

- 1 – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : ácido sulfúrico
- 2 – H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> : ácido sulfuroso
- 3 – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> : ácido fosfórico
- 4 – H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub> : ácido fosforoso
- 5 – H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub> : ácido hipofosforoso
- 6 – H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : ácido carbônico (exceção da regra)
- 7 – HClO<sub>4</sub> : ácido perclórico
- 8 – HClO<sub>3</sub> : ácido clórico
- 9 – HClO<sub>2</sub> : ácido cloroso
- 10 – HClO : ácido hipocloroso
- 11 – HNO<sub>3</sub> : ácido nítrico
- 12 – H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> : ácido bórico (exceção da regra)

**CLASSIFICAÇÃO**

**Grau de Hidratação:**

**Orto:** Indica a hidratação normal do ácido. Ex: H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (ácido ortofosfórico).

**Piro:** Ácidos obtidos através da perda de uma molécula de água de duas moléculas do ácido. Ex: H<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (ácido pirofosfórico).

**Meta:** Perda de molécula de água de uma molécula do ácido. Ex: HPO<sub>3</sub> (ácido metafosfórico).

**R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS**

**01| UFG** A frequência de vibração de uma esfera ligada a uma parede por meio de uma mola é proporcional à razão entre a constante de força da mola e a massa da esfera. Esse modelo pode ser utilizado para explicar a força da ligação química de moléculas diatômicas. Considere a molécula de HBr e admita que o átomo de bromo está parado em relação ao átomo de hidrogênio. Quando o átomo de hidrogênio é substituído pelo deutério, o que acontece com

**A** a frequência de vibração?

**B** a acidez da molécula em meio aquoso?

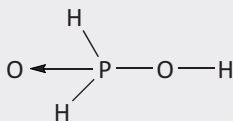
**Resolução:**

**A** A frequência de vibração diminuirá, uma vez que o deutério, <sup>2</sup>H, é mais pesado, e a frequência de vibração é inversamente proporcional à massa.

**B** Como a acidez em meio aquoso está relacionada à ionização e não há alteração na configuração eletrônica, não haverá alteração na acidez.



**02| UFRJ** Os ácidos podem ser classificados quanto ao número de hidrogênios ionizáveis. O ácido hipofosforoso,  $H_3PO_2$ , utilizado na fabricação de medicamentos, apresenta fórmula estrutural:



- A** Quantos hidrogênios são ionizáveis no ácido hipofosforoso? Justifique sua resposta.
- B** Escreva a equação de neutralização desse ácido com o hidróxido de sódio.

**Resolução:**

- A** Como o oxiacido em questão apresenta apenas um hidrogênio ligado diretamente no oxigênio, então ele apresenta apenas um (01) hidrogênio ionizável.
- B**  $H_3PO_2 + NaOH \rightarrow NaH_2PO_2 + H_2O$

**03| UNESP** O cloro (grupo 17 da classificação periódica) é um gás irritante e sufocante. Misturado à água, reage produzindo os ácidos clorídrico e hipocloroso – que age como desinfetante, destruindo ou inativando os microorganismos.

- A** Identifique os reagentes e os produtos desta reação e forneça suas fórmulas químicas.
- B** A água de lavadeira é uma solução aquosa de hipoclorito e o ácido muriático é uma solução concentrada de ácido clorídrico. Ambos podem ser utilizados separadamente na limpeza de alguns tipos de piso. Explique a inconveniência, para a pessoa que faz a limpeza, de utilizar uma mistura destes dois produtos.

**Resolução:**

- A**  $Cl_2(g) + H_2O \rightleftharpoons HCl(aq) + HClO(aq)$
- B**  $H^+(aq) + ClO^-(aq) + 2Cl^-(aq) \rightleftharpoons Cl_2(g) + H_2O$  como na reação há produção de gás cloro, o inconveniente é que a água de lavadeira é irritante aos olhos, devido a presença do cloro.

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01| UFU** O movimento revolucionário intensificado por Lavoisier, no século XVIII, provocou alterações significativas no campo da química daquela época. A esse respeito, Simmons (2003) afirma que “Lavoisier chegou ao oxigênio em 1778, depois de mais de quatro anos de experiência e com a ajuda dos trabalhos de Joseph Priestley, que havia reconhecido as propriedades especiais do ‘ar deflogisticado’, produzido pelo aquecimento contínuo de óxido de mercúrio”. Enquanto Priestley não abandonava a teoria do flogístico, Lavoisier conseguiu “a parte mais saudável e pura do ar”, chamando-a de oxigênio. O contexto do trabalho de Lavoisier colaborou para o entendimento das propriedades dos ácidos.

A partir da análise do texto, faça o que se pede.

- A** Explique, por meio do equacionamento balanceado da decomposição do óxido de mercúrio ( $HgO_2$ ) utilizado por Lavoisier, se o processo de obtenção do oxigênio é endotérmico ou exotérmico.
- B** Considerando a importância dos ácidos no trabalho de Lavoisier, apresente: o nome, a fórmula molecular e a fórmula eletrônica de Lewis de um ácido que possua, em sua estrutura, o elemento oxigênio.

- C** Enumere duas propriedades químicas dos ácidos.

**02| UNESP** O cloro (grupo 17 da classificação periódica) é um gás irritante e sufocante. Misturado à água, reage produzindo os ácidos clorídrico e hipocloroso – que age como desinfetante, destruindo ou inativando os microorganismos.

- A** Identifique os reagentes e os produtos desta reação e forneça suas fórmulas químicas.
- B** A água de lavadeira é uma solução aquosa de hipoclorito e o ácido muriático é uma solução concentrada de ácido clorídrico. Ambos podem ser utilizados separadamente na limpeza de alguns tipos de piso. Explique a inconveniência, para a pessoa que faz a limpeza, de utilizar uma mistura destes dois produtos.

**03| MAUÁ** Ao se dissolverem 5 moléculas-grama de um ácido HX, em quantidade suficiente de água, constatou-se que 4 moléculas-grama do soluto se ionizaram. Pedem-se:

- A** o grau de ionização de HX;
- B** o número de íons existentes na solução obtida.

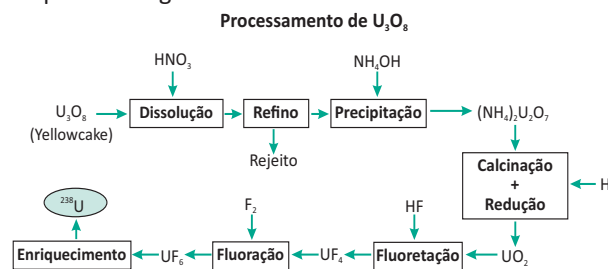
**04| UFRJ** O ácido clórico é um ácido forte, utilizado como catalisador em reações de polimerização e como agente oxidante. Soluções aquosas desse ácido pode causar grande irritação na pele e nas mucosas.

- A** Represente a fórmula estrutural do ácido clórico.
- B** Qual o nome do sal formado pela reação de neutralização do ácido clórico pelo hidróxido de alumínio?

**05| UFRJ** A produção de energia nas usinas de Angra 1 e Angra 2 é baseada na fissão nuclear de átomos de urânio radioativo  $^{238}\text{U}$ . O urânio é obtido a partir de jazidas minerais, na região de Caetité, localizada na Bahia, onde é beneficiado até a obtenção de um concentrado bruto de  $\text{U}_3\text{O}_8$ , também chamado de *yellowcake*.

O concentrado bruto de urânio é processado através de uma série de etapas até chegar ao hexafluoreto de urânio,

composto que será submetido ao processo final de enriquecimento no isótopo radioativo  $^{238}\text{U}$ , conforme o esquema a seguir.



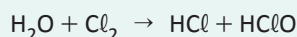
Com base no esquema:

- A** Apresente os nomes do oxiácido e da base utilizados no processo.
- B** Indique os números de oxidação do átomo de urânio nos compostos  $\text{U}_3\text{O}_8$  e  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ .

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UFPEL** A Portaria 2914, de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, no artigo 39, estabelece que a água potável para consumo humano deve ter, no máximo, 2 mg/L de cloro.

O gás cloro, em contato com água, pode reagir da seguinte forma:



Considerando a equação acima representada e as estruturas e propriedades químicas das substâncias que nela participam, é correto afirmar que

- A** nessa reação, o cloro apresenta, respectivamente, os seguintes números de oxidação: zero,  $-1$  e  $+2$ .
- B** os produtos formados nessa reação são, respectivamente, ácido clorídrico e ácido cloroso.
- C** nessa reação, observa-se que o cloro atua como oxidante na formação de ambos os ácidos.
- D** o  $\text{HClO}$  apresenta uma ligação dativa (coordenada) na sua estrutura.
- E** a água é uma molécula polar, e o gás cloro é uma molécula apolar.

**02| UEMG** Observe a tirinha:



<http://hquimica.webnode.com.br/charges-humoradas/>. Acesso em 2/5/2014

A personagem da tirinha de humor mandou cuspir a substância porque uma importante propriedade do ácido sulfúrico é ser

- A** amargo.
- B** cáustico.
- C** venenoso.
- D** corrosivo.

**03| IFPE** A chuva ácida é muito prejudicial para o meio ambiente e um dos fatores que mais contribuem para seu aparecimento é a queima de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo. Da queima desses combustíveis, dois subprodutos, enxofre e nitrogênio, reagem com o oxigênio do ar, formando os gases dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio. Ao final do processo, formam-se os ácidos sulfúrico e nítrico. Das alternativas abaixo, assinale a que apresenta as fórmulas moleculares dos ácidos sulfúrico e nítrico, respectivamente.

- A**  $\text{H}_2\text{SO}_3$  e  $\text{HNO}_3$
- B**  $\text{H}_3\text{SO}_3$  e  $\text{HNO}_2$
- C**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{HNO}_3$
- D**  $\text{HNO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_5$
- E**  $\text{H}_4\text{S}_2\text{O}_7$  e  $\text{HNO}_5$

**04| UEL** Leia o texto a seguir.

O sistema de esgoto projetado pelas sociedades modernas ainda preserva a mesma estrutura básica dos sistemas construídos durante a Roma antiga, chamado de Cloaca Máxima. Com a criação dos sistemas de galerias subterrâneas, parte dos problemas de infraestrutura urbana e saúde pública foi solucionada, restando, no entanto, fatores que preocupam os responsáveis pela manutenção dessas galerias, dentre eles o confinamento de gases. Por se tratar de ambiente com pouca circulação de ar e por conter matéria orgânica em decomposição, produz, entre outros, o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), que é inflamável (limite inferior de explosão 4,3 g de  $H_2S(g)$  em  $100\text{ cm}^3$  de espaço confinado), tornando importante o trabalho de manutenção dessas redes, pois seu entupimento sazonal pode causar sérios acidentes.

(Adaptado de: <<http://www.protecaoespiratoria.com/2011/07/gases-produzidos-em-galerias-de-esgoto.html>>. Acesso em: 23 abr. 2013.)

Em uma hipotética situação, uma rede de esgoto obstruída permaneceu fechada por dois dias, criando uma câmara de  $1\text{ m}^3$  contendo 4 mol de gás  $H_2S$  a uma pressão de 2 atm. Em um dia quente ( $25\text{ }^\circ\text{C}$ ), ao fazer a manutenção, um funcionário está prestes a utilizar um maçarico para cortar a tubulação no local obstruído.

Com base no texto, na situação apresentada e nos conhecimentos sobre química, assinale a alternativa correta.

- A** O funcionário trabalhará em condições normais de segurança ao tentar cortar a tubulação obstruída da rede de esgoto com o maçarico, considerando a concentração do limite inferior de explosão do  $H_2S$ .
- B** O  $H_2S$  gasoso forma pontes de hidrogênio com a água contida no esgoto, reduzindo significativamente a quantidade de matéria de  $H_2S$  no sistema, tornando o trabalho com o maçarico seguro para o funcionário.
- C** O volume ocupado pelo gás é diretamente proporcional à sua pressão, sendo o volume de gás alto o suficiente para oferecer riscos ao trabalho do funcionário.
- D** A pressão parcial do  $H_2S$  é dependente da pressão do ar presente na câmara, aumentando o efeito explosivo do  $H_2S$  e tornando inseguro o trabalho do funcionário com o maçarico.
- E** A quantidade de matéria de  $H_2S$  gasoso no ambiente, nas condições indicadas, ocupa o espaço inferior da câmara e possibilita ao funcionário fazer o corte pela parte superior, sem manter contato com o gás.

**05| UEA** A contaminação do leite com substâncias químicas nocivas à saúde, infelizmente, ainda é notícia na mídia. Uma das substâncias encontradas no leite adulterado foi o ácido bórico ( $H_3BO_3$ ). A identificação desta substância é feita a partir de uma amostra do leite em que são adicionados indicador fenolftaleína e solução de  $NaOH$ . O desaparecimento da cor rosa da amostra, ao adicionar glicerina, indica teste positivo para o ácido bórico.

(Proposta Curricular de Química para o Ensino Médio – Manaus, 2012. Adaptado.)

Quanto às características do ácido bórico e o seu grau de ionização nos solventes água e glicerina, é correto afirmar que, em solução aquosa, esta substância é um ácido

- A** fraco e apresenta maior grau de ionização em água.
- B** forte e apresenta maior grau de ionização em glicerina.
- C** fraco e apresenta maior grau de ionização em glicerina.
- D** forte e apresenta menor grau de ionização em glicerina.
- E** forte e apresenta menor grau de ionização em água.

**06| ESCOLA BAHIANA DE MEDICINA E SAÚDE PÚBLICA**

Recentemente alguns hospitais fizeram uma descoberta inesperada: investimentos que realmente melhoram os cuidados com pacientes em geral não ficam no topo da folha de pagamento, com os especialistas famosos, mas no fim, com os anônimos zeladores.

Hospitais chegaram a essa conclusão enquanto tentavam lidar com uma tendência alarmante. Na última década, organismos que provocam mais infecções em pacientes internados se tornaram mais difíceis de tratar. Uma razão é a maior resistência a medicamentos. Algumas infecções só respondem a um ou dois fármacos do arsenal de antibióticos. Mas outro motivo é que os organismos mudaram.

Os primeiros surtos foram provocados por *Enterococcus* resistentes à vancomicina, ou VRE, e por *Clostridium difficile*, conhecida como *C.diff*, seguidos por um grupo de bactérias chamadas coletivamente de organismos Gram-negativos: *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* e *Acinetobacter*.

Esse grupo variado chega a quartos de hospital de várias formas. *Acinetobacter* e *Pseudomonas* ocorrem mais no solo e na água, mas são levadas ao ambiente hospitalar por meio de sapatos e roupas. Em contraste, *VRE*, *E.coli*, *Klebsiella* e *C.diff* vivem no organismo de seres humanos. Essas bactérias entram nos hospitais no intestino dos pacientes e escapam quando eles sofrem de diarreia, contaminando o leito, o ar e o equipamento ao seu redor.

Mas até o regime de desinfecção mais eficiente pode falhar. Assim, pesquisadores estão buscando algo inédito como quartos que se limpem sozinhos. A maior parte de seu trabalho inicial se concentra em pesquisar revestimento e tecidos que possam repelir ou matar organismos infecciosos. Uma empresa imprime a superfície de cateteres com um padrão que imita a textura escamosa da pele de tubarão, inovação inspirada pela percepção de que tubarões, ao contrário de baleias, não desenvolvem coberturas de algas. Na pesquisa da empresa, a superfície projetada dificulta a fixação e a multiplicação de bactérias. (MCKENNA, 2012)

MC KENNA, M. Limpeza pesada. *Scientific American Brasil*, São Paulo: Duetto, n. 125, p. 26-27, out. 2012. Adaptado.

Considerando as propriedades dos materiais utilizados na limpeza de ambientes, é correto afirmar:

01. A desinfecção de ambientes com álcool etílico hidratado, a 70% (v/v), reduz a quantidade de micro-organismos patogênicos.
02. A solução aquosa de metanol,  $H_3COH(aq)$ , é eficiente na esterilização de superfícies metálicas e de vidro e inócua aos seres humanos.
03. A adição de vinagre,  $H_3CCOOH(aq)$ , a materiais de limpeza que contenham soda cáustica,  $NaOH(aq)$ , aumenta a eficiência na retirada de gorduras.
04. O ácido clorídrico,  $HCl(aq)$ , vendido comercialmente como ácido muriático, é utilizado como bactericida devido à ação de íons cloreto,  $Cl^-(aq)$ , presentes na solução.
05. O hipoclorito de sódio,  $NaClO(aq)$ , um dos constituintes da água sanitária, é eficiente no combate a micro-organismos patogênicos, devido à formação do gás cloro,  $Cl_2(g)$ , durante a sua decomposição.

**07| IFSC** Os ácidos são muito comuns em nosso dia-a-dia: o vinagre contém ácido acético ( $C_2H_4O_2$ ), o limão, a laranja e demais frutas cítricas contêm o ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ); a bateria de automóvel contém ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ); o ácido muriático, usado para a limpeza de pisos, azulejos etc. contém ácido clorídrico ( $HCl$ ).

Fonte: Feltre, Ricardo. *Química*. v. 1. São Paulo: Moderna, 2004. p. 191.

Considere o texto acima e as interações físico-químicas que envolvem ácidos e assinale a alternativa CORRETA.

- A Os ácidos mais frequentemente formados por ocasião das chuvas ácidas são o fluorídrico (HF) e o sulfídrico ( $H_2S$ ).
- B Todos os ácidos são substâncias muito perigosas para os humanos e provocam queimaduras graves na pele, em qualquer concentração.
- C A “chuva ácida” é um fenômeno muito raro, que ocorre somente quando gases ácidos de erupções vulcânicas entram em contato com nuvens saturadas de água.
- D Na reação entre a mesma quantidade de uma solução 1M de ácido clorídrico (HCl) e uma solução 1M de hidróxido de sódio (NaOH), é produzida uma solução salina de cloreto de sódio em água.
- E Os ácidos inorgânicos são normalmente formados de moléculas apolares, e suas soluções aquosas não são condutoras de eletricidade.

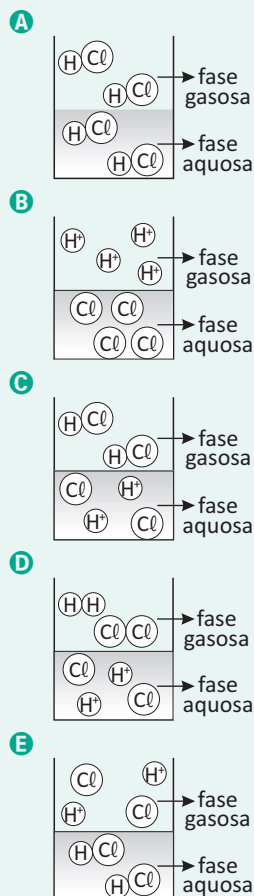
**08| UECE** Considere a informação seguinte: Quando a cebola é cortada, as suas células liberam compostos voláteis, contendo enxofre que, em contato com os olhos, produzem ácido sulfúrico, causando irritação. O cérebro reage estimulando a produção de lágrimas para proteger os olhos. Utilizando seus conhecimentos sobre enxofre, reações químicas e cinética química, marque a única opção que completa corretamente a seguinte afirmação:

Congelando a cebola ou molhando-a antes de cortá-la, diminui a possibilidade de irritação dos olhos, porque

- A a água reage com os compostos voláteis de enxofre, impedindo-os de, no estado líquido, atingir os olhos.
- B o resfriamento produz uma reação reversível no sistema, dificultando a ação dos gases.
- C nos dois procedimentos, há um aumento de entropia e entalpia do sistema, e os gases de enxofre não são liberados.
- D funcionando como anticatalisador do sistema, a água inibe a ação dos gases, tornando-os inertes.

**09| FUVEST** Observa-se que uma solução aquosa saturada de HCl libera uma substância gasosa. Uma estudante de química procurou representar, por meio de uma figura, os

tipos de partículas que predominam nas fases aquosa e gasosa desse sistema – sem representar as partículas de água. A figura com a representação mais adequada seria



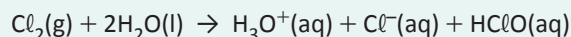
**10| UFAC** Os ácidos são substâncias químicas presentes no nosso dia-a-dia. Por exemplo, o ácido sulfúrico é muito utilizado na indústria petroquímica, na fabricação de papel, corantes, em baterias automotivas, entre outras diversas aplicações. Alguns sais derivados do ácido fosfórico são aplicados como fertilizantes na agricultura. Já o ácido muriático, poderoso agente de limpeza, nada mais é do que uma solução de ácido clorídrico. O ácido fluorí-

drico, um pouco menos conhecido, tem grande poder de atacar vidro e, por essa propriedade, é usado para gravação na parte inferior dos vidros de automóveis. Outro exemplo é a água boricada, que é uma solução aquosa de ácido bórico, normalmente usada como agente para assepsia. Enfim, é uma tarefa muito grande relacionar a importância e as aplicações dessas valiosas substâncias que não somente os químicos possuem acesso.

De acordo com o texto, a sequência de fórmulas moleculares dos ácidos destacados, considerando a ordem de leitura, é:

- A**  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HCl$ ,  $HF$  e  $H_3BO_4$ .
- B**  $H_2SO_3$ ,  $H_3PO_3$ ,  $H_2Cl$ ,  $H_2F$  e  $H_3BO_3$ .
- C**  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HCl$ ,  $H_2F$  e  $H_3BO_3$ .
- D**  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HCl$ ,  $HF$  e  $H_3BO_3$ .
- E**  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_3$ ,  $HCl$ ,  $H_2F$  e  $H_3BO_3$ .

**11| UEPA** A infraestrutura das cidades deve contar com uma série de serviços, entre eles oferecer uma água de qualidade para a população, cujo tratamento desta pode ser auxiliado, inicialmente, com a adição de  $CaO$ , em seguida adiciona-se  $Al_2(SO_4)_3$ , que reage com o  $OH^-$  formando o precipitado  $Al(OH)_3$ . A água então, é filtrada e clorada. Durante o processo de cloração, ocorre a seguinte reação:



Considerando as informações do texto, é correto afirmar que:

- A** o gás cloro ( $Cl_2$ ) não sofre reação redox.
- B** o  $HClO$  tem nome IUPAC, ácido hipocloroso.
- C** o  $Al_2(SO_4)_3$  tem nome IUPAC, sulfato de alumínio.
- D** o íon cloreto ( $Cl^-$ ) é menor do que o seu átomo correspondente Cloro ( $Cl$ ).
- E** o íon cloreto ( $Cl^-$ ) tem configuração eletrônica:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

## BASES OU HIDRÓXIDOS

É toda substância que se dissocia em água fornecendo exclusivamente o ânion hidroxila ( $OH^-$ ), de acordo com a teoria de Arrhenius.

- **Reação de dissociação**



- **Classificação:**

- **Quanto a força**

*Fortes:* bases de metais alcalinos, Ca, Sr, Ba

*Moderadas:* bases de metais alcalinos-terrosos (os demais)

*Fracas:* as demais bases

**Quanto a Solubilidade**

Serão solúveis as bases fortes e  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

**Quanto ao número de hidroxilas**

*Monobases:* possuem apenas uma hidroxila. Ex:  $\text{KOH}$  e  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

*Dibases:* possuem duas hidroxilas. Ex:  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  e  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ .

*Tribases:* possuem três hidroxilas. Ex:  $\text{Al}(\text{OH})_3$  e  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

- **Nomenclatura:**

**Nox fixo**

Hidróxido de **nome do elemento**

**Exemplos:**

**KOH:** hidróxido de potássio.

**Mg(OH)<sub>2</sub>:** hidróxido de magnésio.

**Nox variável**

Nomenclatura de Stokes (1940):

Hidróxido de nome do elemento+ Valencia

Nomenclatura de 1900:

Hidróxido nome do elemento ↑Nox: ICO, ↓Nox: oso

**Exemplos:**

1 –  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  : hidróxido de cobre II ou hidróxido cúprico

2 –  $\text{CuOH}$  : hidróxido de cobre I ou cuproso

3 –  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  : hidróxido de ferro II ou ferroso

4 –  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  : hidróxido de Ferro II ou férrico

5 –  $\text{Pb}(\text{OH})_4$  : hidróxido de chumbo IV ou plúmbico

6 –  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  : hidróxido de chumbo II ou plumboso

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01| ITA** Descreva como o hidróxido de sódio é obtido em escala industrial. Sua descrição deve incluir as matérias primas utilizadas, as equações das reações químicas envolvidas no processo, as condições de operação e o aproveitamento de eventuais subprodutos obtidos no processo.

**Resolução:****Processo:**

*O Hidróxido de sódio é obtido industrialmente por eletrólise de soluções aquosas de NaCl:*

**Matérias primas:**

*NaCl e H<sub>2</sub>O*

**Equações:****Sub-produtos**

*Hidrogênio gasoso: usado em outras reações químicas.*

*Cloro gasoso: aproveitado no para diversas outras reações como de cloração, obtenção de compostos para o tratamento de água etc.*



02| Completar a tabela abaixo:

Nome da Base	Fórmula	Número de OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Magnésio		
Hidróxido de Zinco		
Hidróxido de Sódio		
Hidróxido de Ouro-I		
Hidróxido de Ferro-III		
	Ba(OH) <sub>2</sub>	
	Fe(OH) <sub>2</sub>	
	Au(OH) <sub>3</sub>	
	Bi(OH) <sub>3</sub>	
	Pb(OH) <sub>2</sub>	
Hidróxido de Amônio		
Hidróxido de Rubídio		
Hidróxido de Estrôncio		
Hidróxido de Lítio		
Hidróxido de Mercúrio-II		
Hidróxido de Níquel-III		

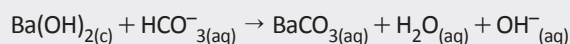
Resolução:

Nome da Base	Fórmula	Número de OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Magnésio	Mg(OH) <sub>2</sub>	2 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Zinco	Zn(OH) <sub>2</sub>	2 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Sódio	NaOH	1 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Ouro-I	AuOH	1 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Ferro-III	Fe(OH) <sub>3</sub>	3 OH <sup>-</sup>

Nome da Base	Fórmula	Número de OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Bário	Ba(OH) <sub>2</sub>	2 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Ferro-II	Fe(OH) <sub>2</sub>	2 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Ouro-III	Au(OH) <sub>3</sub>	3 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Bismuto	Bi(OH) <sub>3</sub>	3 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Chumbo-II	Pb(OH) <sub>2</sub>	2 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Amônio	NH <sub>4</sub> OH	1 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Rubídio	RbOH	1 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Estrôncio	Sr(OH) <sub>2</sub>	2 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Lítio	LiOH	1 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Mercúrio-II	Hg(OH) <sub>2</sub>	2 OH <sup>-</sup>
Hidróxido de Níquel-III	Ni(OH) <sub>3</sub>	3 OH <sup>-</sup>

03| ITA Num tubo de ensaio dissolve-se açúcar em água e acrescenta-se uma porção de fermento biológico do tipo utilizado na fabricação de pães. Após certo tempo observa-se a liberação de gás nesta mistura. O borbulhamento deste gás em uma solução aquosa não saturada em Ba(OH)<sub>2</sub> provoca, inicialmente, sua turvação. Esta desaparece com o borbulhamento prolongado do gás. A respeito das descrições feitas nestes experimentos são feitas as seguintes afirmações:

- I. o produto gasoso formado, e responsável pela turvação inicial da solução de Ba(OH)<sub>2</sub>, é o monóxido de carbono (CO).
- II. o produto gasoso formado, e responsável pela turvação inicial da solução de Ba(OH)<sub>2</sub> é o etanol.
- III. a turvação inicial da solução de Ba(OH)<sub>2</sub> é justificada pela precipitação de Ba(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(c).
- IV. o desaparecimento da turvação inicial da solução de Ba(OH)<sub>2</sub> é justificada pela reação química representada pela seguinte equação:



Das informações acima estão ERRADAS:

- A apenas I e III.
- B apenas I e IV.
- C apenas II e IV.
- D apenas II, III e IV.
- E todas

Resolução:

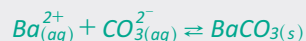
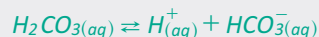
Alternativa E

I. Falso. O produto é o  $CO_2$

II. Falso. é o  $BaCO_3$

III. Falso: A turvação é devido à formação do  $BaCO_3$

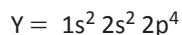
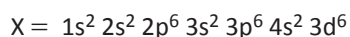
IV. A turvação ocorre devido:



## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01| O reboco das paredes de casas pode ser feito com a aplicação de uma pasta feita de argamassa com água. A argamassa é uma mistura de areia com cal extinta,  $Ca(OH)_2$ . Nas paredes, a pasta vai endurecendo devido à evaporação da água e subsequente reação do hidróxido de cálcio com o gás carbônico do ar. O reboco seco é constituído por uma mistura rígida de areia e qual outra substância mais?

02| Sobre os elementos químicos genéricos X e Y que apresentam as distribuições eletrônicas:



O que acontece com o composto formado por X e Y ao reagir com água?

03| Em três frascos rotulados A, B e C e contendo 100 mL de água cada um, são colocados 0,1 mol, respectivamente, de hidróxido de potássio, hidróxido de cobre (II) e hidróxido de níquel (II). Após agitar o suficiente para garantir

que todo soluto possível de se dissolver já esteja dissolvido, mede-se a condutividade elétrica das misturas. Obtém-se que as condutividades das misturas dos frascos B e C são semelhantes e muito menores do que a do frasco A. Qual é o frasco que apresenta a mistura com a maior condutividade elétrica?

04| FEI Explique porque é praticamente impossível medir a condutividade elétrica de um hidróxido que não seja de um metal alcalino.

05| No processo de digestão os alimentos permanecem no estômago por várias horas, período no qual o esfíncter pilórico mantém-se fechado. Quando o esfíncter se relaxa, uma pequena quantidade de alimento semidigerido e altamente acidificado (quimo) passa para o intestino delgado. O contato do quimo com a mucosa intestinal provoca o fechamento do esfíncter, o que neutralizam o quimo, o esfíncter pilórico se abre novamente, permitindo que mais um pouco de alimento (quimo) chegue ao intestino. O que podemos afirmar com relação aos sucos pancreático, entérico e biliar?

## T ENEM E VESTIBULARES

01| ACAFE Com relação a química do cotidiano é correto afirmar, exceto:

- A A cal viva utilizada na construção civil, após a reação com água produz hidróxido de cálcio (cal apagada).
- B O ácido muriático (ácido clorídrico de alta pureza) é utilizado na limpeza de pisos, paredes e superfícies metálicas antes do processo de soldagem.
- C O ácido acético (ácido etanóico) está presente no vinagre.
- D O hidróxido de alumínio pode ser usado na indústria farmacêutica como antiácido estomacal.

02| UECE Uma das formas de combater a azia, devido o excesso de produção de ácido clorídrico pelo organismo, é

usar o leite de magnésia que possui caráter básico, que é um antiácido estomacal. O leite de magnésia reage com o ácido clorídrico, existente no estômago, formando um sal, neutralizando, assim, o excesso de ácido que provoca a acidez (azia) estomacal. Assinale a afirmação verdadeira.

- A O leite de magnésia possui em sua composição o  $Mg(OH)_2$ .
- B A fórmula química do sal formado nesta reação é  $Mg(OH)Cl$ .
- C O leite de magnésia apresenta pH menor do que 7.
- D A equação química correta desta reação é  $Mg(OH)_3 + 3HCl \rightarrow MgCl_3 + 3H_2O$ .



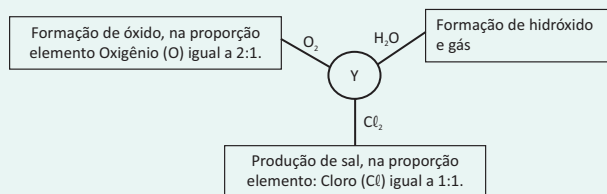
**03| UFRN** Leia as informações contidas na tirinha abaixo.



Uma substância que pode ser incluída no cardápio de antiácidos por ter propriedades básicas é

- A NaF.
- B  $\text{CaCl}_2$ .
- C  $\text{Mg(OH)}_2$ .
- D  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

**04| UNIMONTES** Os elementos químicos também apresentam periodicidade nas suas propriedades químicas. O esquema abaixo mostra algumas características de uma determinada família de elementos denominada, genericamente, de Y ao reagir com  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Cl}_2$  e  $\text{O}_2$ .



Baseando-se nas informações apresentadas, pode-se afirmar que Y corresponde à família dos

- A alcalino-terrosos.
- B alcalinos.
- C halogênios.
- D calcogênios.

**05| UFMG** Na embalagem de um produto usado para desentupir pias e ralos, à base de soda cáustica (hidróxido de sódio – NaOH), são encontradas, entre outras, as instruções:

“Cuidado: Em caso de contato, lavar imediatamente os olhos ou a pele com água em abundância durante quinze minutos. Se ingerido, não provocar vômito. Dar grande quantidade e também vinagre diluído em um copo de água. A seguir, dar uma colher de óleo comestível.”

“Não reaproveitar a embalagem vazia. Lavar a colher utilizada como medida com bastante água corrente antes de reutilizá-la. Não adicionar água à embalagem do produto.”

O quadro abaixo relaciona algumas dessas instruções com as justificativas para o uso desses procedimentos, com base nas propriedades da soda cáustica e das ou-

tras espécies envolvidas. Assinale a alternativa que contém uma justificativa INCORRETA para a instrução relacionada.

- A Instrução : Dar vinagre diluído em um copo de água. Justificativa : O vinagre diluído neutraliza a soda cáustica através de reação ácido-base.
- B Instrução : Lavar a colher utilizada como medida com bastante água corrente antes de reutilizá-la. Justificativa : A utilização de grande quantidade de água deve-se ao fato de a soda cáustica ser insolúvel na água.
- C Instrução : Não adicionar água à embalagem com o produto. Justificativa : A adição de água à embalagem com produto provoca forte aquecimento
- D Instrução : Não reaproveitar a embalagem vazia. Justificativa : A embalagem pode estar contaminada com resíduos de soda cáustica

**06| USJT** Sabor adstringente é o que percebemos quando comemos uma banana verde (não-madura). Que substância a seguir terá sabor adstringente?

- A  $\text{CH}_3\text{COOH}$
- B NaCl
- C  $\text{Al(OH)}_3$
- D  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
- E  $\text{H}_3\text{PO}_4$

**07| PUC** Urtiga é o nome genérico dado a diversas plantas da família das Urticáceas, cujas folhas são cobertas de pêlos finos, os quais liberam ácido fórmico ( $\text{H}_2\text{CO}_2$ ) que, em contato com a pele, produz uma irritação.

Dos produtos de uso doméstico abaixo, o que você utilizaria para diminuir essa irritação é:

- A vinagre
- B sal de cozinha
- C óleo
- D coalhada
- E leite de magnésia

**08| MACK** A equação que representa corretamente a dissociação iônica de uma base pouco solúvel, de fórmula  $\text{M(OH)}_x$ , é:

- A  $\text{M(OH)}_x \rightarrow \text{M}^{x+} + \text{OH}^-$
- B  $\text{M(OH)}_x \rightarrow x\text{M}^+ + x\text{OH}^-$
- C  $\text{M(OH)}_x \rightarrow \text{M}^{x+} + x\text{OH}^-$
- D  $\text{M(OH)}_x \rightarrow \text{M}^{x+} + \text{OH}_x^-$
- E  $\text{M(OH)}_x \rightarrow x\text{M}^+ + \text{OH}^-$

**09| PUC** Um grupo de biólogos e neurocientistas paulistas pode ter descoberto um dos motivos por trás do fracasso das antigas terapias celulares contra o Parkinson e talvez compreendido porque as versões mais modernas e refinadas desse tipo de tratamento experimental, hoje baseadas no emprego das chamadas células-tronco, continuam a dar resultados inconsistentes. Os transplantes que têm sido testados nos estudos pré-clínicos, em animais de laboratório, podem conter uma quantidade significativa de fibroblastos, um tipo de célula da pele extremamente parecido com algumas células-tronco, mas que têm propriedades totalmente diferentes.

Ainda sem cura, o Parkinson atualmente é controlado com o auxílio de medicamentos, como a levodopa, que podem ser convertidos pelo cérebro em dopamina. Em casos mais graves há ainda uma segunda alternativa: implantar eletrodos no cérebro de pacientes que não respondem bem ao tratamento ou apresentam muitos efeitos colaterais em decorrência do uso dos remédios. Ligado a um pequeno gerador implantado debaixo da pele, os eletrodos tentam melhorar a comunicação entre os neurônios. A delicada cirurgia para a colocação dos eletrodos é conhecida como estimulação profunda do cérebro (deep brain stimulation, ou simplesmente DBS). Com exceção dessas duas abordagens, todos os demais procedimentos contra a doença ainda se encontram no estágio de testes, sem aprovação dos órgãos médicos.

(Pesquisa FAPESP. ed. Imprensa 183, Maio/2011)

As cinzas obtidas da queima de lenha podem ser usadas para fabricação de sabão artesanal quando é misturada à gordura animal. O processo de saponificação somente é possível porque as cinzas possuem propriedades

- A ácidas.
- B básicas.
- C desidratantes.
- D umectantes.
- E oxidantes.

**10| FAC. CULTURA INGLESA** Soluções aquosas de hidróxido de amônio,  $\text{NH}_4\text{OH}$  (aq), são empregadas na indústria têxtil e agrícola, no tratamento de efluentes e na limpeza doméstica.

(<http://www.infoescola.com>. Adaptado.)

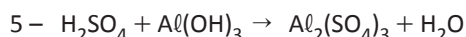
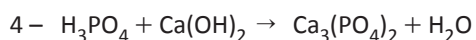
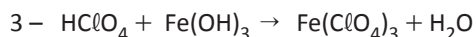
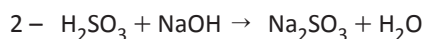
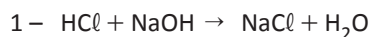
A fórmula química fornecida para o hidróxido de amônio, permite afirmar que essa substância é classificada como

- A um sal.
- B um ácido.
- C um óxido.
- D uma base.
- E um hidrato.

## SAIS

Segundo Arrhenius, sal é toda substância que, em água, dissocia-se em, pelo menos, um cátion diferente de  $\text{H}^+$  e um ânion diferente de  $\text{OH}^-$ . É resultante da neutralização de um ácido por uma base, com eliminação de água.

### Exemplos:



### ▪ Nomenclatura

#### Nome do ânion de Nome do cátion

\*O **cátion** tem origem da base, geralmente recebe o nome de origem.

\*O **ânion** tem origem do ácido, seguindo a seguinte regra de nomenclatura:

**Nomenclatura:**

Prefixo	Hipo	Hipo					Per
<b>Nox</b>	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
<b>Sufixo ácido</b>	oso	oso	oso	oso	ico	ico	ico
<b>Nome do ânion</b>	ito	ito	ito	ato	ato	ato	ato

**Exemplos:**

- 1 – NaCl : cloreto de sódio
- 2 – Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : sulfato de sódio
- 3 – CaCO<sub>3</sub> : carbonato de cálcio
- 4 – AgNO<sub>3</sub> : nitrato de sódio
- 5 – FeSO<sub>4</sub> : sulfato de ferro II ou sulfato ferroso
- 6 – Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> : sulfato de ferro III ou sulfato férrico

- **Classificação**

**Quanto à natureza dos íons**

*Sais neutros:* possuem um só tipo de cátion e um só tipo de ânion. Ex: NaCl e (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

*Sais ácidos:* possuem um ou mais H<sup>+</sup>. Ex: NaHCO<sub>3</sub> e KHSO<sub>4</sub>.

*Sais básicos:* possuem um ou mais OH<sup>-</sup>. Ex: Al(OH)<sub>2</sub>Cl e Zn(OH)NO<sub>3</sub>.

*Sal hidratado:* sais que apresentam moléculas de água ligadas ao retículo cristalino. Ex: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> .10 H<sub>2</sub>O

**Caráter da solução salina:**

**Sais neutros:** proveniente de um ácido forte e base forte. Ex: NaCl

**Sais ácidos:** proveniente de um ácido forte e base fraca. Ex: NH<sub>4</sub>Cl

**Sais básicos:** proveniente de um ácido fraco e base forte. Ex: NaHCO<sub>3</sub>

**Sais neutros\*:** proveniente de um ácido fraco e base fraca. Ex: NH<sub>4</sub>CN

**Solubilidade:**

Solubilidade em Água	
Solúveis (como regra)	Insolúveis (principais exceções à regra)
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Acetatos (CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> )	
Cloretos (Cl <sup>-</sup> ) Brometos (Br <sup>-</sup> )	AgCl, PbCl <sub>2</sub> , Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> . AgBr, PbBr <sub>2</sub> , Hg <sub>2</sub> Br <sub>2</sub> .
Iodetos (I <sup>-</sup> )	AgI, PbI <sub>2</sub> , Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub> , HgI <sub>2</sub> , BiI <sub>2</sub> .
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	CaSO <sub>4</sub> , SrSO <sub>4</sub> , BaSO <sub>4</sub> , PbSO <sub>4</sub> .
Sais de metais alcalinos e de amônio	

Insolúveis (como regra)	Solúveis (principais exceções à regra)
Sulfetos ( $S^{2-}$ )	Os dos metais alcalinos, alcalinos terrosos e de amônio. Exemplos: $K_2S$ , $CaS$ , $(NH_4)_2S$ .
Hidróxidos ( $OH^-$ )	Os dos metais alcalinos, alcalinos terrosos e de amônio. Exemplos: $NaOH$ , $KOH$ , $NH_4OH$ .
Carbonatos ( $CO_3^{2-}$ )	Os dos metais alcalinos, alcalinos terrosos e de amônio. Exemplos: $Na_2CO_3$ , $K_2CO_3$ , $(NH_4)_2CO_3$ .
Fosfatos ( $PO_4^{3-}$ )	Os dos metais alcalinos, alcalinos terrosos e de amônio. Exemplos: $Na_3PO_4$ , $K_3PO_4$ , $(NH_4)_3PO_4$ .
Sais não – citados	Os dos metais alcalinos e de amônio.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01 | UFRJ** A tabela a seguir complementa as informações contidas no primeiro e segundo períodos da tabela periódica e mostra os raios atômicos, em picômetros, de alguns elementos:

Li.....152 ; Be....111; B.....88; C.....77; N.....70;  
O.....66; F.....64;

Na....186; Mg...160; Al.....143; Si.....117; P.....110;  
S.....104; Cl.....99;

Note que, nas colunas verticais, os raios atômicos crescem de cima para baixo e, nas linhas horizontais, os raios atômicos crescem da direita para a esquerda.

- A** Explique por que o raio atômico do elemento sódio é maior do que o raio atômico do elemento cloro.
- B** Escreva a fórmula e o nome do sal composto pelos elementos lítio, carbono e oxigênio, sabendo que o carbono se encontra no seu mais alto grau de oxidação.

**Resolução:**

- A** *ambos apresentam três camadas de energia, porém o sódio apresenta menor carga nuclear e portanto atrai menos seus elétrons resultando num raio maior.*
- B**  $Li_2CO_3$

**02 | UFPEL** A tabela abaixo mostra os valores máximos permitidos para algumas espécies iônicas e elementos químicos em águas de abastecimento público.

Ion ou elemento químico	Concentração máxima permitida (mg / L)
Ba	1,0
Cd	0,005
Pb	0,05
Fe	0,3

Ion ou elemento químico	Concentração máxima permitida (mg / L)
Mn	0,1
Hg	0,001
Cr	0,05
Cianeto	0,1
Cloreto	250
Sulfato	400

Extraído e adaptado da Resolução 20 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente).

Escreva as fórmulas moleculares dos sais formados pelo cloro e pelo bário, em que aquele apresente os seguintes números de oxidação  $-1$  e  $+7$ .

**Resolução:**



**03 | UFRJ** Fogos de artifício são muito utilizados em grandes eventos ao ar livre. Para que os fogos produzam os efeitos de som, luz, cor e forma planejados, é necessária uma seleção precisa dos produtos químicos que serão utilizados.

A cor da luz emitida durante a queima depende das substâncias usadas nos fogos de artifício.

A tabela a seguir apresenta algumas dessas substâncias e suas respectivas cores:

Substância	Cor
Carbonato de lítio	Vermelha
Carbonato de estrôncio	Vermelha
Cloreto de sódio	Amarela
Cloreto de bário	Verde

Substância	Cor
Cloreto de cobre (I)	Azul
Alumínio	Branca brilhante
Titânio	Branca brilhante
Magnésio	Branca brilhante

Num espetáculo de queima de fogos de artifício, quatro foguetes estouraram em sequência. A substância escolhida, dentre as apresentadas nessa tabela, para se obter a cor desejada, pode ser assim descrita:

1º foguete → sal de cozinha;

2º foguete sal de um metal de transição;

3º foguete → substância cujo metal pertença ao quinto período;

4º foguete → substância metálica cuja configuração eletrônica é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

Indique a substância usada em cada foguete.

**Resolução:**

1º foguete → cloreto de sódio;

2º foguete → cloreto de cobre (I);

3º foguete → carbonato de estrôncio;

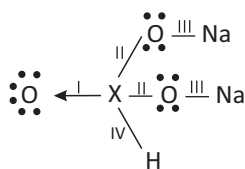
4º foguete → alumínio.

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01 | UFOP** Complete o quadro abaixo com as fórmulas e nomes corretos, correspondentes.

Cátion	Ânion	Fórmula do Composto	Nome do composto
$\text{NH}_4^+$	$\text{Cl}^-$		
	$\text{Cl}^-$	$\text{BaCl}_2$	
$\text{Ag}^+$			Nitrato de prata
$\text{Fe}^{3+}$	$\text{S}^{2-}$		
$\text{Fe}^{2+}$	$\text{OH}^-$		

**02 | UERJ** Para o composto  $\text{Na}_2\text{HXO}_3$  foi proposta a estrutura a seguir:



Contudo, este modelo não representa corretamente as propriedades macroscópicas do composto, pois ele é iônico. Conhecendo-se as diferenças de eletronegatividade:

I = 1,5;

II = 1,5;

III = 2,6;

IV = 0,1

**A** Escreva a fórmula estrutural mais provável do composto, identificando-lhe o cátion e o ânion.

**B** Dê o número de hidrogênios ionizáveis do ácido que deu origem a essa substância ( $\text{Na}_2\text{HXO}_3$ ).

**03 | UFF** Complete, corretamente, o quadro a seguir.

FORMULA	NOMENCLATURA
$\text{Cu}_2\text{CO}_3$	
$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	
$\text{Fe}(\text{OH})_3$	
$\text{KHSO}_4$	
	Nitrato de magnésio
	Sulfeto de sódio
	Sulfato cúprico pentaidratado
	Óxido de alumínio

**04 | UDESC** As funções básicas de nosso organismo necessitam de espécies iônicas para o seu adequado funcionamento. Os íons  $\text{Na}^+$ , por exemplo, encontram-se presentes nos fluidos externos das células e o íon  $\text{K}^+$ , presente no fluido interno das células. Juntos são responsáveis por manter a pressão osmótica adequada e estão normalmente associados à presença do  $\text{Cl}^-$ , que atua para manter a neutralidade das cargas. Outro cátion de importância fundamental é o  $\text{Ca}^{2+}$ , principal integrante dos ossos e dos dentes, que se encontra normalmente na forma de fosfato  $\text{PO}_4^{3-}$  ou carbonato  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Escreva as fórmulas químicas dos compostos formados pelos pares de íons (cátion e ânion) associados no texto, e dê os nomes deles.

**05| UFU** Uma pesquisa sobre produtos químicos e suas aplicações no cotidiano forneceu as seguintes informações:

Produto Químico	Aplicação
Ácido fosfórico	Acidulante em refrigerantes, balas e gomas de mascar
Hidróxido de magnésio	Antiácido para combater o excesso de acidez estomacal
Fluoreto de estanho (II)	Creme dental para fortalecer o esmalte do dente.

Considerando as informações acima,

- A** escreva, respectivamente, a fórmula dos produtos químicos pesquisados.
- B** indique a que função química pertence cada um destes compostos, justificando sua resposta, escrevendo a equação de reação química, segundo a Teoria de Arrhenius.

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| IFPE** A mistura hidróxido de alumínio + carbonato de magnésio é indicada no tratamento da azia (queimação), esofagite de refluxo (inflamação da mucosa esofágica produzida pelo refluxo do conteúdo ácido estomacal) e hiperacidez. Essa mistura funciona como um antiácido, pois neutraliza quantidades existentes do ácido estomacal (ácido clorídrico), mas não possui efeito direto na produção deste. A ação promove o alívio dos sintomas de hiperacidez. Assinale a alternativa que indica, respectivamente, as fórmulas corretas do hidróxido de alumínio e carbonato de magnésio.

- A**  $Al(OH)_3$  e  $MgCO_3$
- B**  $Al(OH)_3$  e  $Mg_2CO_3$
- C**  $Al(OH)_2$  e  $Mg_2CO_4$
- D**  $Al_3(OH)_2$  e  $Mg_2CO_4$
- E**  $Al_3(OH)_4$  e  $Mg_3CO_5$

**02| UNIEVANGÉLICA** As plantas necessitam de nutrientes para se desenvolverem plenamente, sendo que a maioria desses nutrientes é extraída do solo. Devido ao fato de a agricultura usar demasiadamente o solo principalmente com a monocultura, torna-se o solo pobre dos mesmos, obrigando os agricultores a usarem fertilizantes indiscriminadamente. Esses fertilizantes contêm principalmente os seguintes ânions: Nitrato ( $NO_3^{1-}$ ), Nitrito ( $NO_2^{1-}$ ), Hidrogenofostato ( $HPO_4^{2-}$ ), Diidrogenofostato ( $H_2PO_4^{1-}$ ), que são solúveis em água quando combinados com vários tipos de cátions, que são arrastados pelas chuvas contaminando rios, lagos e lençóis subterrâneos. Combinando-se esses ânions com cátions  $Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^{1+}$  e  $Al^{3+}$ , formam-se sais.

São exemplos de sais formados nessas condições:

- A** Nitrato férrico,  $Fe(NO_3)_2$ ; nitrito de sódio,  $Na(NO_2)_2$ ; Hidrogenofostato de alumínio,  $Al_2(PO_4)_3$ .
- B** Nitrato ferroso,  $Fe(NO_3)_2$ ; nitrito de alumínio,  $Al(-NO_2)_2$ ; Hidrogenofostato de alumínio,  $Al_2(PO_4)_3$ .
- C** Nitrato ferroso,  $Fe(NO_3)_2$ ; nitrito de cobre II,  $Cu(-NO_2)_2$ ; Hidrogenofostato de alumínio,  $Al_2(HPO_4)_3$ .
- D** Nitrato férrico,  $Fe(NO_3)_2$ ; nitrato de cobre II,  $Cu(-NO_2)_2$ ; Diidrogenofostato de alumínio,  $Al_2(PO_4)_3$ .

**03| MACK** O cientista Wim L Noorduin, da Escola de Engenharia e Ciências Aplicadas (SEAS, na sigla em inglês) em Harvard, nos EUA, aprendeu a manipular gradientes químicos para criar estruturas microscópicas semelhantes a flores. Nas suas experiências, Noorduin aprendeu a controlar minúsculos cristais, em placas de vidro e lâminas de metal, para criar estruturas específicas. Noorduin e a sua equipe dissolveram cloreto de bário e silicato de sódio numa solução de água. O dióxido de carbono do ar naturalmente dissolve-se na água, dando início a uma reação que deriva em cristais de carbonato de bário. O processo químico também baixa o pH da solução ao redor dos cristais, os quais, por sua vez, reagem com o silicato de sódio dissolvido. Com o pH ácido é adicionada uma camada de sílica às estruturas, usando o ácido da solução, permitindo a continuidade da formação de cristais de carbonato de bário. “Ao longo de pelo menos 200 anos, as pessoas têm questionado como formas complexas conseguem evoluir na natureza”, declara Noorduin. “Este trabalho ajuda a demonstrar o que é possível (fazer) apenas com mudanças químicas e ambientais.”

[http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id\\_news=641134](http://diariodigital.sapo.pt/news.asp?id_news=641134)

A respeito das substâncias inorgânicas sublinhadas no texto, pode-se afirmar que suas fórmulas químicas são, respectivamente,

Dados: números atômicos (Z): C = 6, O = 8, Na = 11, Si = 14, Cl = 17 e Ba = 56

- A  $BaCl_2$ ,  $Na_2SiO_3$ ,  $CO_2$  e  $BaCO_3$ .
- B  $BaCl$ ,  $Na_2SiO_3$ ,  $CO_2$  e  $BaCO_3$ .
- C  $BaCl_2$ ,  $Na_2SiO$ ,  $CO_2$  e  $Ba_2CO_3$ .
- D  $BaCl$ ,  $Na_2SiO$ , CO e  $Ba_2CO_3$ .
- E  $BaCl$ ,  $Na_2SiO_3$ , CO e  $Ba_2CO_3$ .

**04 | IFSP** O alúmen de potássio, também conhecido como pedra-ume, é a substância representada pela fórmula  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$ . Essa substância é classificada como

- A óxido duplo hidratado.
- B base hidratada.
- C sal duplo hidratado.
- D sal simples hidratado.
- E óxido ácido hidratado.

**05 | UEM** Ao organizar um laboratório, um químico encontrou os seguintes produtos químicos:  $NaCl$ ,  $NaOCl$ ,  $NaClO_2$ ,  $NaClO_3$ ,  $HNO_3$ ,  $CuSO_4$ , metano, acetileno, hélio,  $NaOH$ ,  $NH_4OH$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Ca(OH)Cl$ , propanona,  $H_2SO_3$ , HF,  $Fe(OH)_2$ , em diferentes estados físicos ou em soluções aquosas. Assinale a(s) alternativa(s) que corretamente descrevem as características e as propriedades desses produtos químicos.

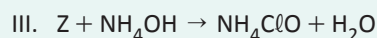
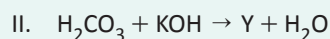
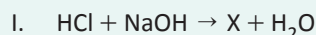
01. Em  $T = 20^\circ C$ , todos os compostos orgânicos e somente esses se apresentavam no estado gasoso.
02. Dentre os sais, foi possível identificar a presença de sais normal, ácido e básico, não sendo encontrado sal duplo.
04. As classificações possíveis para os ácidos são as seguintes: hidrácido, oxiácido, ácido forte e ácido fraco.
08. Nos compostos inorgânicos, foi possível encontrar átomos com  $NOx = +6, +5, +4, +3, +2, +1, 0, -1, -2$  e  $-3$ .
16. Dentre as bases encontradas, as classificações possíveis são monobase, dibase, base forte e base fraca.

**06 | UNEMAT** Uma prova de que a química está presente em nosso cotidiano é a presença de compostos químicos nos mais diversos produtos, que pensamos vê-los somente nos livros. Alguns exemplos são o leite de magnésia composto pelo  $Mg(OH)_2$ ; a água de bateria, que contém o  $H_2SO_4$ , e vitaminas compradas em farmácia que podem conter o  $FeSO_4$ .

Marque a alternativa que apresenta corretamente a nomenclatura dos compostos citados, de acordo com a sequência mencionada no texto:

- A Hidróxido de magnésio, ácido sulfúrico e sulfato de ferro II.
- B Hidróxido de manganês, ácido sulfúrico e sulfato de ferro II.
- C Hidróxido de magnésio, ácido sulfuroso e sulfato de ferro I.
- D Hidróxido de manganês, ácido sulfuroso e sulfato de ferro II.
- E Hidróxido de magnésio, ácido sulfúrico e sulfato de ferro III.

**07 | PUC** Observe as reações de neutralização:



A nomenclatura correta para as substâncias X, Y e Z, respectivamente, é:

- A Cloreto de sódio, bicarbonato de potássio, ácido hipocloroso.
- B Cloreto de potássio, bicarbonato de potássio, ácido perclórico.
- C Cloreto de sódio, carbonato de potássio, ácido clórico.
- D Cloreto de potássio, carbonato de potássio, ácido hipocloroso.

**08 | UNIUBE** Acredita-se que o pão tenha sido produzido pela primeira vez há 6.000 anos, surgindo com o cultivo do trigo onde atualmente é o Iraque. O segredo do pão considerado leve é devido à reação de fermentação que ocorre com o fermento e o amido presente na farinha de trigo, na presença da levedura (*Saccharomyces cerevisiae*), produzindo espaços vazios no corpo dos pães. Na fabricação de pães, são utilizados muitos tipos de fermento. Um deles, muito usado, é o monohidrogenocarbonato de amônio ( $NH_4HCO_3$ ), também conhecido como bicarbonato de amônio. Sobre a reação de fermentação do pão com esse fermento, é CORRETO afirmar que:

- A Essa reação é classificada como reação de neutralização.
- B O monohidrogenocarbonato de amônio ( $NH_4HCO_3$ ) sofre decomposição, formando água, gás carbônico e amônia.
- C O monohidrogenocarbonato de amônio ( $NH_4HCO_3$ ) sofre decomposição, formando apenas água e gás carbônico.



- D O monohidrogenocarbonato de amônio ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) sofre decomposição apenas em baixas temperaturas, fazendo o pão crescer.
- E Em apenas alguns segundos já ocorreu toda a reação com monohidrogenocarbonato de amônio ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ), independentemente das condições ambientes.

09| UNICASTELO Utilize as informações reunidas na tabela, obtidas do rótulo de uma água mineral natural.

Composição química (mg / L)			
bicarbonato	62,49	fluoreto	0,05
cálcio	7,792	magnésio	0,340
carbonato	3,91	potássio	1,485
cloreto	0,09	sódio	16,090
estrôncio	0,342	sulfato	0,18
características físico-químicas			
pH a 25 °C		8,66	
temperatura da água na fonte		27,8 °C	
condutividade elétrica a 25 °C		108,4 $\mu\text{S} / \text{cm}$	
resíduo de evaporação a 180 °C, calculando		78,53 mg / L	

Os íons sulfato e bicarbonato (hidrogenocarbonato) dissolvidos nessa água são, correta e respectivamente, representados por

- A  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^-$ .
- B  $\text{HSO}_4^{1-}$  e  $\text{CO}_3^{-2}$ .
- C  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) e  $\text{HCO}_3^{2-}$  (aq).
- D  $\text{SO}_3$  e  $\text{HCO}_3$ .
- E  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) e  $\text{HCO}_3^-$  (aq).

10| FATEC A história do seriado Breaking Bad gira em torno de um professor de Química do ensino médio, com uma esposa grávida e um filho adolescente que sofre de paralisia cerebral. Quando é diagnosticado com câncer, ele abraça uma vida de crimes, produzindo e vendendo metanfetaminas.

O uso de drogas pode desestabilizar totalmente a vida de uma pessoa, gerando consequências devastadoras e permanentes. Muitas vezes, toda a família é afetada.

As metanfetaminas são substâncias relacionadas quimicamente com as anfetaminas e são um potente estimulante que afeta o sistema nervoso central.

(<http://tinyurl.com/pffwfe6> Acesso em: 13.06.2014. Adaptado)

Considere os elementos químicos e seus respectivos números atômicos, representados na figura.



(<http://tinyurl.com/kun3zgs> Acesso em: 30.08.2014.)

Esses elementos podem formar o composto

- A molecular, BaBr.
- B molecular, BaBr<sub>2</sub>.
- C iônico, BaBr.
- D iônico, BaBr<sub>2</sub>.
- E iônico, Ba<sub>2</sub>Br.

11| UEPA Em algumas regiões do País não é raro encontrar ao mesmo tempo condições aeróbicas e anaeróbicas em partes diferentes de um mesmo lago, particularmente no verão, devido à ocorrência de um fenômeno conhecido como estratificação, ocasionado pela diferença de temperatura da água. As espécies químicas que estão presentes nas camadas diferenciadas do lago são mostradas na Figura abaixo:

Atmosfera			
Condições aeróbicas	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe(OH) <sub>3</sub> (s)
Condições anaeróbicas	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	NH <sub>3</sub>
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup> <sub>(aq)</sub>	

Fonte: revista QNE, N° 22, NOVEMBRO 2005

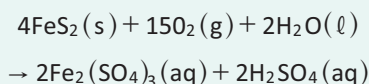
Pode-se observar na figura que, nas condições aeróbicas, têm-se espécies oxidadas e, perto do fundo, têm-se as condições anaeróbicas e as espécies na forma mais reduzidas dos mesmos elementos.

Sobre as propriedades químicas das espécies encontradas no lago, é correto afirmar que:



- A** o íon  $\text{Fe}^{2+}$  possui a seguinte distribuição eletrônica:  $1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^6, 4s^2$
- B** a espécie  $\text{HCO}_3^-$  é um íon resultante da dissociação iônica do ácido carbônico.
- C** as espécies  $\text{H}_2\text{S}$  e  $\text{NH}_3$  apresentam, respectivamente, geometria linear e piramidal.
- D** as espécies  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  são moléculas polares.
- E** a combinação das espécies  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Fe}^{2+}$  produz o sulfato ferroso.

**12| ENEM** A formação frequente de grandes volumes de piritita ( $\text{FeS}_2$ ) em uma variedade de depósitos minerais favorece a formação de soluções ácidas ferruginosas, conhecidas como “drenagem ácida de minas”. Esse fenômeno tem sido bastante pesquisado pelos cientistas e representa uma grande preocupação entre os impactos da mineração no ambiente. Em contato com oxigênio, a  $25^\circ\text{C}$ , a piritita sofre reação, de acordo com a equação química:



FIGUEIREDO, B. R. Minérios e ambiente. Campinas: Unicamp, 2000.

Para corrigir os problemas ambientais causados por essa drenagem, a substância mais recomendada a ser adicionada ao meio é o

- A** sulfeto de sódio.
- B** cloreto de amônio.
- C** dióxido de enxofre.
- D** dióxido de carbono.
- E** carbonato de cálcio.

**13| ENEM** O processo de industrialização tem gerado sérios problemas de ordem ambiental, econômica e social, entre os quais se pode citar a chuva ácida. Os ácidos usualmente presentes em maiores proporções na água da chuva são o  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , formado pela reação do  $\text{CO}_2$  atmosférico com a água, o  $\text{HNO}_3$ , o  $\text{HNO}_2$ , o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e o  $\text{H}_2\text{SO}_3$ . Esses quatro últimos são formados principalmente a partir da reação da água com os óxidos de nitrogênio e de enxofre gerados pela queima de combustíveis fósseis.

A formação de chuva mais ou menos ácida depende não só da concentração do ácido formado, como também do tipo de ácido. Essa pode ser uma informação útil na elaboração de estratégias para minimizar esse problema ambiental. Se consideradas concentrações idênticas, quais dos ácidos citados no texto conferem maior acidez às águas das chuvas?

- A**  $\text{HNO}_3$  e  $\text{HNO}_2$ .
- B**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .
- C**  $\text{H}_2\text{SO}_3$  e  $\text{HNO}_2$ .

- D**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{HNO}_3$ .
- E**  $\text{H}_2\text{CO}_3$  e  $\text{H}_2\text{SO}_3$ .

**14| ENEM** De acordo com a legislação brasileira, são tipos de água engarrafada que podem ser vendidos no comércio para o consumo humano:

- **água mineral:** água que, proveniente de fontes naturais ou captada artificialmente, possui composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas específicas, com características que lhe conferem ação medicamentosa;
- **água potável de mesa:** água que, proveniente de fontes naturais ou captada artificialmente, possui características que a tornam adequada ao consumo humano;
- **água purificada adicionada de sais:** água produzida artificialmente por meio da adição à água potável de sais de uso permitido, podendo ser gaseificada.

Com base nessas informações, conclui-se que

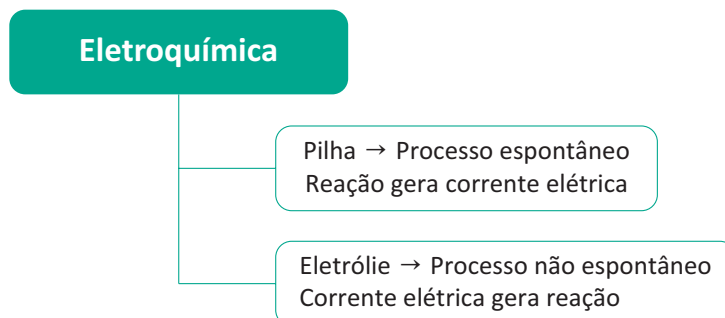
- A** os três tipos de água descritos na legislação são potáveis.
- B** toda água engarrafada vendida no comércio é água mineral.
- C** água purificada adicionada de sais é um produto natural encontrado em algumas fontes específicas.
- D** a água potável de mesa é adequada para o consumo humano porque apresenta extensa flora bacteriana.
- E** a legislação brasileira reconhece que todos os tipos de água têm ação medicamentosa.

**15| ENEM** Diretores de uma grande indústria siderúrgica, para evitar o desmatamento e adequar a empresa às normas de proteção ambiental, resolveram mudar o combustível dos fornos da indústria. O carvão vegetal foi então substituído pelo carvão mineral. Entretanto, foram observadas alterações ecológicas graves em um riacho das imediações, tais como a morte dos peixes e dos vegetais ribeirinhos. Tal fato pode ser justificado em decorrência

- A** da diminuição de resíduos orgânicos na água do riacho, reduzindo a demanda de oxigênio na água.
- B** do aquecimento da água do riacho devido ao monóxido de carbono liberado na queima do carvão.
- C** da formação de ácido clorídrico no riacho a partir de produtos da combustão na água, diminuindo o pH.
- D** do acúmulo de elementos no riacho, tais como, ferro, derivados do novo combustível utilizado.
- E** da formação de ácido sulfúrico no riacho a partir dos óxidos de enxofre liberados na combustão.

## ELETROQUÍMICA

É a área da química que estuda o processo no qual a reação de oxirredução gera corrente elétrica. Também estuda as reações que ocorrem por intermédio do fornecimento de corrente elétrica, conhecidas como eletrólise.



## PILHAS

São dispositivos pelos quais as reações de oxirredução geram corrente elétrica. Estas reações serão sempre espontâneas.

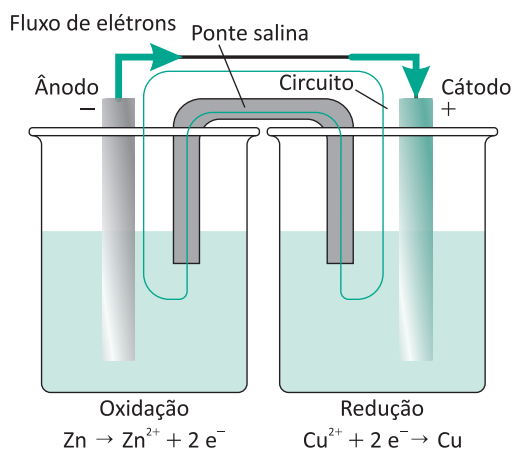
### A Pilha de Daniell: construção da Pilha

Os eletrodos escolhidos deverão ser mergulhados em uma solução que contenha cátions semelhantes aos metais. Cada eletrodo deverá ser interligado por um fio condutor para favorecer a passagem dos elétrons. Para fechar o circuito iremos unir as soluções utilizando a ponte salina.

**Eletrodo de zinco:** sistema constituído por uma placa de zinco metálica mergulhada em uma solução de sulfato de zinco ( $\text{ZnSO}_4$ ). Esse eletrodo sofrerá oxidação, portanto, apresentará polo positivo, sofrerá corrosão, representará o ânodo e sua solução terá um aumento na concentração de cátions.

**Eletrodo e cobre:** sistema constituído por uma placa de cobre metálico mergulhada em uma solução de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ). Esse eletrodo sofrerá redução, portanto, apresentará polo negativo, sofrerá aumento de sua massa, representará o cátodo e sua solução terá uma diminuição da concentração de cátions.

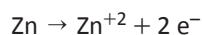
As duas semicelas são ligadas por um fio condutor e uma ponte salina. Observe a montagem dessa pilha abaixo:



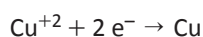
### Reação global ou de descarga

Corresponde à soma das reações de oxidação e redução (semi-reações):

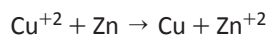
#### Semi-reação de oxidação



#### Semi-reação de redução

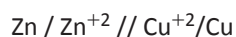


**Equação Global:**



**Representação:** A / A<sup>+</sup> // B<sup>+</sup>/B

**Exemplo:**



**Potenciais padrões do eletrodo**

São determinados a partir do eletrodo de hidrogênio (E°= 0V)

ORDEM CRESCENTE DE AÇÃO OXIDANTE

Potencial de redução (E <sup>o</sup> <sub>Red</sub> )	Estado reduzido	Estado oxidado	Potencial de oxidação (E <sup>o</sup> <sub>Oxid</sub> )
- 3,04	Li	⇌ Li <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	+ 3,04
- 2,92	K	⇌ K <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	+ 2,92
- 2,90	Ba	⇌ Ba <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 2,90
- 2,89	Sr	⇌ Sr <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 2,89
- 2,87	Ca	⇌ Ca <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 2,87
- 2,71	Na	⇌ Na <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	+ 2,71
- 2,37	Mg	⇌ Mg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 2,37
- 1,66	Al	⇌ Al <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>	+ 1,66
- 1,18	Mn	⇌ Mn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 1,18
- 0,83	H <sub>2</sub> +2 (OH) <sup>-</sup>	⇌ 2 H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup>	+ 0,83
- 0,76	Zn	⇌ Zn <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 0,76
- 0,74	Cr	⇌ Cr <sup>3+</sup> + 3e <sup>-</sup>	+ 0,74
- 0,48	S <sup>2-</sup>	⇌ S + 2e <sup>-</sup>	+ 0,48
- 0,44	Fe	⇌ Fe <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 0,44
- 0,28	Co	⇌ Co <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 0,28
- 0,23	Ni	⇌ Ni <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 0,23
- 0,13	Pb	⇌ Pb <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	+ 0,13
0,00	H <sub>2</sub>	⇌ 2 H <sup>+</sup> + 2e <sup>-</sup>	0,00
+ 0,15	Cu <sup>+</sup>	⇌ Cu <sup>2+</sup> + e <sup>-</sup>	- 0,15
+ 0,34	Cu	⇌ Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	- 0,34
+ 0,40	2(OH) <sup>-</sup>	⇌ H <sub>2</sub> O + 1/2 O <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>	- 0,40
+ 0,52	Cu	⇌ Cu <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	- 0,52
+ 0,54	2I <sup>-</sup>	⇌ I <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>	- 0,54
+ 0,77	Fe <sup>2+</sup>	⇌ Fe <sup>3+</sup> + e <sup>-</sup>	- 0,77
+ 0,80	Ag	⇌ Ag <sup>+</sup> + e <sup>-</sup>	- 0,80
+ 0,85	Hg	⇌ Hg <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>	- 0,85
+ 1,09	2 Br <sup>-</sup>	⇌ Br <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>	- 1,09
+ 1,23	H <sub>2</sub> O	⇌ 2H <sup>+</sup> + 1/2 O <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>	- 1,23
+ 1,36	2 Cl <sup>-</sup>	⇌ Cl <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>	- 1,36
+ 2,87	2 F <sup>-</sup>	⇌ F <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup>	- 2,87

ORDEM CRESCENTE DE AÇÃO REDUTORA

**Observação:**

Para uma mesma espécie química, os potenciais de oxidação e redução terão valores iguais, porém com sinal invertido.

**VOLTAGEM DA PILHA**

Como nas pilhas a reação é sempre espontânea, então a voltagem (ou diferença de potencial, ou força eletromotriz) pode ser calculada como:

$$\Delta E = E_{\text{maior}} - E_{\text{menor}}$$

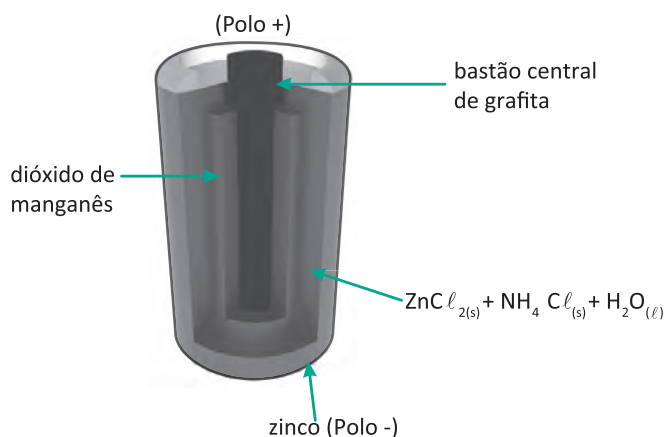
**FLUXO DE ELÉTRONS E PONTE SALINA**

No circuito externo, os elétrons fluem da semicela de zinco (onde ocorre a oxidação) para a semicela de cobre (onde ocorre a redução).

O papel da ponte salina é impedir o acúmulo de cargas nos eletrodos. Por ela fluem íons que se encontram em excesso. Pela ponte da pilha de Daniell, passam íons  $\text{Zn}^{+2}$  provenientes do ânodo e íons  $\text{SO}_4^{-2}$  que deixam o cátodo.

**OUTROS TIPOS DE PILHAS**
**A PILHA SECA DE LECLANCHÉ**

As pilhas comuns usadas em rádios, brinquedos e etc, são, em geral, pilhas de Leclanché. São assim representadas:

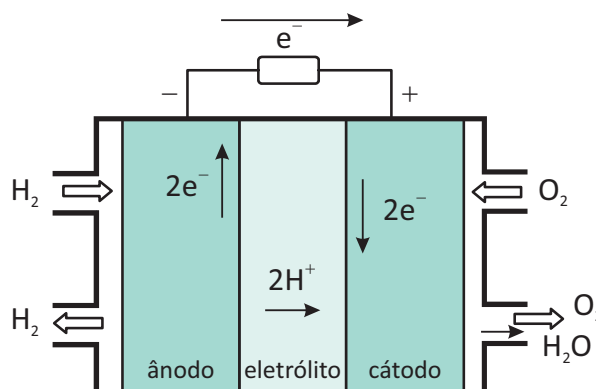


Na pilha seca, a parede de Zn funciona como ânodo:  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{+2} + 2\text{e}^-$  (Polo -).

O cátodo é o grafite central, ou seja, o que está em contato com uma pasta úmida contendo  $\text{MnO}_2$ , C,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . No cátodo (polo +) ocorrerá a redução do Mn pela recepção de elétrons.

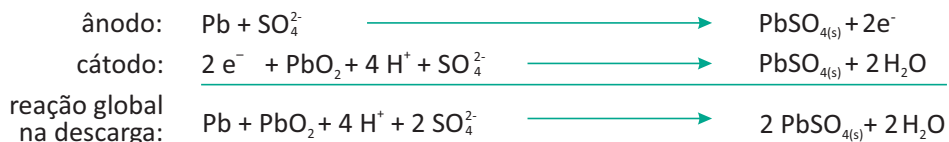
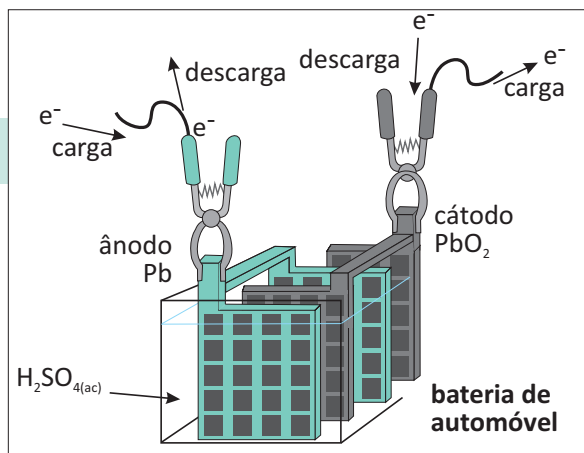
**A PILHA DE COMBUSTÍVEL**

Na célula de combustível, baseada na reação de  $\text{H}_2$  com  $\text{O}_2$ , temos um melhor aproveitamento da energia, isto é, menos energia perdida na forma de calor. Esse tipo de pilha vem sendo usado em espaçonaves, com a grande vantagem de não poluir o local, uma vez que não vibra, não faz combustão e não emite gases.



**AS BATERIAS OU ACUMULADORES**

As baterias (acumuladores) de 12 volts, usadas nos automóveis, consistem em seis “pilhas” de 12 volts ligadas em série. Observe o esquema:



Cada uma das pilhas constituída por placa de chumbo e placa de dióxido de chumbo, está mergulhada em ácido sulfúrico aquoso.

**METAL DE SACRIFÍCIO**

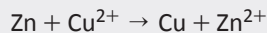
Para retardar a corrosão do ferro ou aço é costume ligar, a essas estruturas, blocos de outro metal de maior potencial de oxidação. Assim, esse metal irá oxidar no lugar do ferro, retardando sua corrosão. Dizemos que o metal de maior potencial de oxidação funcionou como **metal de sacrifício**. O principal metal utilizado como metal de sacrifício é o manganês.



O uso do metal de sacrifício protege o ferro (ou o aço) e é muito aplicado em tanques para combustíveis, navios, oleodutos e tubulações.

**R** EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01 | UNICAMP** Na pilha cobre/zinco, sendo o cobre o elemento mais nobre, ocorre a reação representada por:

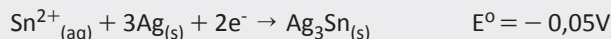
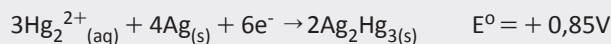


- A** Indique o oxidante e o redutor dessa reação.
- B** Escreva a equação da reação que ocorre na pilha prata/cobre, sabendo-se que a prata é o elemento mais nobre.

**Resolução:**

- A** oxidante:  $\text{Cu}^{2+}$ ; redutor:  $\text{Zn}$
- B**  $2\text{Ag}^+ + \text{Cu} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$

**02 | UFG** Os amálgamas utilizados em obturações de dentes são soluções sólidas de prata, estanho e mercúrio. Esses componentes podem reagir de acordo com as seguintes semi-equações:



Utilizando esses dados, responda à seguinte pergunta, feita por um leitor à Revista Superinteressante: “Por que, quando temos uma obturação no dente, sentimos um choque ao morder um papel-alumínio?”

Dado:  $E^\circ \text{Al}^{3+}/\text{Al} = -1,66\text{V}$

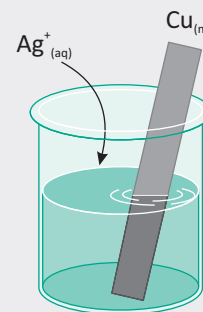
**Resolução:**

*Ao se morder o papel alumínio ocorrerá oxidação do mesmo e redução do amálgama de mercúrio, havendo uma condução de corrente elétrica, o que de certa forma*

*provoca a sensação de choque, pois trata-se de uma reação espontânea de oxirredução (pilha)*



**03 | UFRJ** Uma barra de cobre é mergulhada em uma solução que contém íons  $\text{Ag}^+$ . Observe, então, o aparecimento de uma leve cor azul na solução e de um depósito escuro na barra de cobre.



- A** Escreva a reação de oxirredução ocorrida.
- B** Determine a variação do número de oxidação de cada participante.

**Resolução:**

- A**  $\text{Cu}(\text{s}) + 2\text{Ag}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Ag}(\text{s})$
- B** Nox do cobre  $\rightarrow$  aumenta 2 unidades; Nox da prata  $\rightarrow$  diminui 1 unidade

**F** EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01 | UERJ** Os preços dos metais para reciclagem variam em função da resistência de cada um à corrosão: quanto menor a tendência do metal à oxidação, maior será o preço.

Na tabela, estão apresentadas duas características eletroquímicas e o preço médio de compra de dois metais no mercado de reciclagem.

Metal	Semirreação de redução	Potencial-padrão de redução (V)	Preço (R\$ / kg)
cobre	$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0(\text{s})$	+ 0,34	13,00
ferro	$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}^0(\text{s})$	- 0,44	0,25

Com o objetivo de construir uma pilha que consuma o metal de menor custo, um laboratório dispõe desses metais e de soluções aquosas de seus respectivos sulfatos, além dos demais materiais necessários.

Apresente a reação global da pilha eletroquímica formada e determine sua diferença de potencial, em volts, nas condições-padrão.

**02 | UEL** A pilha de Daniell é constituída basicamente de uma placa metálica de cobre mergulhada em uma solução de sulfato de cobre, constituindo o cátodo, e por uma placa metálica de zinco mergulhada em solução de sulfato de zinco, constituindo o ânodo. Ambos os metais são interligados por um circuito elétrico, e uma ponte salina faz a união das duas células, permitindo a migra-

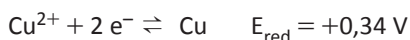
ção de íons entre elas. A reação global que ocorre nessa pilha é representada por  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} + \text{Zn}^{2+}$ , cuja diferença de potencial ( $\Delta E^\circ$ ) da pilha formada é de 1,10 V. Um estudante resolveu testar uma nova configuração de pilha, substituindo o cobre por uma placa metálica de alumínio mergulhada em uma solução de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  e o zinco por uma placa metálica de ferro mergulhada em uma solução de  $\text{FeSO}_4$ . As semirreações de redução envolvidas para a nova pilha construída são dadas a seguir.



Com base nessas informações,

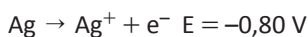
- A** escreva a equação química balanceada que representa esse processo e a diferença de potencial da nova pilha construída;
- B** indique o fluxo de elétrons, o agente oxidante e o agente redutor nessa nova pilha construída.
- 03| UFG** Em uma piscina tratada com sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), um usuário deixou uma lata de alumínio submersa. Considerando os potenciais padrão de redução dos metais citados,
- A** demonstre, por meio de equações eletroquímicas, o que ocorre na superfície do alumínio;
- B** calcule a ddp e escreva a reação global de uma célula eletroquímica formada por eletrodos de Al e Cu.

Dados:



- 04| UFG** São fornecidos a um técnico de laboratório os seguintes materiais: fio de estanho, fio de prata, cloreto de estanho (sólido), cloreto de prata (sólido) e água. Além disso, há disponibilidade de uma balança, béqueres e uma ponte salina de cloreto de potássio.

Dados:



Considerando-se os materiais fornecidos e os dados apresentados,

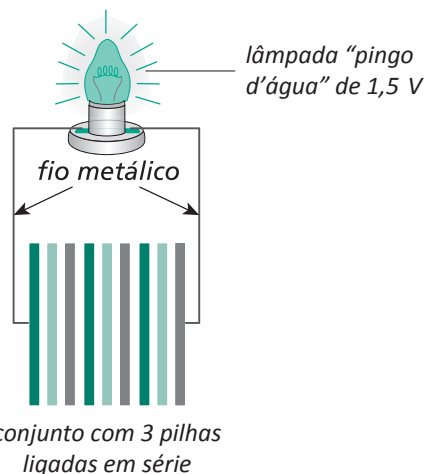
- A** desenhe uma célula galvânica padrão que contenha os materiais fornecidos ao técnico. Indique, no desenho, a direção do fluxo de elétrons;
- B** calcule as massas dos sais que serão utilizadas para preparar 100 mL das soluções eletrolíticas utilizadas na célula galvânica;
- C** escreva as equações químicas das semirreações, a

reação global balanceada e, em seguida, calcule o potencial padrão da célula galvânica construída com os materiais fornecidos.

- 05| UNESP** Em um laboratório didático, um aluno montou pilhas elétricas usando placas metálicas de zinco e cobre, separadas com pedaços de papel-toalha, como mostra a figura.



Utilizando três pilhas ligadas em série, o aluno montou o circuito elétrico esquematizado, a fim de produzir corrente elétrica a partir de reações químicas e acender uma lâmpada.



Com o conjunto e os contatos devidamente fixados, o aluno adicionou uma solução de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) aos pedaços de papel-toalha de modo a umedecê-los e, instantaneamente, houve o acendimento da lâmpada.

A tabela apresenta os valores de potencial-padrão para algumas semirreações.

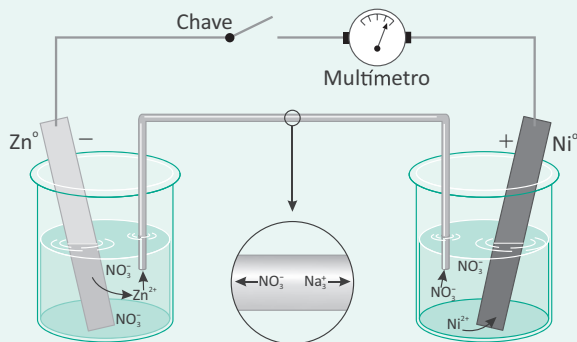
Equação de semirreação	$E^\circ$ (V) (1 mol . L <sup>-1</sup> , 100 kPa e 25 °C)
$2\text{H}^+_{(\text{aq})} + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_{2(\text{g})}$	0,00
$\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}_{(\text{s})}$	-0,76
$\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}_{(\text{s})}$	+0,34

Considerando os dados da tabela e que o experimento tenha sido realizado nas condições ambientes, escreva a equação global da reação responsável pelo acendimento da lâmpada e calcule a diferença de potencial (ddp) teórica da bateria montada pelo estudante.



**T ENEM E VESTIBULARES**

**01| UFTM** Observe a pilha galvânica.



Dados: potenciais – padrão de redução dos eletrodos a 25 °C

Semi-reação	E°(volts)
$Zn^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Zn(s)$	-0,76
$Ni^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightarrow Ni(s)$	-0,25

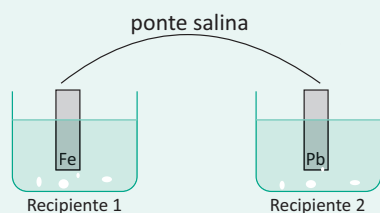
Levando-se em conta os potenciais-padrão de redução dos eletrodos a 25 °C, são feitas as seguintes afirmações:

- I. ao se fechar o circuito, haverá um fluxo de elétrons do eletrodo de níquel para o de zinco;
- II. o eletrodo de níquel será o cátodo nesta pilha;
- III. ao se fechar o circuito, o voltímetro deve acusar um valor aproximado de 0,5 volt;
- IV. os cátions da ponte salina migram para o recipiente contendo a solução de Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Das afirmações acima, está correto o contido em

- A** I, somente.
- B** II, somente.
- C** I e IV, somente.
- D** II e III, somente.
- E** I, III e IV, somente.

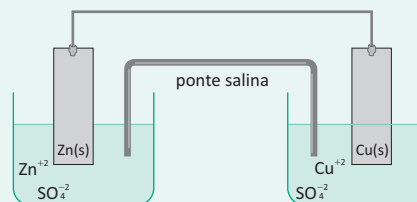
**02| UNIEVANGÉLICA** O ferro metálico reage espontaneamente com íons Pb<sup>2+</sup>, em solução aquosa. Observe a figura a seguir, que representa uma célula galvânica.



Na figura, os elétrons migram pela ponte salina da

- A** esquerda (recipiente 1) para a direita (recipiente 2), formando o íon Fe<sup>2+</sup> na solução do recipiente 1 e depondo os íons Pb<sup>2+</sup> na barra contida no recipiente 2.
- B** direita (recipiente 2) para a esquerda (recipiente 1), formando o íon Fe<sup>2+</sup> na solução do recipiente 1 e depondo os íons Pb<sup>2+</sup> na barra contida no recipiente 2.
- C** esquerda (recipiente 1) para a direita (recipiente 2), depondo o íon Fe<sup>2+</sup> na barra do recipiente 1 e depondo os íons Pb<sup>2+</sup> na barra contida no recipiente 2.
- D** direita (recipiente 2) para a esquerda (recipiente 1), formando o íon Fe<sup>2+</sup> na solução do recipiente 1 e formando os íons Pb<sup>2+</sup> na solução contida no recipiente 2.

**03| UNIEVANGÉLICA** Pode-se usar reações químicas de oxidação e redução para produzir corrente elétrica, como mostra o esquema abaixo.



Potenciais:

1.  $Zn^{2+} + 2e^{-} \rightarrow ZnO$   $E = -0,76 \text{ eV}$
2.  $Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow CuO$   $E = +0,34 \text{ eV}$

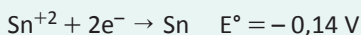
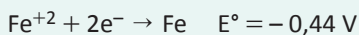
Analisando-se a pilha e os potenciais de redução, verifica-se que

- A** o fluxo de elétrons irá do polo anódico para o catódico com o zinco, sofrendo redução.
- B** o zinco da placa sofrerá oxidação, devido ao seu menor potencial de redução.
- C** o cobre (Cu<sup>2+</sup>) ganhará elétrons, portanto sofrerá oxidação.
- D** o cobre sofrerá oxidação, devido ao seu potencial para perder elétrons.

**04| UFPEL** Algumas latas que são empregadas na conservação de alimentos industrializados são formadas por uma liga de ferro carbono (folha de flandres) recoberta por uma camada de estanho, para sua proteção. Deve-se evitar a compra de latas amassadas, porque, com o impacto, a proteção de estanho pode romper-se, o que leva à formação de uma pilha, de forma que o alimento presente no seu interior pode alterar sua composição e suas características organolépticas.



Considerando os conhecimentos químicos e os dados a seguir, foram feitas três afirmativas:

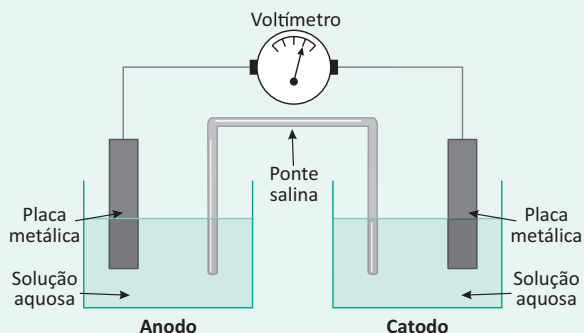


- I. O ferro da folha de flandres oxida-se mais facilmente que a camada de estanho.
- II. Ambientes salinos e úmidos são ideais para evitar a corrosão, impedindo a reação da pilha que é  $\text{Fe}^{+2} + \text{Sn} \rightarrow \text{Fe} + \text{Sn}^{+2}$  nas latas amassadas.
- III. Quando uma lata é amassada, o ferro torna-se o cátodo da reação e forma-se uma pilha cuja voltagem é de + 0,60 V.

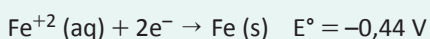
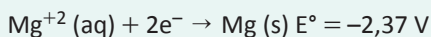
Dessas afirmativas, está(ão) correta(s)

- A apenas a I.
- B apenas a II.
- C apenas a III.
- D apenas a II e a III.
- E a I, a II e a III.

**05| UEMG** Pilhas são dispositivos que produzem corrente elétrica, explorando as diferentes capacidades das espécies de perderem ou de ganharem elétrons. A figura abaixo mostra a montagem de uma dessas pilhas:



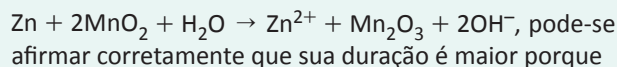
A seguir, estão representadas algumas semirreações e seus respectivos potenciais de redução, a 25 °C:



A pilha de maior diferença de potencial (ddp) pode ser constituída no anodo e no catodo, respectivamente, pelos eletrodos de

- A alumínio e magnésio.
- B magnésio e níquel.
- C alumínio e ferro.
- D ferro e níquel.

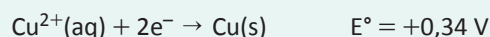
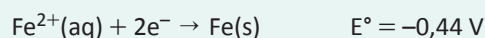
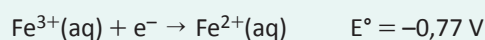
**06| UECE** Segundo o INMETRO, a pilha alcalina produz voltagem de 1,5 V, não é recarregável, mantém a voltagem constante por mais tempo e, embora custe mais caro, dura cerca de cinco vezes mais. Seu nome decorre do fato de ela substituir a pasta de cloreto de amônio e cloreto de zinco por hidróxido de potássio ou hidróxido de sódio. Considerando a reação que ocorre na pilha alcalina,



pode-se afirmar corretamente que sua duração é maior porque

- A o cátodo é feito de zinco metálico poroso.
- B o manganês presente na pilha sofre oxidação.
- C possui uma resistência interna muito menor que a pilha comum.
- D é um aperfeiçoamento da pilha de Daniell.

**07| PUC** Dados:



A formação da ferrugem é um processo natural e que ocasiona um grande prejuízo. Estima-se que cerca de 25% da produção anual de aço é utilizada para repor peças ou estruturas oxidadas.

Um estudante resolveu testar métodos para evitar a corrosão em um tipo de prego. Ele utilizou três pregos de ferro, um em cada tubo de ensaio. No tubo I, ele deixou o prego envolto por uma atmosfera contendo somente gás nitrogênio e fechou o tubo. No tubo II, ele enrolou um fio de cobre sobre o prego, cobrindo metade de sua superfície. No tubo III, ele cobriu todo o prego com uma tinta aderente.

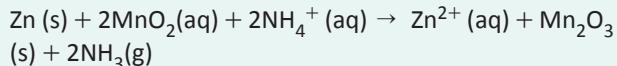
Após um mês o estudante verificou formação de ferrugem

- A em nenhum dos pregos.
- B apenas no prego I.
- C apenas no prego II.
- D apenas no prego III.
- E apenas nos pregos I e II.

**08| UNIFOR** A pilha seca ácida foi desenvolvida em 1866, pelo químico francês George Leclanché (1839-1882). Trata-se de uma pilha comum hoje em dia, pois é a mais barata sendo usada em lanternas, rádios, equipamentos portáteis e aparelhos elétricos como gravadores, flashes e brinquedos. Essa pilha na verdade não é seca, pois dentro dela há uma pasta aquosa, úmida.

(Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/quimica/pilha-seca-leclanche.htm>)

A reação global de funcionamento da pilha seca ácida é apresentada abaixo:



Sobre a referida reação é possível afirmar que

- A** No anodo, ocorre a oxidação do zinco metálico que fica no envoltório da pilha segundo a reação:  $\text{Zn (s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ . Os 2 elétrons do Zn metálico oxidado são transferidos para o dióxido de manganês que assim é convertido a trióxido de manganês.
- B** O dióxido de manganês sofre oxidação sendo convertido a trióxido de manganês e portanto age como agente redutor no processo.
- C** Zinco metálico sofre oxidação no catodo e geram a corrente de 1,5 V típica destas pilhas.
- D** Dióxido de manganês sofrem redução no anodo e geram a corrente de 1,5 V típica destas pilhas.
- E** No catodo, ocorre a oxidação do zinco metálico que fica no envoltório da pilha segundo a reação:  $\text{Zn (s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$ . Os 2 elétrons do Zn metálico reduzido são transferidos para o dióxido de manganês que assim é convertido a trióxido de manganês.

**09| FGV** Baterias de lítio são o principal componente dos mais recentes carros elétricos ou híbridos com motor a gasolina, que já estão em testes em São Paulo.

(Revista Pesquisa Fapesp, n.o 199, pág. 72. Adaptado)

Sobre o funcionamento da bateria de lítio na geração de energia elétrica, é correto afirmar que no anodo ocorre a reação de

- A** redução; o polo positivo é o catodo e a sua ddp é positiva.
- B** redução; o polo negativo é o catodo e a sua ddp é negativa.
- C** oxidação; o polo negativo é o catodo e a sua ddp é positiva.
- D** oxidação; o polo positivo é o catodo e a sua ddp é negativa.
- E** oxidação; o polo positivo é o catodo e a sua ddp é positiva.

**10| UNIMONTES** O estudo dos valores de potenciais é essencial para o controle de operações industriais e escolha de materiais que evitem problemas de corrosão de ferro. A corrosão pode ser minimizada ou evitada por associação do ferro com outros metais. São dados os seguintes potenciais das semirreações:

Semirreação	E°
$\text{Fe}^{++}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe (s)}$	- 0,44 V
$1/2 \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- + \text{H}_2\text{O (l)} \rightarrow 2\text{OH}^-(\text{aq})$	+ 0,41 V
$\text{Mg}^{++}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe (s)}$	- 2,37 V
$\text{Cu}^{++}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu (s)}$	+ 0,36 V

Em relação à oxidação do ferro, é INCORRETO o que se afirma em

- A** A utilização de magnésio pode impedir a corrosão do ferro.
- B** O oxigênio, entre as espécies apresentadas, é o oxidante mais efetivo.
- C** Em meio aquoso, a associação do ferro com o oxigênio constitui uma pilha.
- D** A associação com materiais de cobre retarda a corrosão do ferro.

**11| UERN** As latas de conserva de alimento são feitas de aço. Para não enferrujar em contato com o ar e não estragar os alimentos, o aço nelas contido é revestido por uma fina camada de estanho. Não se deve comprar latas amassadas, pois com o impacto, a proteção de estanho pode romper-se, o que leva à formação de uma pilha, de modo que a conserva acaba sendo contaminada. De acordo com esse fenômeno, é correto afirmar que

- A** o ferro serve como metal de sacrifício.
- B** o polo positivo da pilha formada é o estanho.
- C** ao amassar a lata, o estanho passa a perder elétrons.
- D** quando a lata é amassada, o ferro torna-se o cátodo da reação.

**12| UECE** Para minimizar os efeitos da corrosão nas chapas de ferro do casco de um navio, são fixadas plaquetas de um metal – metal de sacrifício ou eletrodo de sacrifício – que é oxidado em seu lugar. Na comparação com as características do ferro, o metal de sacrifício mais indicado é aquele que apresenta

- A** menor eletronegatividade.
- B** menor poder de redução.
- C** maior condutibilidade elétrica.
- D** maior tenacidade.

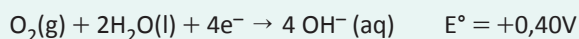
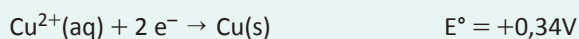
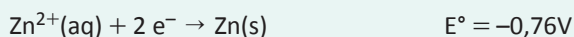
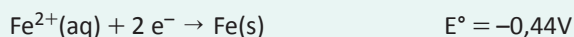
**13| UFTM** Em um laboratório, foi feito um experimento com dois pregos, placa de Petri, fio de cobre, fita de zinco, gelatina incolor em pó e soluções de fenolftaleína e ferricianeto de potássio ( $K_3[Fe(CN)_6]$ ).

O íon  $Fe^{2+}$ , ao reagir com ferricianeto de potássio, forma um composto azul. A fenolftaleína é um indicador ácido-base.

Na placa de Petri foram colocadas e misturadas a gelatina, preparada com pequena quantidade de água, e gotas das soluções de fenolftaleína e ferricianeto de potássio. Dois pregos foram limpos e polidos; num deles foi enrolado um fio de cobre e no outro uma fita de zinco, sendo colocados em seguida na placa de Petri. Adicionou-se um pouco mais de gelatina, para cobrir completamente os pregos. No dia seguinte, foi registrada uma foto do experimento, representada na figura.



Considere:



No experimento realizado, pode-se afirmar corretamente que as espécies químicas oxidadas nos pregos à esquerda e à direita da figura são, respectivamente,

- A** Cu e Fe.
- B** Cu e Zn.
- C** Fe e Fe.
- D** Fe e  $O_2$ .
- E** Fe e Zn.

**14| ENEM** A revelação das chapas de raios X gera uma solução que contém íons prata na forma de  $Ag(S_2O_3)_2^{3-}$ . Para evitar a descarga desse metal no ambiente, a recuperação de prata metálica pode ser feita tratando eletroquimicamente essa solução com uma espécie adequada. O quadro apresenta semirreações de redução de alguns íons metálicos.

Semirreação de redução	$E^{\circ}$ (V)
$Ag(S_2O_3)_2^{3-}(aq) + e^{-} \rightleftharpoons Ag(s) + 2S_2O_3^{2-}(aq)$	+ 0,02
$Cu^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightleftharpoons Cu(s)$	+ 0,34
$Pt^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightleftharpoons Pt(s)$	+ 1,20
$Al^{3+}(aq) + 3e^{-} \rightleftharpoons Al(s)$	- 1,66
$Sn^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightleftharpoons Sn(s)$	- 0,14
$Zn^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn(s)$	- 0,76

BENDASSOLLI, J. A. et al. "Procedimentos para a recuperação de Ag de resíduos líquidos e sólidos". Química Nova, v. 26, n. 4, 2003 (adaptado).

Das espécies apresentadas, a adequada para essa recuperação é

- A** Cu (s)
- B** Pt (s)
- C**  $Al^{3+}$  (aq)
- D** Sn (s)
- E**  $Zn^{2+}$  (aq)

**15| ENEM** Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e, no entanto podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água...

SACKS, O. Tio Tungstênio: memórias de uma infância química. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água. O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na

- A** obtenção de ouro a partir de pepitas.
- B** obtenção de calcário a partir de rochas.
- C** obtenção de alumínio a partir da bauxita.
- D** obtenção de ferro a partir de seus óxidos.
- E** obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

**16| ENEM** O boato de que os lacres das latas de alumínio teriam um alto valor comercial levou muitas pessoas a juntarem esse material na expectativa de ganhar dinheiro com sua venda. As empresas fabricantes de alumínio esclarecem que isso não passa de uma "lenda urbana", pois ao retirar o anel da lata, dificulta-se a reciclagem do

alumínio. Como a liga do qual é feito o anel contém alto teor de magnésio, se ele não estiver junto com a lata, fica mais fácil ocorrer a oxidação do alumínio no forno. A tabela apresenta as semirreações e os valores de potencial padrão de redução de alguns metais:

Semirreação	Potencial Padrão de Redução (V)
$\text{Li}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}$	-3,05
$\text{K}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{K}$	-2,93
$\text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,36
$\text{Al}^{3+} + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34

Disponível em: [www.sucatas.com](http://www.sucatas.com). Acesso em: 28 fev. 2012 (adaptado).

Com base no texto e na tabela, que metais poderiam entrar na composição do anel das latas com a mesma função do magnésio, ou seja, proteger o alumínio da oxidação nos fornos e não deixar diminuir o rendimento da sua reciclagem?

- A Somente o lítio, pois ele possui o menor potencial de redução.
- B Somente o cobre, pois ele possui o maior potencial de redução.
- C Somente o potássio, pois ele possui potencial de redução mais próximo do magnésio.
- D Somente o cobre e o zinco, pois eles sofrem oxidação mais facilmente que o alumínio.
- E Somente o lítio e o potássio, pois seus potenciais de redução são menores do que o do alumínio.

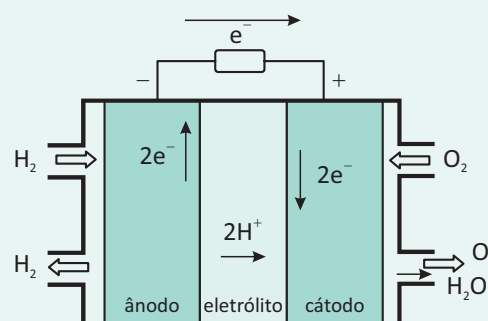
**17| ENEM** A eletrólise é muito empregada na indústria com o objetivo de reaproveitar parte dos metais sucateados. O cobre, por exemplo, é um dos metais com maior rendimento no processo de eletrólise, com uma recuperação de aproximadamente 99,9%. Por ser um metal de alto valor comercial e de múltiplas aplicações, sua recuperação torna-se viável economicamente.

Suponha que, em um processo de recuperação de cobre puro, tenha-se eletrolisado uma solução de sulfato de cobre (II) ( $\text{CuSO}_4$ ) durante 3 h, empregando-se uma corrente elétrica de intensidade igual a 10A. A massa de cobre puro recuperada é de aproximadamente

Dados: Constante de Faraday  $F = 96\,500 \text{ C/mol}$ ; Massa molar em g/mol:  $\text{Cu} = 63,5$ .

- A 0,02g.
- B 0,04g.
- C 2,40g.
- D 35,5g.
- E 71,0g.

**18| ENEM** O crescimento da produção de energia elétrica ao longo do tempo tem influenciado decisivamente o progresso da humanidade, mas também tem criado uma séria preocupação: o prejuízo ao meio ambiente. Nos próximos anos, uma nova tecnologia de geração de energia elétrica deverá ganhar espaço: as células a combustível hidrogênio/oxigênio.



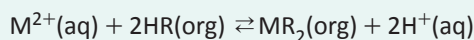
VILLULLAS, H. M.; TICIANELLI, E. A.; GONZÁLEZ, E. R. *Química Nova Na Escola*. Nº 15, maio 2002.

Com base no texto e na figura, a produção de energia elétrica por meio da célula a combustível hidrogênio/oxigênio diferencia-se dos processos convencionais porque

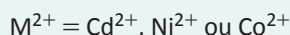
- A transforma energia química em energia elétrica, sem causar danos ao meio ambiente, porque o principal subproduto formado é a água.
- B converte a energia química contida nas moléculas dos componentes em energia térmica, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.
- C transforma energia química em energia elétrica, porém emite gases poluentes da mesma forma que a produção de energia a partir dos combustíveis fósseis.
- D converte energia elétrica proveniente dos combustíveis fósseis em energia química, retendo os gases poluentes produzidos no processo sem alterar a qualidade do meio ambiente.
- E converte a energia potencial acumulada nas moléculas de água contidas no sistema em energia química, sem que ocorra a produção de gases poluentes nocivos ao meio ambiente.

**19| ENEM** As baterias de Ni-Cd muito utilizadas no nosso cotidiano não devem ser descartadas em lixos comuns uma vez que uma considerável quantidade de cádmio é volatilizada e emitida para o meio ambiente quando as baterias gastas são incineradas como componente do lixo. Com o objetivo de evitar a emissão de cádmio para a atmosfera durante a combustão é indicado que seja feita a reciclagem dos materiais dessas baterias.

Uma maneira de separar o cádmio dos demais compostos presentes na bateria é realizar o processo de lixiviação ácida. Nela, tanto os metais (Cd, Ni e eventualmente Co) como os hidróxidos de íons metálicos  $\text{Cd}(\text{OH})_2(\text{s})$ ,  $\text{Ni}(\text{OH})_2(\text{s})$ ,  $\text{Co}(\text{OH})_2(\text{s})$  presentes na bateria, reagem com uma mistura ácida e são solubilizados. Em função da baixa seletividade (todos os íons metálicos são solubilizados), após a digestão ácida, é realizada uma etapa de extração dos metais com solventes orgânicos de acordo com a reação:



Onde:



$\text{HR} = \text{C}_{16}\text{H}_{34} - \text{PO}_2\text{H}$ : identificado no gráfico por X

$\text{HR} = \text{C}_{12}\text{H}_{12} - \text{PO}_2\text{H}$ : identificado no gráfico por Y

O gráfico mostra resultado da extração utilizando os solventes orgânicos X e Y em diferentes pH.

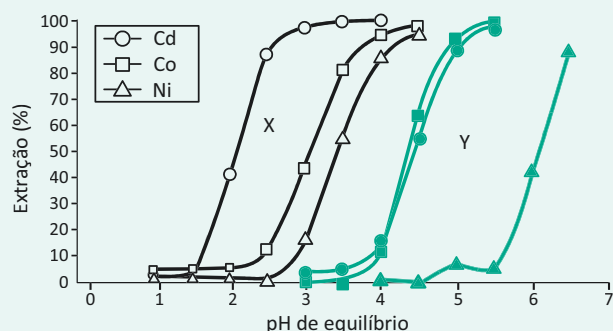


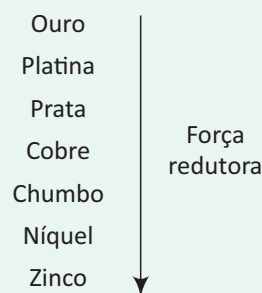
Figura 1: Extração de níquel, cádmio e cobalto em função do pH da solução utilizando solventes orgânicos X e Y

Disponível em: <http://www.sciolo.br>. Acesso em 28 abr. 2010

A reação descrita no texto mostra o processo de extração dos metais por meio da reação com moléculas orgânicas, X e Y. Considerando-se as estruturas de X e Y e o processo de separação descrito, pode-se afirmar que

- A** as moléculas X e Y atuam como extratores catiônicos uma vez que a parte polar da molécula troca o íon  $\text{H}^+$  pelo cátion do metal.
- B** as moléculas X e Y atuam como extratores aniônicos uma vez que a parte polar da molécula troca o íon  $\text{H}^+$  pelo cátion do metal.
- C** as moléculas X e Y atuam como extratores catiônicos uma vez que a parte apolar da molécula troca o íon  $\text{PO}_2^{2-}$  pelo cátion do metal.
- D** as moléculas X e Y atuam como extratores aniônicos uma vez que a parte polar da molécula troca o íon  $\text{PO}_2^{2-}$  pelo cátion do metal.
- E** as moléculas X e Y fazem ligações com os íons metálicos resultando em compostos com caráter apolar o que justifica a eficácia da extração.

**20| ENEM** Para que apresente condutividade elétrica adequada a muitas aplicações, o cobre bruto obtido por métodos térmicos é purificado eletroliticamente. Nesse processo, o cobre bruto impuro constitui o ânodo da célula, que está imerso em uma solução de  $\text{CuSO}_4$ . À medida que o cobre impuro é oxidado no ânodo, íons  $\text{Cu}^{2+}$  da solução são depositados na forma pura no cátodo. Quanto às impurezas metálicas, algumas são oxidadas, passando à solução, enquanto outras simplesmente se desprendem do ânodo e se sedimentam abaixo dele. As impurezas sedimentadas são posteriormente processadas, e sua comercialização gera receita que ajuda a cobrir os custos do processo. A série eletroquímica a seguir lista o cobre e alguns metais presentes como impurezas no cobre bruto de acordo com suas forças redutoras relativas.



Entre as impurezas metálicas que constam na série apresentada, as que se sedimentam abaixo do ânodo de cobre são

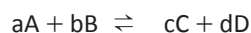
- A** Au, Pt, Ag, Zn, Ni e Pb.
- B** Au, Pt e Ag.
- C** Zn, Ni e Pb.
- D** Au e Zn.
- E** Ag e Pb.

## EQUILÍBRIO QUÍMICO

É a situação em que a proporção entre os reagentes e produtos de uma reação química se mantém constante no decorrer do tempo. No equilíbrio, a velocidade da reação direta é igual à velocidade de reação inversa (reação reversível).

### Observação:

Reação reversível é toda reação que pode ocorrer nos dois sentidos: direto e inverso. A representação é feita por duas flechas em sentidos contrários.



**Reação direta:**  $A + B \rightarrow C + D$

**Reação inversa:**  $C + D \rightarrow A + B$

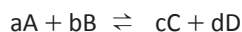
## CARACTERÍSTICA DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

### Principais características:

- No equilíbrio, a velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa ( $V_1 = V_2$ );
- O equilíbrio é dinâmico, ou seja, mesmo após atingi-lo, a reação direta e inversa continuarão ocorrendo (não estático);
- Visualmente um sistema em equilíbrio é constante;
- Todo sistema tende espontaneamente ao equilíbrio e, assim permanece, a menos que uma força externa atue sobre o mesmo;
- As propriedades do sistema (pressão, temperatura, volume, cor etc.) não mais se alteram, uma vez estabelecido o equilíbrio.

**Constante de Equilíbrio (K):** Indica a relação quantitativa dos reagentes e produtos presentes no equilíbrio.

### Dada a reação genérica:



$V_d = k_1[A]^a [B]^b$  (reação direta)

$V_i = k_2[C]^c [D]^d$  (reação inversa)

### Quando o sistema atinge o equilíbrio:

$$V_d = V_i$$

### Assim:

$$k_1 [A]^a [B]^b = k_2 [C]^c [D]^d$$

Logo:  $k_1/k_2 = K_c$ , então:

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

A constante  $K_c$  recebe o nome de constante de equilíbrio em termos de concentrações.

Pode-se expressar a constante de equilíbrio, em termos de pressões parciais para sistemas gasosos. Se A, B, C e D fossem gases, teríamos:

$$aA_{(g)} + bB_{(g)} \rightleftharpoons cC_{(g)} + dD_{(g)} \quad K_c = \frac{[P_c]^c \cdot [P_d]^d}{[P_a]^a \cdot [P_b]^b}$$

### Observação:

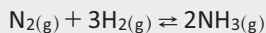
Relação entre  $K_c$  e  $K_p$ :  $K_p = K_c(RT)^{\Delta n}$

Onde  $P_a$ ,  $P_b$ ,  $P_c$  e  $P_d$  são as pressões parciais de A, B, C e D, respectivamente.



## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01| UFG** O processo Haber da síntese da amônia pode ser representado pela equação a seguir:



- A** Escreva a equação da constante de equilíbrio e forneça sua unidade.
- B** Compare e explique os rendimentos da reação a 25°C e a 450°C, dadas as constantes de equilíbrio nessas temperaturas:

Temperatura (°C)	Constante de Equilíbrio
25	$7,6 \times 10^2$
450	$6,5 \times 10^{-3}$

**Resolução:**

**A** 
$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]_2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]_3}$$

- B** O rendimento da reação a 25°C é maior que à temperatura de 450°C pois, aumentando a temperatura, a constante de equilíbrio diminuiu seu valor, evidenciando um menor rendimento da reação.

**02| ITA** Em um balão fechado e sob temperatura de 27°C,  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  está em equilíbrio com  $\text{NO}_2(\text{g})$ . A pressão total exercida pelos gases dentro do balão é igual a 1,0 atm e, nestas condições,  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  encontra-se 20% dissociado.

- A** Determine o valor da constante de equilíbrio para a reação de dissociação do  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ . Mostre os cálculos realizados.
- B** Para a temperatura de 27°C e pressão total dos gases dentro do balão igual a 0,10 atm, determine o grau de dissociação do  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ . Mostre os cálculos realizados.

**Resolução:**

$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2\text{NO}_2(\text{g})$
início	p	0
reage / forma	0,2p	0,4p
equilíbrio	0,8p	0,4p

Como a pressão total no equilíbrio é igual a 1,0 atm, temos  $0,8p + 0,4p = 1$

$$p = \frac{1}{1,2} \text{ atm}$$

Logo:

$$p_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{0,8}{1,2} \text{ atm} = \frac{2}{3} \text{ atm}$$

$$p_{\text{NO}_2} = \frac{0,4}{1,2} \text{ atm} = \frac{1}{3} \text{ atm}$$

$$k_p = \frac{(p_{\text{NO}_2})^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{1}{6} \text{ atm}$$

- B** Admitindo a nova pressão total no equilíbrio igual a 0,10 atm, temos Equilíbrio:

$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$2\text{NO}_2(\text{g})$
início	p	0
reage / forma	$\alpha p$	$2\alpha p$
equilíbrio	$p - \alpha p$	$2\alpha p$

$$p_{\text{N}_2\text{O}_4} + p_{\text{NO}_2} = 0,10 \text{ atm}$$

$$p - \alpha p + 2\alpha p = 0,10$$

$$p = \frac{0,10}{1 + \alpha}$$

como

$$k_p = \frac{(p_{\text{NO}_2})^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{(2\alpha p)^2}{p - \alpha p} \Rightarrow 24\alpha^2 p = 1 - \alpha$$

$$24\alpha^2 \frac{0,10}{1 + \alpha} = 1 - \alpha \Rightarrow 2,4\alpha^2 = 1 - \alpha^2$$

$$\alpha = 54\%$$

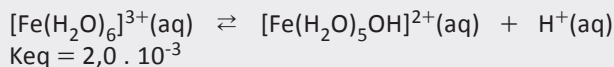
**03| UFBA**

pH estimado: 7,0      6,9      5,5      3,5



BROWN, T. L. et al. Química, a ciência central. Tradução Robson Matos; consultores técnicos André F. de Oliveira e Astré F. de Souza Silva. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 9. ed., 2005. p. 601.

Erlenmeyers de A a D, contendo soluções aquosas 1,0 mol . L<sup>-1</sup> dos sais  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  e  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ , não correspondentes à ordem decrescente de valores de pH estimado.



A maioria dos cátions de metais comporta-se como ácido em solução aquosa, a exemplo de  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  e  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$

nas respectivas soluções de nitrato de ferro(III) e de nitrato de cobre(II),  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$  e  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$ .

A interação dipolo permanente-íon entre esses cátions e as moléculas de água dá início ao processo de hidratação que permite aos sais dissolverem-se nesse líquido.

Quando uma molécula de água interage com um cátion, a densidade eletrônica do oxigênio diminui de intensidade e a ligação O—H se torna mais polarizada, o que permite a ionização mais fácil do hidrogênio. Dessa forma, as moléculas de água que estão ligadas ao cátion do metal se tornam mais ácidas do que as demais moléculas do solvente.

A interação com a água é muito mais forte com cátions de raio iônico menor e de maior carga, a exemplo do cátion  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ , representado por  $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}(\text{aq})$ , na equação química, que age como uma fonte de prótons. O sistema em equilíbrio químico evidencia que o cátion  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  é um ácido. Geralmente, o valor numérico da constante de equilíbrio, nessas condições, é consequência da carga e do tamanho do raio iônico do cátion.

De acordo com as informações do texto, com as da figura e com o sistema em equilíbrio químico representado pela equação química,

- identifique o cátion existente em cada uma das soluções de sais contidas nos erlenmeyers de A a D, representados na figura, relacionando-o ao valor numérico de pH;

- identifique, entre os sistemas formados por soluções aquosas de iguais concentrações de íons hidratados,  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  e  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ , o que possui constante de equilíbrio de maior valor numérico. Justifique sua resposta.

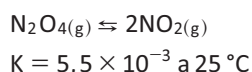
#### Resolução:

De acordo com as fórmulas dos sais e a posição dos elementos químicos que deram origem aos cátions, na Tabela Periódica, pode-se estabelecer a relação, em ordem decrescente de raio iônico:  $\text{K}^+(\text{aq}) > \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) > \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) > \text{Al}^{3+}(\text{aq})$ . Considerando que a acidez do cátion hidratado está relacionada à intensidade de carga e ao tamanho do raio iônico, e que o cátion de menor raio iônico e de maior carga libera mais facilmente  $\text{H}^+(\text{aq})$ , conclui-se que em cada erlenmeyer, de A à D, existe, respectivamente,  $\text{K}^+(\text{aq})$ ,  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ ,  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$  e  $\text{Al}^{3+}(\text{aq})$ , relacionados ao valor numérico, respectivo, de pH: 7,0, 6,9, 5,5 e 3,5.

Considerando-se que os íons  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$  apresentam maior facilidade para liberar  $\text{H}^+(\text{aq})$  em razão de possuírem maior carga elétrica e menor raio iônico, comparados aos dos íons  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ , conclui-se que o valor numérico da constante de equilíbrio,  $K_{\text{eq}}$ , do sistema formado pela solução de  $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ , nessas condições, é maior que o valor da constante de equilíbrio do sistema formado pela solução de  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ .

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

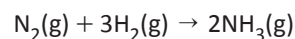
**01 | UFOP** O tetróxido de dinitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) é um gás incolor, que existe em equilíbrio com dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ), de coloração marrom. A concentração de  $\text{NO}_2$  em uma mistura de gases pode ser determinada com a utilização de um aparelho conhecido como espectrofotômetro. A equação da reação é a seguinte:



- A** Escreva a expressão para a constante de equilíbrio dessa reação, em termos das concentrações das substâncias.
- B** Uma amostra de  $\text{NO}_2$  puro é colocada em uma seringa de gás a  $25^\circ\text{C}$  e deixada para atingir o equilíbrio. Mantendo-se o volume constante, a temperatura é elevada para  $35^\circ\text{C}$  e a coloração marrom fica mais intensa. A reação  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$  é exotérmica ou endotérmica? Explique.

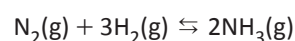
- C** Mantendo-se a temperatura a  $35^\circ\text{C}$ , o êmbolo da seringa é pressionado até metade do volume e, após um certo tempo, o equilíbrio é restabelecido. Com a redução do volume à metade, a coloração marrom ficará mais intensa ou menos intensa? Justifique.

**02 | PUC** No laboratório, uma quantidade de amônia foi produzida a partir da reação do gás hidrogênio com o gás nitrogênio a uma temperatura específica e constante num reator com 1,0 L de volume.



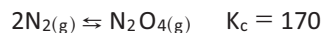
A mistura de 1 mol de  $\text{N}_2$  e 3 mol de  $\text{H}_2$  gerou 30% de rendimento percentual na formação do produto.

- A** Calcule a massa de amônia produzida.
- B** Calcule o valor da constante de equilíbrio ( $K_c$ ) da reação indicada abaixo.





**03| UNIMONTES** A 298 K, a constante de equilíbrio,  $K_c$ , para a formação do tetraóxido de dinitrogênio,  $N_2O_4$ , é 170, conforme a equação:



Supondo que a concentração de  $NO_2$  seja 0,05 mol/L e a de  $N_2O_4$  seja 0,025 mol/L, responda:

- A** O sistema se encontra em equilíbrio? Justifique.
- B** Se o sistema não se encontra em equilíbrio, em que direção a reação deverá avançar para atingi-lo?

**04| FUVEST** Cloreto de nitrosila puro (NOCl) foi aquecido a 240 °C em um recipiente fechado. No equilíbrio, a pressão total foi de 1,000 atm e a pressão parcial do NOCl foi de 0,640 atm.

A equação abaixo representa o equilíbrio do sistema:



- A** Calcule as pressões parciais do NO e do  $Cl_2$  no equilíbrio.
- B** Calcule a constante do equilíbrio.

**05| UFF** O metano, presente no gás natural, pode reagir de forma reversível com o vapor d'água, produzindo monóxido de carbono e hidrogênio:  $CH_4(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons CO(g) + 3 H_2(g)$ . Esta mistura de gases pode ser utilizada para sintetizar vários produtos químicos industriais, dependendo apenas de fatores como pressão, temperatura e catalisadores. Calcule a concentração do vapor d'água no equilíbrio, considerando que, a 1500°C, a constante de equilíbrio da reação é  $K_c = 5,67$  e que a mistura, em equilíbrio, dos gases apresenta as seguintes concentrações:

$$[CO] = 0,30 M; [H_2] = 0,80 M; [CH_4] = 0,40 M$$

**06| UEM** Em um recipiente fechado de volume igual a 1 litro, 34 g de  $H_2S_{(g)}$  sofrem decomposição à temperatura constante, de acordo com a reação abaixo.



Depois de estabelecido o equilíbrio químico, verifica-se a presença de 3,4 g de  $H_2S_{(g)}$ . Considerando essas afirmações, responda o que se pede a seguir:

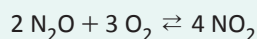
- A** calcule o grau de equilíbrio;
- B** calcule o valor da constante de equilíbrio.

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UNIFICADO** O óxido nitroso ( $N_2O$ ) é um dos três principais gases causadores do efeito estufa, além de já ser apontado como o principal gás destruidor da camada de ozônio neste século. Este gás é produzido naturalmente através dos processos de nitrificação e desnitrificação em ambientes aquáticos e terrestres. Taxas de emissões de  $N_2O$  têm sido amplamente estudadas em ecossistemas terrestres, porém, comparativamente, estas têm sido negligenciadas em ecossistemas aquáticos continentais, apesar do recente reconhecimento da importância destes ambientes nos ciclos globais de carbono e nitrogênio.

Disponível em: <[https://www.google.com.br/?gws\\_rd=ssl#q=Viviane+Figueiredo+Souza%C2%B9+%26+Alex+Enrich-Prast%C2%B9+>](https://www.google.com.br/?gws_rd=ssl#q=Viviane+Figueiredo+Souza%C2%B9+%26+Alex+Enrich-Prast%C2%B9+>). Acesso em: 4 dez. 2014.

Em um frasco de 4,0 L, foram colocados, a determinada temperatura, 0,08 mol de  $N_2O$  e 0,22 mol de  $O_2$  gasosos para reagir. Após se estabelecer o equilíbrio químico, foi formado 0,088 mol de gás  $NO_2$ , de acordo com a relação abaixo.



Considerando essas condições, o valor da constante de equilíbrio  $K_c$  será, aproximadamente,

- A** 10
- B** 20

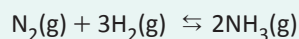
- C** 30
- D** 40
- E** 50

**02| UECE** O tetróxido de dinitrogênio gasoso, utilizado como propelente de foguetes, dissocia-se em dióxido de nitrogênio, um gás irritante para os pulmões, que diminui a resistência às infecções respiratórias.

Considerando que no equilíbrio a 60 °C, a pressão parcial do tetróxido de dinitrogênio é 1,4 atm e a pressão parcial do dióxido de nitrogênio é 1,8 atm, a constante de equilíbrio  $K_p$  será, em termos aproximados,

- A** 1,09 atm.
- B** 1,67 atm.
- C** 2,09 atm.
- D** 2,31 atm.

**03| UFT** A constante de equilíbrio  $K_p$  para a reação descrita a seguir é  $4,31 \times 10^{-4}$  a 375°C.

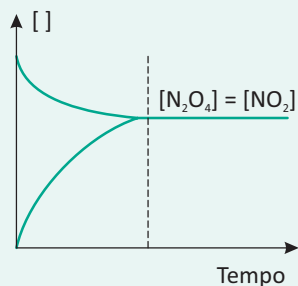
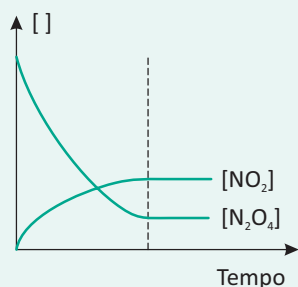
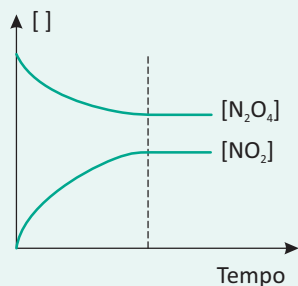


Um estudante inicia um experimento com 0,862 atm de  $N_2$  e 0,373 atm de  $H_2$ , em um recipiente a volume constante e a 375°C. Nesse experimento, as pressões parciais

de  $N_2$  ( $PN_2$ ) e de  $H_2$  ( $PH_2$ ), quando o sistema atingir o equilíbrio, serão respectivamente:

- A  $PN_2 = 1,85 \text{ atm}$ ,  $PH_2 = 1,25 \text{ atm}$ .
- B  $PN_2 = 1,15 \text{ atm}$ ,  $PH_2 = 0,65 \text{ atm}$ .
- C  $PN_2 = 0,45 \text{ atm}$ ,  $PH_2 = 0,152 \text{ atm}$ .
- D  $PN_2 = 0,52 \text{ atm}$ ,  $PH_2 = 0,280 \text{ atm}$ .
- E  $PN_2 = 0,860 \text{ atm}$ ,  $PH_2 = 0,366 \text{ atm}$ .

#### 04| UNCISAL



Milagres, V. S. O.; Justi, R. S. Química Nova na Escola, 13, 2001 (adaptado).

O dióxido de nitrogênio é um dos gases responsáveis pela chuva ácida. A figura mostra o equilíbrio químico entre duas espécies químicas no estado gasoso, no caso, o dióxido de nitrogênio e o tetróxido de nitrogênio à temperatura constante. No eixo da abscissa temos as concentrações e no eixo da ordenada o tempo. O tetróxido de nitrogênio é um dímero do dióxido de nitrogênio, assim, podemos dizer que essa conversão envolve a dimerização do dióxido de nitrogênio.

De acordo com a figura e as informações do texto, infere-se que:

- A Observando a figura, no tempo  $t = 0$ , a velocidade da reação direta é menor do que na reação inversa.

- B O somatório dos coeficientes da reação balanceada para conversão de dióxido de nitrogênio em tetróxido é igual a 4.
- C A relação entre  $K_p$  e  $K_c$  é escrita como  $K_p = K_c \cdot RT$ , onde  $R$  é a constante dos gases ideais e  $T$  temperatura absoluta.
- D De acordo com os gráficos apresentados na figura, à medida que a concentração de tetróxido aumenta, maior quantidade de dióxido é formado.
- E O equilíbrio químico é alcançado após todo o dióxido de nitrogênio ser convertido no dímero tetróxido de nitrogênio.

05| UFG As pérolas contêm, majoritariamente, entre diversas outras substâncias, carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ). Para obtenção de uma pérola artificial composta exclusivamente de  $CaCO_3$ , um analista, inicialmente, misturou 22 g de  $CO_2$  e 40 g de  $CaO$ . Nesse sentido, conclui-se que o reagente limitante e a massa em excesso presente nessa reação são, respectivamente,

- A  $CO_2$  e 22 g
- B  $CaO$  e 10 g
- C  $CO_2$  e 12 g
- D  $CaO$  e 20 g
- E  $CO_2$  e 8 g

06| UFG Um reator com capacidade de 10 L foi preenchido com 30 mols de  $PCl_5(s)$  e aquecido a  $60^\circ C$ . Após o período de cinco horas, verificou-se a decomposição de 80% do sólido em  $PCl_3(s)$  e  $Cl_2(g)$ , atingindo as condições de equilíbrio químico. Nessas condições, o valor da constante de equilíbrio é, aproximadamente, igual a:

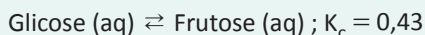
- A 9,6 mol/L
- B 5,8 mol/L
- C 4,0 mol/L
- D 2,4 mol/L
- E 0,6 mol/L

07| ACADE Dois litros de ácido etanóico (1,0 mol/L) foram misturados com dois litros de etanol (1,0 mol/L). Estabelecido o equilíbrio, 60% do álcool foi esterificado.

O nome do éster formado e o valor de  $K_c$  desse equilíbrio são:

- A metanoato de metila e 1,88.
- B etanoato de etila e 0,44.
- C etanoato de etila e 2,25.
- D etanoato de etila e 0,53.

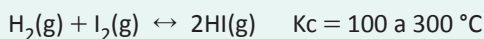
**08| UNICASTELO** Em solução aquosa, sob determinadas condições, ocorre o seguinte equilíbrio químico de isomerização entre glicose e frutose:



Sendo assim, caso a concentração de glicose nesse equilíbrio seja de 0,7 mol/L, a concentração de frutose, em mol/L, será

- A 0,6.
- B 0,7.
- C 0,3.
- D 0,8.
- E 0,5.

**09| ACAFE** Considere o equilíbrio químico abaixo:



Foram inseridos em um recipiente vazio de 1L, 2 mol de  $\text{I}_2(\text{g})$ , 2 mol de  $\text{H}_2(\text{g})$  e 2 mol de  $\text{HI}(\text{g})$  sob temperatura constante de  $300^\circ\text{C}$ .

Quando o equilíbrio for atingido, a concentração das espécies químicas será:

- A  $[\text{H}_2] = 1/2 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{I}_2] = 1/2 \text{ mol/L}$  e  $[\text{HI}] = 5 \text{ mol/L}$ .
- B  $[\text{H}_2] = 3/2 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{I}_2] = 3/2 \text{ mol/L}$  e  $[\text{HI}] = 3 \text{ mol/L}$ .
- C  $[\text{H}_2] = 3/2 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{I}_2] = 3/2 \text{ mol/L}$  e  $[\text{HI}] = 7/2 \text{ mol/L}$ .
- D  $[\text{H}_2] = 1/2 \text{ mol/L}$ ,  $[\text{I}_2] = 1/2 \text{ mol/L}$  e  $[\text{HI}] = 1 \text{ mol/L}$ .

**10| MACK** Sob condições adequadas de temperatura e pressão, ocorre a formação do gás amônia. Assim, em um recipiente de capacidade igual a 10 L, foram colocados 5 mol de gás hidrogênio junto com 2 mol de gás nitrogênio. Ao ser atingido o equilíbrio químico, verificou-se que a concentração do gás amônia produzido era de 0,3 mol/L. Dessa forma, o valor da constante de equilíbrio ( $K_c$ ) é igual a

- A  $1,80 \cdot 10^{-4}$
- B  $3,00 \cdot 10^{-2}$
- C  $6,00 \cdot 10^{-1}$
- D  $3,60 \cdot 10^1$
- E  $1,44 \cdot 10^4$

## FATORES QUE ALTERAM O EQUILÍBRIO

### PRINCIPIO DE LE CHATELIER

"Quando se aplica uma força externa a um sistema em equilíbrio, a própria reação criará um mecanismo para que o equilíbrio novamente seja restabelecido".

**1º Concentração:** O aumento da concentração deslocará o equilíbrio no sentido do consumo, a diminuição deslocará no sentido de repor.

↑[R], desloca para o produto.

↑[P], desloca para o reagente.

↓[R], desloca para o reagente.

↓[P], desloca para o produto.

**2º Pressão:** O aumento da pressão deslocará o equilíbrio no sentido de menor volume, a diminuição da pressão vai deslocar o equilíbrio para o maior volume.

↑P desloca para ↓V

↓P desloca para ↑V

### Observação:

O volume será indicado através do coeficiente estequiométrico.

**3º Temperatura:** O aumento na temperatura desloca o equilíbrio no sentido endotérmico, a diminuição da temperatura desloca o equilíbrio no sentido exotérmico.

**Considerações:**

1ª: O  $\Delta H$  da reação indicará o fluxo de calor no sentido da reação direta.

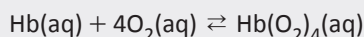
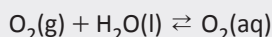


2ª: A temperatura é o único fator que altera o valor do  $K_c$ .

**Catalisadores:** os catalisadores não deslocam o equilíbrio, pois eles atuam tanto na reação direta quanto na reação inversa. Eles diminuem o tempo necessário para que a reação alcance o equilíbrio.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01| FUVEST** O transporte adequado de oxigênio para os tecidos de nosso corpo é essencial para seu bom funcionamento. Esse transporte é feito através de uma substância chamada oxi-hemoglobina, formada pela combinação de hemoglobina (Hb) e oxigênio dissolvidos no nosso sangue. Abaixo estão representados, de maneira simplificada, os equilíbrios envolvidos nesse processo:



100 mL de sangue contêm por volta de 15 g de hemoglobina e 80 g de água. Essa massa de hemoglobina (15 g) reage com cerca de 22,5 mL de oxigênio, medidos nas condições ambiente de pressão e temperatura.

Considerando o exposto acima, justifique, com base no princípio de Le Châtelier, aplicado aos equilíbrios citados, o fato de o oxigênio ser muito mais solúvel no sangue do que na água.

**Resolução:**

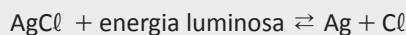
*Na água pura, temos apenas o equilíbrio de dissolução do gás oxigênio.*



*No sangue, além do equilíbrio de dissolução do gás oxigênio, temos o consumo de  $O_2(aq)$  para formar a oxi-hemoglobina. O equilíbrio de dissolução será deslocado “para a direita”, a fim de aumentar a concentração de  $O_2(aq)$ . A solubilidade do  $O_2$  em água aumenta.*

**02| UFU** Atletas utilizam lentes fotocromáticas em maratonas e competições. A escolha se dá em função de essas lentes possuírem cristais de cloreto de prata ( $AgCl$ ) incorporados diretamente ao vidro. Quando a radiação ultravioleta atinge os cristais de cloreto de prata, eles

escurecem. Isso ocorre quando os íons prata ( $Ag^+$ ) são reduzidos a prata metálica ( $Ag$ ) pelos íons cloreto ( $Cl^-$ ), que se transformam em átomos de cloro elementar ( $Cl$ ):

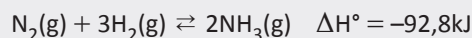


Incolor escuro

Explique o que ocorre com a lente quando os maratonistas estiverem correndo em locais com alta incidência solar.

**Resolução:**

*Quando o maratonista estiver correndo em local de alta incidência solar o equilíbrio se deslocará no sentido de formação da prata metálica e a lente escurecerá.*

**03| UFBA**


Atualmente, são produzidas, no mundo, bilhões de toneladas, por ano, de compostos nitrogenados, incluindo-se fertilizantes, explosivos, fibras têxteis e medicamentos. Dentre esses, os fertilizantes são os mais importantes, pois, sem eles, a produção agrícola mundial cairia e agravaria mais o problema da fome. A produção de amônia,  $NH_3(g)$ , a partir da síntese de Fritz Haber, em 1909, — representada resumidamente pelo sistema em equilíbrio químico — substituiu o nitrato de sódio, fonte natural de compostos nitrogenados, utilizado até o início do século XX. Os estudos de Fritz Haber e de Carl Bosch, com base no equilíbrio químico, levaram à identificação das condições de temperatura e de pressão, favoráveis ao melhor rendimento na produção de amônia e, também, da velocidade de reação aliada à utilização de catalisadores, como fatores importantes do ponto de vista econômico e industrial.

A partir dessas informações e com base no sistema em equilíbrio químico, representado pela equação termoquímica de síntese da amônia,

- determine a entalpia padrão de formação da amônia,  $\Delta H_f^\circ$ .
- analise a influência do aumento de temperatura e de pressão no rendimento de amônia e indique de que forma o uso de catalisador pode interferir nesse processo.

**Resolução:**

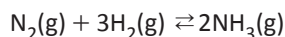
- Como a definição de entalpia padrão de formação de uma substância é a variação de entalpia na formação de 1,0 mol da substância a partir das substâncias simples correspondentes, estando todos no estado padrão, o valor de  $\Delta H_f^\circ$  da amônia é

$$\frac{\Delta H^\circ}{2} = \frac{-92,8 \text{ kJ}}{2} = -46,4 \text{ kJ.}$$

- Como a reação de síntese da amônia é exotérmica, o aumento de temperatura do sistema em equilíbrio é desfavorável ao rendimento dessa substância. O aumento da pressão sobre o sistema, entretanto, favorece ao rendimento de  $\text{NH}_3(\text{g})$  porque a redução do volume do sistema implica diminuição na concentração dos reagentes. O rendimento de amônia não se modifica com o uso de catalisador porque as velocidades das reações direta e inversa aumentam igualmente, não há portanto, alteração nas concentrações de reagentes e de produtos. Entretanto produz-se a mesma quantidade de amônia em menor tempo, o que justifica o interesse do ponto de vista econômico e industrial pelos catalisadores.

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01| UEG** Em um recipiente fechado, o nitrogênio e o hidrogênio podem reagir entre si levando à formação de amônia. A equação química do processo está descrita a seguir.

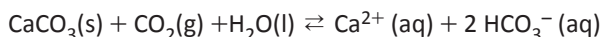


De posse dessas informações e os seus conhecimentos adicionais sobre química, responda aos itens a seguir.

- A** Quando o volume do recipiente for reduzido à metade, o equilíbrio químico será deslocado em qual sentido? Explique.
- B** Se 2 mols de nitrogênio estiverem em um recipiente de 4L e for completamente convertido no produto em uma temperatura de 47 °C, qual será a pressão de amônia exercida no sistema?

Dado:  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

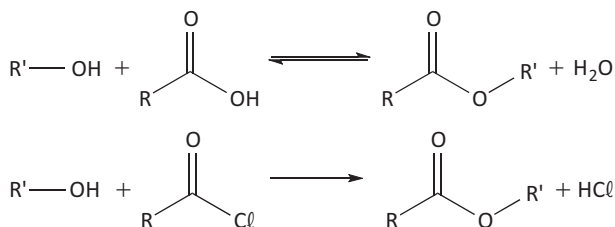
**02| FUVEST** Recifes de coral são rochas de origem orgânica, formadas principalmente pelo acúmulo de exoesqueletos de carbonato de cálcio secretados por alguns cnidários que vivem em colônias. Em simbiose com os pólipos dos corais, vivem algas zooxantelas. Encontrados somente em mares de águas quentes, cujas temperaturas, ao longo do ano, não são menores que 20 °C, os recifes de coral são ricos reservatórios de biodiversidade. Como modelo simplificado para descrever a existência dos recifes de coral nos mares, pode-se empregar o seguinte equilíbrio químico:



- A** Descreva o mecanismo que explica o crescimento mais rápido dos recifes de coral em mares cujas águas são transparentes.

- B** Tomando como base o parâmetro solubilidade do  $\text{CO}_2$  em água, justifique por que ocorre a formação de recifes de coral em mares de água quente.

**03| UFG** Ésteres podem ser obtidos de diferentes formas, dentre elas a reação entre um ácido e um álcool com catalise ácida. Outra opção de obtenção de ésteres é a reação entre um álcool e um cloreto de acila. Ambas reações estão representadas nas equações químicas a seguir:

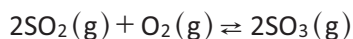


- A** Considerando que as reações iniciam-se com 1 mol de cada reagente, em qual delas haverá maior produção de éster após o fim da reação? Justifique.
  - B** Escreva a fórmula estrutural plana do álcool e do ácido necessário para a obtenção do etanoato de 3-metil-butila.
- 04| UFC** Considere uma solução aquosa de ácido acético, de concentração qualquer. Com a temperatura constante, se em determinado volume desta solução for adicionado acetato de sódio, irá ocorrer um deslocamento do equilíbrio químico. Com base nessas informações, responda o que se pede a seguir.

- A** Em que sentido este equilíbrio químico será deslocado?
- B** Justifique sua resposta ao item A em termos de constante de equilíbrio ( $K_a$ ).

**05| UFRN** O ácido sulfúrico é usado como matéria-prima em inúmeros processos industriais. Um dos processos de produção é constituído basicamente por 4 etapas: (1) obtenção do  $\text{SO}_2$  a partir do enxofre; (2) oxidação catalítica do  $\text{SO}_2$  a  $\text{SO}_3$ ; (3) absorção do  $\text{SO}_3$  em  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , formando ácido sulfúrico fumegante ou óleo e (4) tratamento com água do ácido fumegante para conversão em ácido sulfúrico.

A equação abaixo descreve a etapa (2) do processo:



Durante a reação, o produto é continuamente removido do meio reacional.

Considerando a etapa 2, responda aos subitens que seguem:

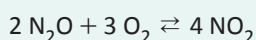
- A** Explique a função do catalisador no processo.
- B** Estando o sistema em equilíbrio, explique o que acontecerá com a quantidade de  $\text{SO}_3$  formado se houver aumento da pressão no sistema.

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UNIFICADO** O óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) é um dos três principais gases causadores do efeito estufa, além de já ser apontado como o principal gás destruidor da camada de ozônio neste século. Este gás é produzido naturalmente através dos processos de nitrificação e desnitrificação em ambientes aquáticos e terrestres. Taxas de emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  têm sido amplamente estudadas em ecossistemas terrestres, porém, comparativamente, estas têm sido negligenciadas em ecossistemas aquáticos continentais, apesar do recente reconhecimento da importância destes ambientes nos ciclos globais de carbono e nitrogênio.

Disponível em: <[https://www.google.com.br/?gws\\_rd=ssl#q=Viviane+Figueiredo+Souza%C2%B9+%26+Alex+Enrich-Prast%C2%B9+>](https://www.google.com.br/?gws_rd=ssl#q=Viviane+Figueiredo+Souza%C2%B9+%26+Alex+Enrich-Prast%C2%B9+>). Acesso em: 4 dez. 2014.

Em um frasco de 4,0 L, foram colocados, a determinada temperatura, 0,08 mol de  $\text{N}_2\text{O}$  e 0,22 mol de  $\text{O}_2$  gasosos para reagir. Após se estabelecer o equilíbrio químico, foi formado 0,088 mol de gás  $\text{NO}_2$ , de acordo com a relação abaixo.

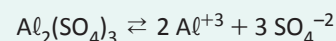


Considerando essas condições, o valor da constante de equilíbrio  $K_c$  será, aproximadamente,

- A** 10
- B** 20
- C** 30
- D** 40
- E** 50

**02| UNIFICADO** No tratamento da água e efluentes, a limpeza de uma piscina, por meio do ajuste do pH da água, é realizada através da adição do sulfato de alumínio por apresentar baixa toxicidade. Sua adição faz com que as partículas mais densas que a água, por ação da gravida-

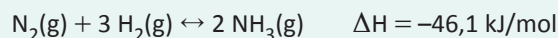
de, sofram decantação. O sulfato de alumínio, por ser muito solúvel em água, possui constante do produto de solubilidade ( $K_{ps}$ ) igual a  $1 \times 10^{-30}$ , a  $25^\circ\text{C}$ .



Levando em conta a sua reação de dissociação apresentada acima, ao adicionarmos sulfato de sódio a uma solução saturada de sulfato de alumínio, o equilíbrio da reação

- A** é deslocado para esquerda, diminuindo, assim, a solubilidade do sal, resultando na sua precipitação.
- B** é deslocado para esquerda e seu  $K_{ps}$  aumenta.
- C** é deslocado para direita e seu  $K_{ps}$  diminui.
- D** é deslocado para direita, porém haverá precipitação do sal.
- E** não se desloca por se tratar de mesmo ânion.

**03| UNIEVANGÉLICA** A síntese da amônia ( $\text{NH}_3$ ) foi desenvolvida pelo químico alemão Fritz Haber (1868-1934), utilizando um sistema fechado, pela seguinte reação química:



No princípio de deslocamento de equilíbrio, de acordo com as Leis de Le Chatelier, o aumento na produção de gás amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) é otimizado

- A** pela retirada de gás amoníaco do sistema.
- B** pela diminuição da pressão do sistema.
- C** pelo aumento da temperatura do sistema.
- D** pela diminuição da concentração de gás nitrogênio do sistema.



**04| UERN** Considerando o seguinte equilíbrio químico:  $\text{Mg(OH)}_2(\text{s}) \leftrightarrow \text{Mg}^{+2}(\text{aq}) + 2 \text{OH}^-(\text{aq}) \Delta H = -40 \text{ kJ/mol}$ , marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

- ( ) Trata-se de um equilíbrio heterogêneo.
- ( ) Se aumentar a concentração de hidróxido de magnésio, o equilíbrio será deslocado para direita.
- ( ) Aumentando a pressão do sistema, o equilíbrio será deslocado para a esquerda.
- ( ) Aumentando a concentração de íons magnésio, a reação será deslocada para a direita.
- ( ) Diminuindo a temperatura do sistema, a reação será deslocada para a direita.

A sequência está correta em

- A** F, V, F, V, F.
- B** V, F, F, V, V.
- C** V, V, V, F, F.
- D** V, F, V, F, V.

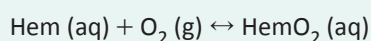
**05| UECE** Ao que tudo indica, as lentes fotossensíveis foram inventadas nos laboratórios da empresa Corning Glass Works Inc. em 1996. Elas têm a propriedade de escurecer na presença do sol e retornar às condições primitivas em ambiente coberto. Atente para os seguintes fenômenos:

- I. deslocamento do equilíbrio;
- II. reação de oxidorredução;
- III. efeito fotoelétrico;
- IV. efeito termoiônico;
- V. ação de indicador.

Correspondem a fenômenos que ocorrem nas lentes fotossensíveis somente os itens

- A** II e IV.
- B** I e II.
- C** IV e V.
- D** III e V.

**06| UCS** O oxigênio presente no ar atmosférico, ao chegar aos pulmões, entra em contato com a hemoglobina (Hem) do sangue, dando origem à oxiemoglobina ( $\text{HemO}_2$ ), que é responsável pelo transporte de  $\text{O}_2$  até as células de todo o organismo. O equilíbrio químico que descreve esse processo pode ser representado simplificada pela equação química abaixo.



À medida que uma pessoa se desloca para locais de \_\_\_\_\_ altitude, a quantidade e a pressão parcial de  $\text{O}_2$  no ar vai \_\_\_\_\_ e esse equilíbrio vai se deslocando para a \_\_\_\_\_. Em função disso, a pessoa sente fadiga e tontura, e pode até morrer em casos extremos. O corpo tenta reagir produzindo mais hemoglobina; esse processo, porém, é lento e somente se conclui depois de várias semanas de “ambientação” da pessoa com a altitude. É interessante notar que os povos nativos de lugares muito altos, como o Himalaia, desenvolveram, através de muitas gerações, taxas de hemoglobina mais elevadas que a dos habitantes à beira-mar. Esse fenômeno proporciona uma boa vantagem, por exemplo, aos jogadores de futebol da Bolívia, em relação aos seus adversários estrangeiros, quando disputam uma partida na cidade de La Paz, a mais de 3.600 m de altitude.

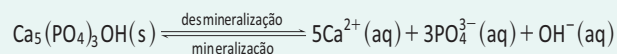
Assinale a alternativa que preenche correta e respectivamente, as lacunas acima.

- A** maior – aumentando – esquerda
- B** maior – diminuindo – esquerda
- C** menor – diminuindo – esquerda
- D** menor – diminuindo – direita
- E** maior – aumentando – direita

**07| ENEM** Os refrigerantes têm-se tornado cada vez mais o alvo de políticas públicas de saúde. Os de cola apresentam ácido fosfórico, substância prejudicial à fixação de cálcio, o mineral que é o principal componente da matriz dos dentes. A cárie é um processo dinâmico de desequilíbrio do processo de desmineralização dentária, perda de minerais em razão da acidez. Sabe-se que o principal componente do esmalte do dente é um sal denominado hidroxiapatita. O refrigerante, pela presença da sacarose, faz decrescer o pH do biofilme (placa bacteriana), provocando a desmineralização do esmalte dentário. Os mecanismos de defesa salivar levam de 20 a 30 minutos para normalizar o nível do pH, remineralizando o dente. A equação química seguinte representa esse processo:

GROISMAN, S. Impacto do refrigerante nos dentes é avaliado sem tirá-lo da dieta.

Disponível em: <http://www.isaude.net>. Acesso em: 1 maio 2010 (adaptado).



Considerando que uma pessoa consuma refrigerantes diariamente, poderá ocorrer um processo de desmineralização dentária, devido ao aumento da concentração de

- A**  $\text{OH}^-$ , que reage com os íons  $\text{Ca}^{2+}$ , deslocando o equilíbrio para a direita.
- B**  $\text{H}^+$ , que reage com as hidroxilas  $\text{OH}^-$ , deslocando o equilíbrio para a direita.



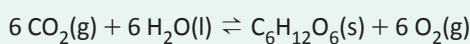
- C  $\text{OH}^-$ , que reage com os íons  $\text{Ca}^{2+}$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.
- D  $\text{H}^+$ , que reage com as hidroxilas  $\text{OH}^-$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.
- E  $\text{Ca}^{2+}$ , que reage com as hidroxilas  $\text{OH}^-$ , deslocando o equilíbrio para a esquerda.

**08| UFAL** A amônia é um dos compostos de maior importância do mercado, muito usado em refrigeração, na agricultura como fertilizante na forma de uréia, em produtos de limpeza e em solução aquosa se comporta como uma base. É um gás tóxico quando inalado. Recentemente, houve um vazamento de amônia em um frigorífico de peixes em Santa Clara D'Oeste, no estado de São Paulo, causando intoxicação em vários funcionários por inalação de amônia. A fabricação da amônia representa uma boa ilustração para os princípios do equilíbrio químico.

Dada a equação  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ , qual das alterações seguintes fará variar a constante de equilíbrio?

- A Adição de catalisador.
- B Aumento da concentração de  $\text{NH}_3(\text{g})$ .
- C Aumento de temperatura.
- D Aumento da pressão.
- E Aumento da concentração de  $\text{N}_2(\text{g})$ .

**09| UDESC** Fotossíntese é o processo físico-químico pelo qual plantas, algas e algumas espécies de bactérias convertem energia luminosa em energia química, pela absorção de dióxido de carbono e água do ambiente ao seu redor transformando-os em compostos orgânicos (carboidratos) e, paralelamente, gerando gás oxigênio. O processo da fotossíntese pode ser quimicamente descrito pela reação química em equilíbrio:



$$\Delta H^0 = 2801,69 \text{ kJ/mol}$$

Com base nestes dados, assinale a alternativa correta.

- A Caso um catalisador atue neste processo químico haverá um aumento na produção de  $\text{O}_2$  e carboidrato, uma vez que a velocidade da reação aumentará.
- B O aumento da pressão no sistema acima acarretará uma maior produção de gás oxigênio e de carboidrato.
- C Se, por alguma razão, a concentração de  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  for reduzida, o equilíbrio químico será deslocado no sentido de formação dos reagentes, segundo o princípio de Le Chatelier.
- D Baseado na reação acima, o processo da fotossíntese pode contribuir para o desequilíbrio climático, fruto do aquecimento global, pois o dióxido de carbono é um dos gases responsáveis pelo chamado efeito estufa.
- E O aumento da temperatura deslocará o equilíbrio químico, em questão, no sentido de formação dos produtos, pois a reação é endotérmica.

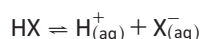
**10| UECE** O fluoreto de hidrogênio é amplamente utilizado na produção de gases de refrigerantes, criolita, agrotóxicos, detergentes, teflon e, ainda, na purificação de minérios, na alquilação da gasolina e no enriquecimento do urânio. O desafio da indústria química é otimizar sua produção a partir de uma reação de tetrafluoreto de silício e vapor d'água, que produz, além do fluoreto de hidrogênio gasoso, o dióxido de silício. Para atingir esse fim, a indústria está interessada em

- A aumentar a pressão sobre o sistema.
- B introduzir um catalisador.
- C diminuir a concentração de dióxido de silício.
- D diminuir o volume de hexafluoreto de silício.

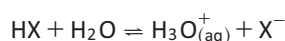
## EQUILÍBRIO IÔNICO

São equilíbrios que ocorrem em compostos iônicos ou covalentes na ionização ou dissociação destes.

### Para ácidos:



$$K_i = K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{X}^-]}{[\text{HX}]}$$



$$K_i = K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{X}^-]}{[\text{HX}]}$$

### Para bases:



$$K_d = K_b = \frac{[\text{M}^+][\text{OH}^-]}{[\text{MOH}]}$$

**K<sub>i</sub>**: Constante de ionização e **K<sub>d</sub>**: Constante de dissociação

**K<sub>a</sub>**: Constante de ionização ácida

**K<sub>b</sub>**: Constante de ionização básica

**Observação:**

De acordo com Bronsted-Lowry, a força de um ácido ou de uma base poderá ser medida através dos valores do  $K_i$ :

$\uparrow K_a \rightarrow \uparrow [H^+] \quad \uparrow$  Força do ácido

$\uparrow K_b \rightarrow \uparrow [OH^-] \quad \uparrow$  Força da base

**pKa e pKb**

- $pK_a = -\log K_a$  (Quanto maior o  $K_a$ , menor o  $pK_a$ , maior a força do ácido)
- $pK_b = -\log K_b$  (Quanto maior o  $K_b$ , menor o  $pK_b$ , maior a força da base)

**Exemplo:**

**HCl:**  $K_a = 1.10^7$

**HCN:**  $K_a = 0,2.10^{-6}$

- $K_{a_{HCl}} > K_{a_{HCN}}$

Logo:  $\uparrow$  Força =  $\uparrow K_a \rightarrow \downarrow pK_a$

**GRAU DE DISSOCIAÇÃO / IONIZAÇÃO ( $\alpha$ )**

$$\alpha = \frac{N_{\text{dissocia}}}{N_{\text{inicial}}}$$

**Observação:**

De modo geral podemos considerar a força de um ácido ou uma base da seguinte maneira:

- $\alpha \geq 50\% =$  Forte
- $\alpha \leq 5\% =$  Fraco

**Lei da diluição de Ostwald:**

“Quanto mais diluído estiver uma solução, maior será o seu grau de dissociação”.

**Expressão:**

$$K_i = \frac{M \cdot \alpha^2}{1 - \alpha}$$

**Observação:**

Quando o ácido ou base apresenta  $\alpha < 5\%$  (fraco): o denominador da equação passa a ser praticamente 1, portanto, teremos:

$$K_i = m \cdot \alpha^2$$

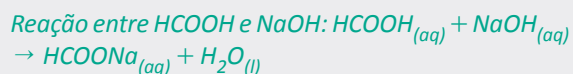
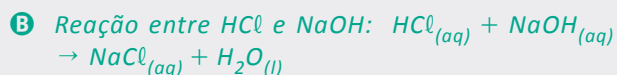
**R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS**

**01 | UFMG** Considere duas soluções aquosas diluídas, uma de ácido clorídrico (HCl) e a outra de ácido fórmico (HCOOH), de mesma concentração.

- A** COMPARE qualitativamente os valores das constantes de dissociação do ácido clorídrico e do ácido fórmico.
- B** ESCREVA as equações químicas balanceadas correspondentes às reações que ocorrem entre HCl e NaOH e entre HCOOH e NaOH.

**Resolução:**

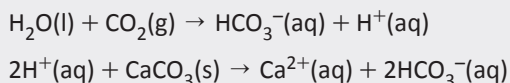
- A** *A constante de dissociação do ácido fórmico é menor do que a do ácido clorídrico. O ácido fórmico é fraco, logo apresenta menor constante.*



**02 | UFG** A reportagem “Morte na praia”, publicada no jornal Folha de S. Paulo (20/12/2009), afirma que “conforme aumenta a concentração de  $CO_2$  na água do mar, ela se torna mais ácida. Diminui, em consequência, a disponibilidade de carbonato de cálcio para moluscos e crustáceos construírem suas casas portáteis.” Tendo em vista estas informações, escreva as equações químicas das

reações que ocorrem e justifique a redução na disponibilidade do carbonato.

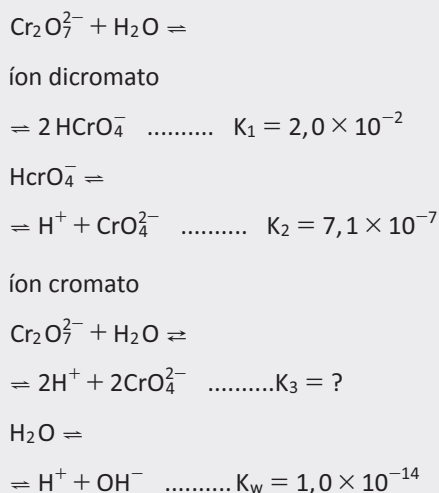
**Resolução:**



Com o aumento da acidez, os íons hidrogênio reagem com o carbonato de cálcio formando bicarbonato de cálcio, que é muito solúvel em água, e desse modo diminui a disponibilidade de carbonato de cálcio para os moluscos e crustáceos.

**03 | FUVEST** Considere uma solução aquosa diluída de dicromato de potássio, a 25 °C. Dentre os equilíbrios que estão presentes nessa solução, destacam-se:

Constantes de equilíbrio (25°C)



- A** Calcule o valor da constante de equilíbrio  $K_3$ .
- B** Essa solução de dicromato foi neutralizada. Para a solução neutra, qual é o valor numérico da relação  $[\text{CrO}_4^{2-}]^2 / [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$ ? Mostre como obteve esse valor.
- C** A transformação de íons dicromato em íons cromato, em meio aquoso, é uma reação de oxirredução? Justifique.

**Resolução:**

- A**  $K_3 = K_1 \cdot K_2^2 \cong 10^{-14}$
- B** Para a solução neutra,  $[\text{H}^+] = 10^{-7}$ :

$$K_3 \cong \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2 \{ \text{H}^+ \}^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10^{-14} \cong (10^{-7})^2 \cdot \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{[\text{CrO}_4^{2-}]^2}{[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]} \cong 1$$

O valor numérico da relação é 1.

- C** Não, pois nenhum elemento químico envolvido sofre variação no número de oxidação:

$H = +1, O = -2, Cr = +6$ .

**F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO**

**01 | UNESP** O ácido benzoico e seus derivados são largamente utilizados na conservação de alimentos. Destinam-se a inibir o crescimento de fungos e leveduras, sendo também eficientes contra uma grande gama de bactérias. Considere uma formulação comercial de ácido benzoico ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}$ ) em água, de concentração molar 0,01M, 7% ionizada.

Escreva a equação de ionização do ácido benzoico em água e a expressão da constante de equilíbrio ( $K_a$ ) desse ácido. Qual a concentração de  $\text{H}^+$  no equilíbrio?

**02 | UERJ** Após o consumo de elevada quantidade de bebida alcoólica, uma pessoa bebeu vários copos de água com o objetivo de diminuir a acidez estomacal provocada pelo etanol.

Observe os valores das constantes de ionização do etanol e da água nas condições em que foram ingeridos:

Substância	Constante de ionização (k)
etanol	$10^{-16}$
água	$10^{-14}$

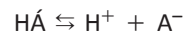
Tendo em vista o caráter ácido-base do etanol e da água, indique se a opção de beber vários copos de água para amenizar a acidez estomacal foi adequada, justificando sua resposta. Em seguida, escreva a equação química que representa o equilíbrio ácido-base entre o etanol e a água.

**03| UERJ** Na tabela a seguir estão caracterizados três dos ácidos carboxílicos presentes em nosso dia-a-dia.

Nome oficial	Nome vulgar	Forma de ocorrência	Fórmula estrutural	Ponto de ebulição (°C)
ácido butanóico	ácido butírico	odor de manteiga rançosa	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_2 - \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$	164
ácido octanóico	ácido caprílico	odor de cabras	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$	238
ácido hexanodióico	ácido adípico	composição de um nylon	$\text{HO} - \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix} - (\text{CH}_2)_4 - \text{C} \begin{matrix} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{matrix}$	265

- A** Calcule a constante de ionização do ácido butanóico, que possui grau de ionização igual a 1,20 %, em 1,00 L de solução aquosa cuja concentração é igual a 0,10 mol x L<sup>-1</sup>.
- B** Justifique a diferença entre o ponto de ebulição do ácido octanóico e o dos demais ácidos da tabela.

**04| UFGD** Em uma solução aquosa diluída e avermelhada do indicador HA, há o equilíbrio:



sendo que a espécie HA é de cor vermelha e a espécie A<sup>-</sup> é de cor azul.

- A** O que se observa, se a esta solução for adicionada hidróxido de sódio em excesso?
- B** Escrever as equações químicas correspondentes às reações que ocorreram pela adição do hidróxido.

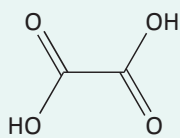
**05| UERJ** A etilamina e a dimetilamina são substâncias orgânicas isômeras, de fórmula molecular C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>N, que apresentam caráter básico acentuado. Quando dissolvidas na água, em condições reacionais idênticas, elas se ionizam e possuem constantes de basicidade representadas, respectivamente, por K<sub>1</sub> e K<sub>2</sub>

- A** Indique a ordem decrescente das constantes K<sub>1</sub> e K<sub>2</sub> e escreva a equação química que representa a ionização da etilamina em meio aquoso.
- B** Foram dissolvidos 2,25 g de etilamina em quantidade de água suficiente para o preparo de 500 mL de uma solução aquosa.

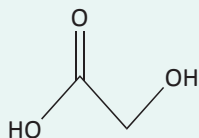
Supondo que, sob determinada temperatura, esse solução encontra-se 10% ionizado, determine a concentração de íons OH<sup>-</sup>, em mol x L<sup>-1</sup>.

## T ENEM E VESTIBULARES

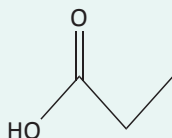
**01| UNIOESTE** Os ácidos orgânicos estão muito presentes em nossa vida diária, seja na nossa alimentação ou como para a produção de algum produto cosmético. Porém, deve-se tomar muito cuidado ao manuseá-los para evitar algum perigo à pele. Para sabermos o quanto este ácido é perigoso, os químicos têm uma propriedade que se chama índice de acidez. Abaixo temos alguns ácidos e seus respectivos pKa:



Ácido Oxálico  
pKa = 1,2



Ácido Glicólico  
pKa = 3,83



Ácido Acético  
pKa = 4,76

Com relação a esses ácidos e seus respectivos pKa, pode-se dizer que

- A** o ácido acético é mais ácido que o ácido oxálico.
- B** o ácido acético é mais ácido que o ácido glicólico.
- C** o ácido oxálico é mais ácido que o ácido glicólico.

- D** pelos valores que pKa apresentados, nenhum dos três compostos pode ser considerado ácido.
- E** o ácido oxálico é mais ácido que o ácido acético, que por sua vez é mais ácido que o ácido glicólico.

**02| UFEF**

Ácido	Constante de ionização K <sub>a</sub> (25 °C)
Ácido nitroso, HNO <sub>2</sub> (aq)	4,3 . 10 <sup>-4</sup>
Ácido fluorídrico, HF(aq)	3,5 . 10 <sup>-4</sup>
Ácido cianídrico, HCN(aq)	4,9 . 10 <sup>-4</sup>

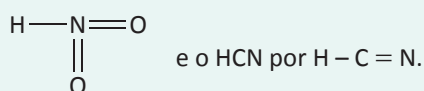
Tabela: Constantes de ionização de alguns ácidos em soluções aquosas de mesma concentração molar.

Os ácidos são substâncias químicas que se ionizam e liberam íons H<sup>+</sup> em solução aquosa. A constante de ionização de um ácido, K<sup>a</sup>, expressa a tendência do equi-

líbrio químico para a reação reversível de ionização de ácidos em solução aquosa.

Considerando-se as propriedades dos ácidos e a análise das informações da tabela, é correto concluir:

- A A reação de ionização do ácido fluorídrico produz mais íons em solução do que a do ácido nítrico.
- B A solução de HCN(aq) conduz corrente elétrica com mais eficiência do que a solução de HF(aq) de mesma concentração.
- C A substância química com maior tendência de liberar íons  $H^+$  em solução aquosa, dentre as apresentadas na tabela, é o  $HNO_2$ .
- D O ácido fluorídrico é classificado como um hidrácido forte porque, em solução aquosa, a concentração de íons  $H_3O^+$  é maior do que a de moléculas de HF.
- E O  $HNO_2$  é representado pela fórmula estrutural



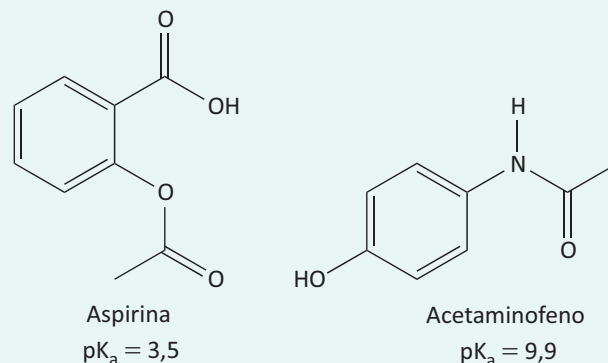
**03 | UEF**  $CH_3COOH(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons CH_3COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

A Lei de Diluição de Ostwald relaciona o grau de ionização com o volume da solução e pode ser enunciada da seguinte forma: O grau de ionização de um eletrólito aumenta, tendendo a 100%, à medida que a solução é diluída. A aplicação dessa Lei permite calcular não somente a constante de ionização,  $K_a$ , como também as concentrações e o pH do sistema em equilíbrio químico representado pela equação química, quando o grau de ionização do ácido acético, em uma solução  $0,02 \text{ mol L}^{-1}$ , desse ácido, é 3% a  $25^\circ\text{C}$ .

Considerando-se essas informações e a equação química de ionização do ácido acético, é correto afirmar:

- A A concentração hidrogeniônica na ionização do ácido acético é  $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ .
- B O valor numérico da constante de ionização do ácido acético é  $1,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ .
- C O pH da solução de ácido acético 3% ionizado é menor do que 4.
- D A concentração de ácido acético no equilíbrio químico é  $1,94 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ .
- E O valor da constante de ionização,  $K_a$ , quando o grau de ionização,  $\alpha$ , for muito pequeno, é calculado pela expressão matemática  $K_a = [CH_3COOH]\alpha$ .

**04 | FPS** Alguns analgésicos apresentam em sua composição aspirina (ácido acetilsalicílico) e acetaminofeno (paracetamol), cujas estruturas e  $pK_a$  estão apresentadas a seguir.



A partir da estrutura desses compostos e das informações de  $pK_a$  assinale a alternativa correta.

- A O acetaminofeno é um ácido mais forte que a aspirina, por apresentar valor de  $pK_a$  maior.
- B A aspirina e o acetaminofeno podem ser separados utilizando soluções aquosas básicas com diferentes valores de pH.
- C O acetaminofeno é uma base devido à presença do grupo amida e, portanto, deve gerar uma solução básica em solução aquosa.
- D A aspirina pode ser sintetizada através da reação do ácido 4-hidroxibenzoico e anidrido acético.
- E A solubilidade da aspirina irá diminuir se for tratada com uma solução diluída de base.

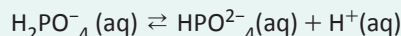
**05 | IFGO** Em uma solução aquosa de  $0,100 \text{ mol/L}$  de ácido acético, a  $25^\circ\text{C}$ , o ácido está 3,7% dissociado após o equilíbrio ter sido atingido. Assinale a opção que contém o valor correto da constante de dissociação desse ácido nessa temperatura.

- A 1,4
- B  $1,4 \times 10^{-3}$
- C  $1,4 \times 10^{-4}$
- D  $3,7 \times 10^{-2}$
- E  $3,7 \times 10^{-4}$

**06 | FPS** Uma solução aquosa  $0,10 \text{ mol L}^{-1}$  de um ácido fraco (HA) apresenta uma concentração de  $H_3O^+$  igual a  $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$  em  $298 \text{ K}$ . Qual é o valor da constante de acidez desse ácido?

- A  $1,1 \times 10^{-3}$
- B  $1,0 \times 10^{-2}$
- C  $1,0 \times 10^{-4}$
- D  $9,0 \times 10^{-2}$
- E  $1,1 \times 10^{-6}$

**07| UEG** A presença de tampão é fundamental para manter a estabilidade de ecossistemas menores, como lagos, por exemplo. Íons fosfato, originários da decomposição da matéria orgânica, formam um tampão, sendo um dos equilíbrios expressos pela seguinte equação:



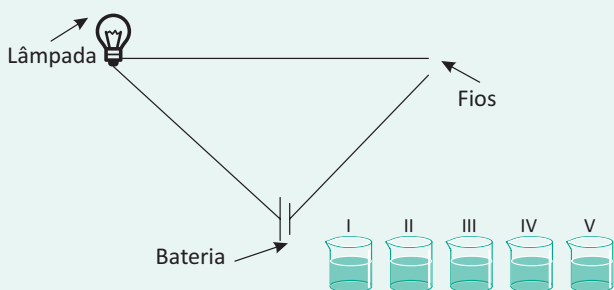
Se no equilíbrio foram medidas as concentrações molares  $[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 2 \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $[\text{HPO}_4^{2-}] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$  e  $[\text{H}^+] = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ , o valor da constante de equilíbrio é:

- A 2
- B 0,2
- C 0,1
- D 0,01

**08| UESPI** A fadiga muscular, comum quando se executa um grande esforço físico, é causada pelo acúmulo do Ácido Láctico ( $\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_3$ ) nas fibras musculares de nosso organismo. Considerando que, em uma solução aquosa 0,100M, temos 3,7% do ácido láctico dissociado, determine o valor da constante de acidez ( $K_a$ ). Dados de massa atômica: H=1; O=16; C=12.

- A  $1,0 \times 10^{-1}$
- B  $1,4 \times 10^{-4}$
- C  $2,7 \times 10^{-2}$
- D  $3,7 \times 10^{-2}$
- E  $3,7 \times 10^{-3}$

**09| UFG** Observe o sistema esquematizado abaixo, utilizado para testar a condutividade elétrica de várias soluções ácidas. Nesse sistema, as soluções funcionam como chave do circuito elétrico.



Sabe-se que, no caso dos ácidos, quanto maior o grau de ionização, maior a intensidade da luz emitida pela lâmpada. Ao se realizar o teste de condutividade com as cinco soluções de mesma concentração, preparadas com ácidos (I, II, III, IV e V), observaram-se diferentes intensidades luminosas, ao se mergulhar os fios nas soluções. Considere os seguintes valores de pKa para os ácidos.

Ácido	pKa
I	9,2
II	8,6
III	4,8
IV	3,2
V	0,5

Analisando-se os dados de pKa, conclui-se que a maior luminosidade foi observada quando os fios foram colocados na solução do ácido

- A I
- B II
- C III
- D IV
- E V

**10| PUC**

**Espinafre prejudica a absorção de ferro**

*Graças ao marinheiro Popeye, personagem que recorre a uma lata de espinafre quando precisa reunir forças para enfrentar o vilão Brutus, até as crianças pensam que a verdura é uma boa fonte de ferro. O que os pequenos e muitos adultos não sabem é que a disponibilidade desse mineral para o organismo é bastante limitada.*

*“O ácido oxálico presente no espinafre forma sais insolúveis com o ferro e também com o cálcio, dificultando a absorção dos dois minerais”, afirma a nutricionista Lara Cunha, da USP (Universidade de São Paulo).*

*Segundo ela, a verdura contém muita fibra, vitaminas A, C e do complexo B, potássio e magnésio, além de ser considerada laxativa e diurética, mas não deve ser consumida por pessoas com deficiência de ferro ou propensão a formar cálculos renais, também devido ao grande teor de ácido oxálico.*

(<http://www1.folha.uol.com.br/folha/comida/ult10005u374889.shtml>)

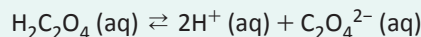
O ácido oxálico é um ácido fraco cuja constante de dissociação total, K, é  $4,0 \times 10^{-6}$ . Uma substância que adicionada à sua solução aquosa propiciará o deslocamento do equilíbrio desse ácido no sentido da ionização é

Dados:

Força de ácidos e bases

HCl = forte;  $\text{NH}_3$  = fraca;  $\text{H}_2\text{CO}_3$  = fraco

Equilíbrio de dissociação total do  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$



- A  $\text{NH}_4\text{Cl}$
- B HCl
- C NaCl
- D  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- E  $\text{H}_2\text{O}$

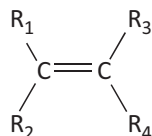
## ISOMERIA ESPACIAL OU ESTEREOISOMERIA

A isomeria espacial pode ser dividida em dois grupos: **isomeria geométrica** ou cis-trans e **isomeria óptica**. A diferenciação entre os isômeros será feita através da verificação de suas estruturas espaciais.

### ISOMERIA GEOMÉTRICA OU CIS-TRANS

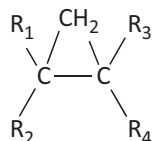
Ocorre tanto em compostos de cadeia aberta quanto fechada, porém algumas condições devem ser atendidas.

- **Compostos de cadeia aberta:** é necessário que a cadeia apresente uma dupla ligação e ligantes, aos pares, nos carbonos da dupla.



com  $R_1 \neq R_2$  e  $R_3 \neq R_4$

- **Compostos de cadeia fechada:** neste caso, é necessário que haja pelo menos dois átomos de carbono do ciclo com ligantes diferentes, aos pares.

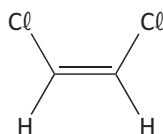


com  $R_1 \neq R_2$  e  $R_3 \neq R_4$

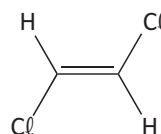
#### Nomenclatura:

Cis ou Trans – Nome do composto

#### Exemplos:



cis-1,2-dicloroetileno



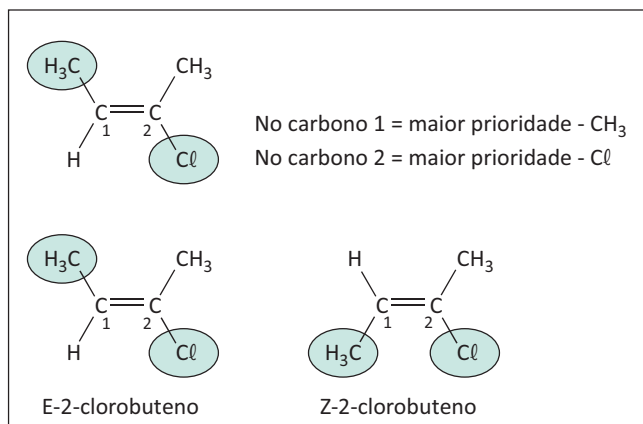
trans-1,2-dicloroetileno

#### ISÔMERO E/Z:

A isomeria "E/Z" ocorre quando o alceno apresenta mais de dois substituintes diferentes.

- **Isômero Z:** ocorre quando os ligantes de maiores números atômicos se encontram no mesmo plano espacial.
- **Isômero E:** ocorre quando os ligantes de maiores números atômicos se encontram em planos espaciais diferentes.

#### Exemplo:





## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01 | UFG** Duas substâncias que apresentem a mesma fórmula molecular são chamadas isômeras.

- A** Escreva as fórmulas estruturais de dois isômeros de função e de dois isômeros de cadeia para as substâncias com fórmula molecular  $C_4H_8O$ .
- B** Escreva as fórmulas estruturais dos isômeros *cis* e *trans* para as substâncias com fórmulas molecular  $C_4H_4O_4$ .

**Resolução:**

**A**

**Isômeros de Função**

$CH_3CH_2CH_2COH$ .....butanal e

$CH_3CH_2COCH_3$ .....butanona

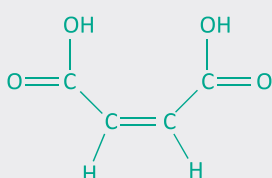
**Isômeros de Cadeia**

$CH_3CH = CHCH_2OH$ .....but-2-en-1-ol e

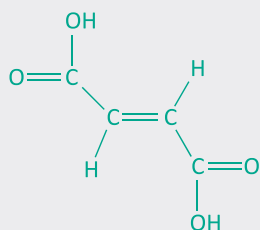
$CH_2C(CH_3)CH_2OH$ .....2-metil-prop-2-en-1-ol

**B**

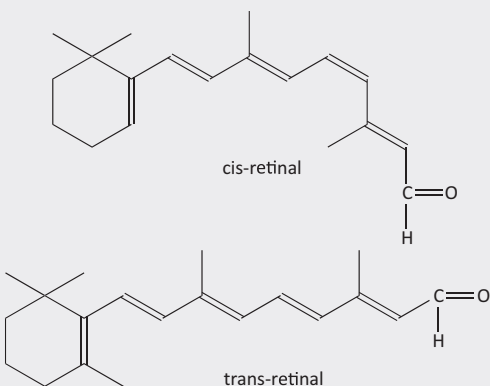
ácido *cis*-butenodióico



ácido *trans*-butenodióico



**02 | UNESP** Moléculas que são isômeros estruturais são constituídas pelos mesmos átomos, mas esses são ligados diferentemente. Por exemplo, os isômeros geométricos têm arranjos diferentes no espaço em cada lado de uma ligação dupla e são distinguidos pelos prefixos *cis* e *trans*. O processo biológico da visão envolve a transformação, mediada por enzimas, entre dois isômeros geométricos, o *cis*-retinal e o *trans*-retinal.



- A** Desenhe a molécula de retinal na folha de respostas e numere os átomos de carbono que conferem isomeria geométrica a essa molécula.
- B** Escreva os nomes dos grupos funcionais e das funções químicas presentes no *cis*- e no *trans*-retinal.

**Resolução:**

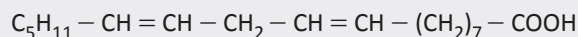
- A** Os átomos de carbono de números 4 e 5 são os responsáveis pela isomeria geométrica observada no processo biológico descrito.

*Obs.: na estrutura existem outros átomos de carbono de insaturações que também admitem conformações distintas *cis* e *trans*.*

- B** **Grupo funcional:** carbonila primária ou carbonila aldeídica;

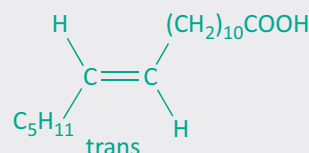
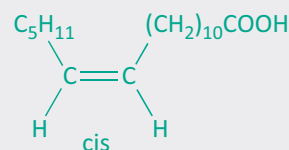
**Função orgânica:** aldeído.

**03 | UNESP** A partir da hidrogenação parcial de óleos vegetais líquidos, contendo ácidos graxos poliinsaturados (contendo mais de uma dupla ligação), são obtidas as margarinas sólidas. Nos óleos vegetais originais, todas as duplas ligações apresentam configuração *cis*. No entanto, na reação de hidrogenação parcial ocorre, também, isomerização de parte das ligações *cis*, formando isômero *trans*, produto nocivo à saúde humana. O ácido linoléico, presente em óleos e gorduras, é um ácido graxo que apresenta duas insaturações, conforme fórmula molecular representada a seguir.



Escreva as fórmulas estruturais do isômero *cis* e do isômero *trans* que podem ser obtidos a partir da reação de hidrogenação da dupla ligação mais próxima do grupo carboxílico deste ácido.

**Resolução:**



**F** EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01| FUVEST** A reação do tetracloretoetano ( $C_2H_2Cl_4$ ) com zinco metálico produz cloreto de zinco e duas substâncias orgânicas isoméricas, em cujas moléculas há dupla ligação e dois átomos de cloro. Nessas moléculas, cada átomo de carbono está ligado a um único átomo de cloro.

- A** Utilizando fórmulas estruturais, mostre a diferença na geometria molecular dos dois compostos orgânicos isoméricos formados na reação.
- B** Os produtos da reação podem ser separados por destilação fracionada. Qual dos dois isômeros tem maior ponto de ebulição? Justifique.

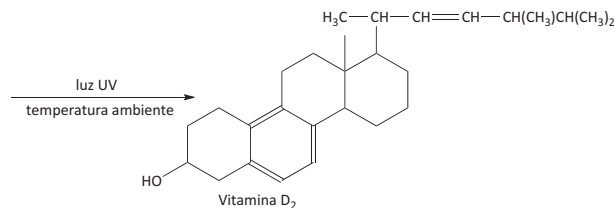
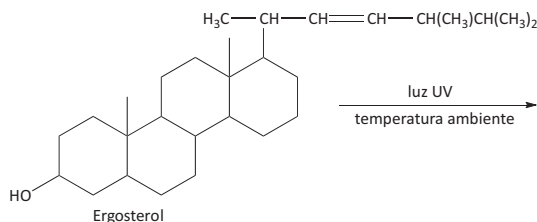
**02| UEG** Considere o alceno de menor massa molecular e que apresenta isomeria geométrica e, em seguida, represente as estruturas dos isômeros:

- A** *cis* e *trans* desse alceno;
- B** constitucionais possíveis para esse alceno.

**03| UNESP** O folheto de um óleo para o corpo informa que o produto é preparado com óleo vegetal de cultivo orgânico e óleos essenciais naturais. O estudo da composição química do óleo vegetal utilizado na fabricação desse produto permitiu identificar um éster do ácido *cis,cis-9,12-octadecadienoico* como um de seus principais componentes.

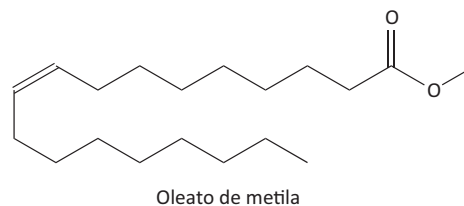
Escreva a fórmula estrutural completa do ácido *cis,cis-9,12-octadecadienoico* e indique como essa substância pode ser obtida a partir do óleo vegetal.

**04| UFG** Analise a reação fotoquímica da conversão do ergosterol em vitamina D<sub>2</sub> representada abaixo:



- A** Qual a mudança de hibridização provocada pela radiação ultravioleta?
- B** Represente os isômeros *cis-trans* (E-Z) da cadeia lateral (em negrito) do ergosterol

**05| UFRJ** O biodiesel tem sido considerado uma importante alternativa bioenergética ao diesel produzido a partir do petróleo. O biodiesel é constituído por uma mistura de ésteres derivados de óleos vegetais. Quando o biodiesel é obtido a partir da reação de óleo de soja com metanol, um de seus principais componentes é o oleato de metila, cuja fórmula estrutural está representada a seguir:



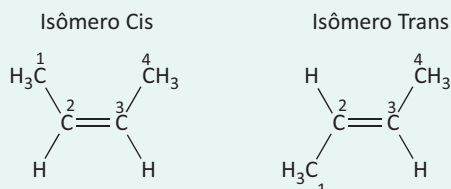
- A** Escreva a fórmula estrutural do isômero geométrico do oleato de metila.
- B** Calcule a soma das energias de ligação do oleato de metila, sabendo que a soma das energias de ligação presentes no ácido oleico é de 21.169 kJ/mol.

Utilize, para o cálculo, a tabela das energias de ligação apresentada a seguir.

Energias de Ligação (kJ/mol)						
C-H	C-C	C=C	C=O	C-O	O=O	O-H
414	335	600	750	336	494	461

**T** ENEM E VESTIBULARES

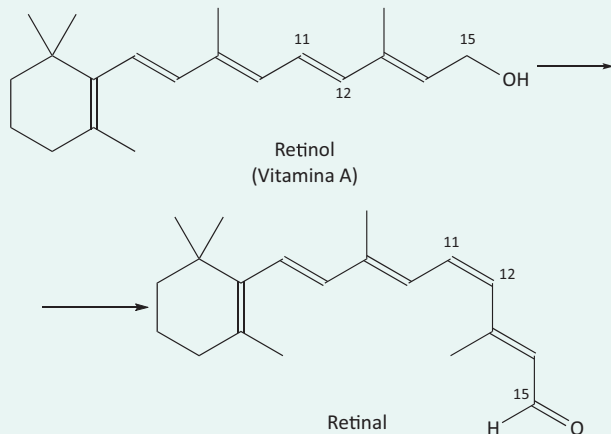
**01| UNIMONTES** Para separar os compostos de uma mistura de *cis-but-2-eno* e *trans-but-2-eno*, utilizou-se a destilação fracionada:



Em relação a esses dois compostos, é CORRETO afirmar que

- A** o isômero *cis-but-2-eno* apresenta forças intermoleculares mais intensas.
- B** o *cis-but-2-eno* e o *trans-but-2-eno* são isômeros ópticos.
- C** o composto *trans-but-2-eno* apresenta maior ponto de ebulição.
- D** o isômero mais volátil, *cis-but-2-eno*, destilará primeiro.

**02| UFPR** A retina do olho humano contém dois tipos de células especializadas: os cones e os bastonetes. Nos bastonetes acontece uma transformação química fundamental para a química da visão. Trata-se da conversão do retinol (Vitamina A) em retinal que, na sequência, sofrerá outras transformações.



Sobre o tema, considere as seguintes afirmativas:

1. O grupo funcional álcool no retinol é convertido a aldeído no retinal.
2. A ligação dupla entre os carbonos 11 e 12 sofre uma reação de isomerização.
3. A molécula do retinal apresenta um grau de oxidação superior ao do retinol.
4. A molécula do retinol apresenta um centro quiral no carbono 15.

Assinale a alternativa correta.

- A** Somente a afirmativa 1 é verdadeira.  
**B** Somente a afirmativa 3 é verdadeira.  
**C** Somente as afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.  
**D** Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.  
**E** Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.

**03| UFAM** A química de combustíveis está passando por uma grande revolução. O gás de folhelho (*shale gas*), também chamado de gás não convencional e gás de xisto, encontra-se aprisionado nas rochas em que foi gerado, rochas sedimentares de baixa permeabilidade. Com o desenvolvimento das tecnologias de exploração, os menores custos de processo têm permitido a ampliação da escala de produção. Entre as diversas regiões passíveis de exploração do *shale gas* está a Bacia Amazônica, como na região mais ocidental, na Bacia Acreana. Em sua composição, encontram-se metano, etano e quantidades minoritárias de isômeros de propano, butano e pentano. Na química de hidrocarbonetos, alcanos ocorrem usualmente com cicloalcanos e alcenos. O número

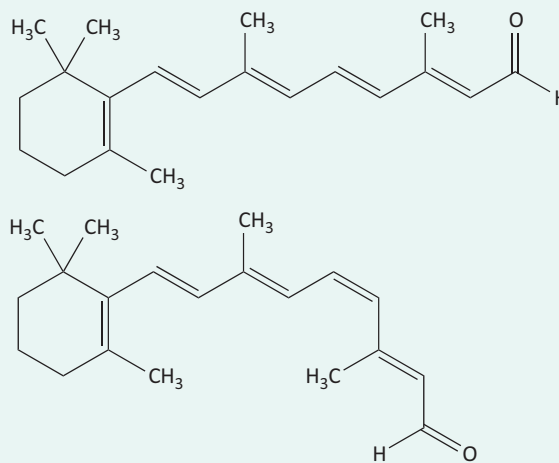
de isômeros de alcenos (sem considerar os isômeros geométricos) que se pode obter com fórmula molecular  $C_5H_{10}$  são:

- A** 4  
**B** 5  
**C** 6  
**D** 7  
**E** 8

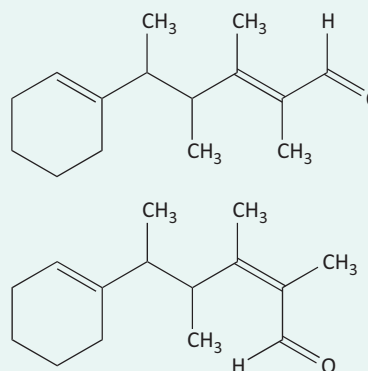
**04| UNIEVANGÉLICA** A química da visão envolve a transformação do cis-retinal em trans-retinal pela ação da luz. A rodopsina é um pigmento vermelho, fotossensível existente na retina e constituído pelo 11-cisretinal combinado com uma proteína denominada opsina. Quando absorve luz, por um processo de isomerização e posterior hidrólise, o complexo cisretinal+opsina se transforma em trans-retinal e opsina. Essa mudança geométrica provoca uma resposta nas células nervosas, que é transmitida ao cérebro e permite a visão. Depois, o isômero trans-retinal é convertido à forma cis pela ação de uma enzima, permitindo a repetição do ciclo da visão.

Os isômeros cis e transretinal são, respectivamente:

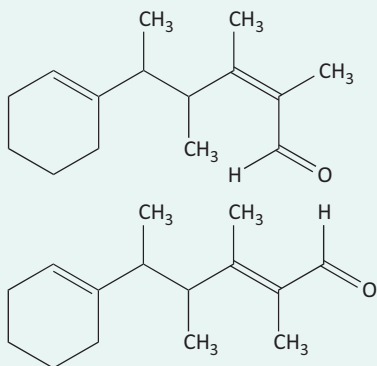
**A**



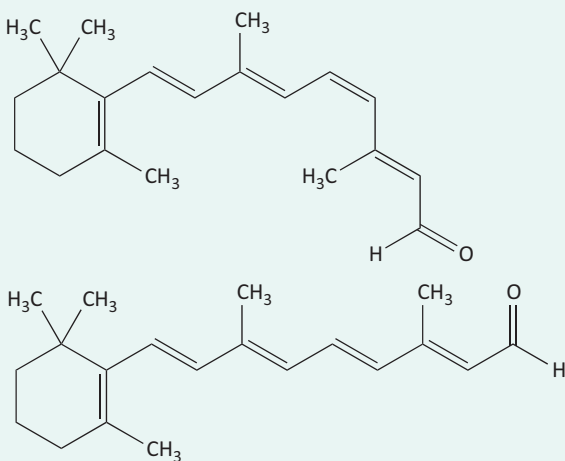
**B**



C



D

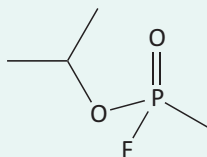


05| PUC Analise o texto e as fórmulas a seguir.

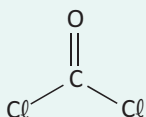
O conhecimento dá poder à humanidade, mas nem sempre esse poder é usado com sabedoria. O uso de substâncias tóxicas em guerras e conflitos mostra isso. Em 2013, foi utilizado o sarin na Síria; nos anos 60 e 70, na Guerra do Vietnã, foi utilizado o Agente Laranja, mistura dos herbicidas 2,4-D e 2,4,5-T, que vinha contaminada com dioxinas; na I Guerra Mundial, foram usados diversos gases tóxicos, como o cloro e o fosgênio. Armas químicas também são usadas em manifestações de rua, como o spray de pimenta, cujo princípio ativo, a capsaicina, ocorre naturalmente na pimenta.

Algumas dessas substâncias são representadas a seguir:

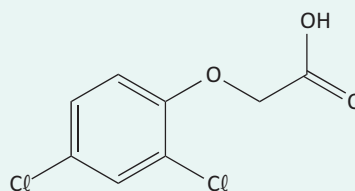
I. Sarin



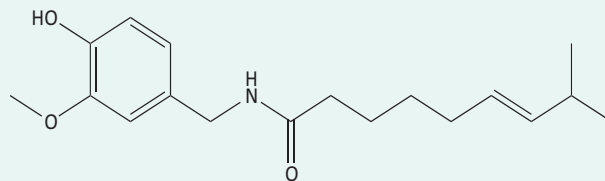
II. Fosgênio



III. 2,4-D



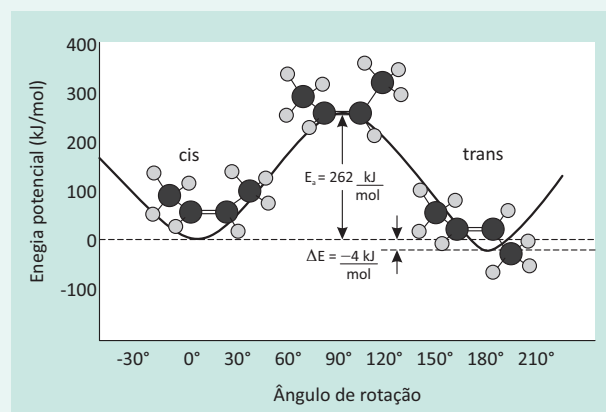
IV. Capsaicina



Pela análise da estrutura molecular dessas substâncias, é correto afirmar que

- A a molécula de fosgênio é polar e pode formar ligações de hidrogênio com o sarin.
- B o 2,4-D apresenta o grupo funcional éter, que é o mesmo que confere acidez ao vinagre.
- C a capsaicina e o 2,4-D são compostos orgânicos aromáticos.
- D a capsaicina apresenta isomeria cis/trans e grupo funcional amina.
- E todas as substâncias mencionadas no texto são compostos orgânicos.

06| FMABC A energia envolvida na reação de isomerização do cis but-2-eno para o trans but-2-eno na ausência de catalisador está representada no gráfico a seguir.



Treichel Jr. Paul; Kotz, John C. Química Geral 2 e Reações Químicas. Thomson

Um estudante ao analisar esse gráfico fez as seguintes afirmações:

- I. A 500°C a velocidade da reação de isomerização será maior do que a 100 °C.

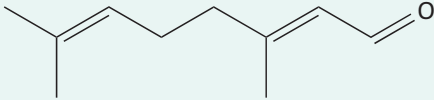
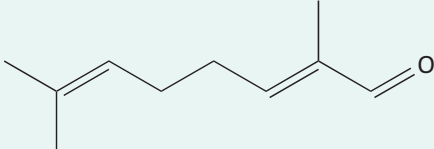
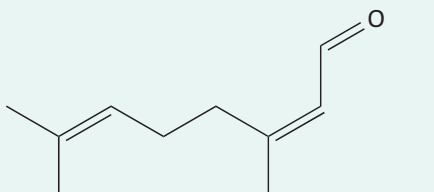
- II. A conversão do isômero cis but-2-eno para o trans but-2-eno é um processo endotérmico.
- III. Essa reação de isomerização é lenta devido à alta energia de ativação necessária para romper uma das ligações da dupla entre os carbonos, permitindo que ocorra a rotação da ligação.
- IV. Um catalisador eficiente para essa reação deve diminuir a entalpia do isômero trans but-2-eno, tornando a transformação mais favorável.

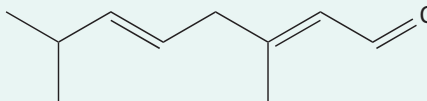
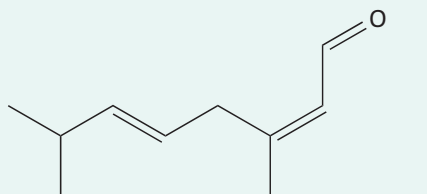
Estão corretas somente as afirmações

- A** I e II.  
**B** II e III.  
**C** III e IV.  
**D** I e III.  
**E** II e IV.

**07 | ENEM** O citral, substância de odor fortemente cítrico, é obtido a partir de algumas plantas como o capim-limão, cujo óleo essencial possui aproximadamente 80%, em massa, da substância. Uma de suas aplicações é na fabricação de produtos que atraem abelhas, especialmente do gênero *Apis*, pois seu cheiro é semelhante a um dos feromônios liberados por elas. Sua fórmula molecular é  $C_{10}H_{16}O$ , com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6 e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor.

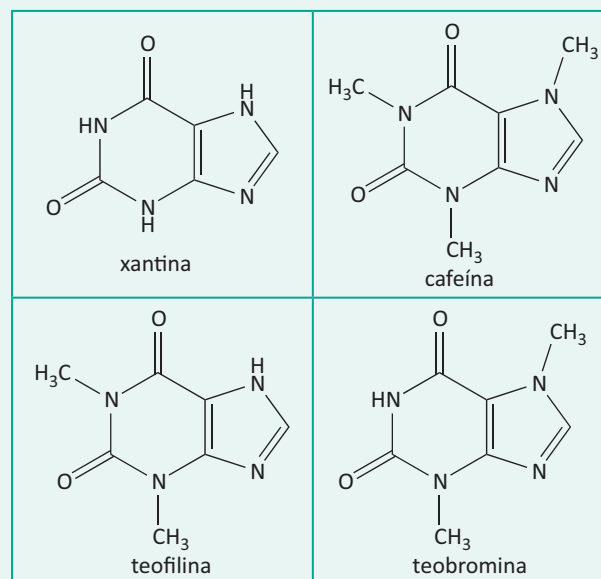
Para que se consiga atrair um maior número de abelhas para uma determinada região, a molécula que deve estar presente em alta concentração no produto a ser utilizado é:

- A** 
- B** 
- C** 

- D** 
- E** 

**08 | PUC** Analise o texto, as fórmulas e as afirmativas a seguir.

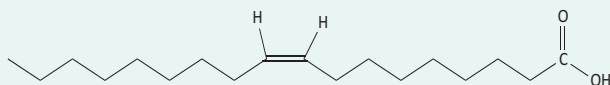
A erva-mate é usada tradicionalmente pelos povos sul-americanos para a preparação de bebidas como o chimarrão, o chá de mate e o tererê, entre outras. As propriedades estimulantes dessas bebidas estão relacionadas à presença de alguns alcaloides derivados da xantina, entre os quais a teofilina, a teobromina e, principalmente, a cafeína. As estruturas desses compostos orgânicos são mostradas abaixo.



Com base nessas informações, é correto afirmar que

- A** a cafeína tem menor massa molar do que a teofilina.  
**B** a cafeína e a teobromina são isômeros geométricos, sendo a teobromina o isômero trans.  
**C** a teofilina e a teobromina são isômeros, e por isso as massas molares desses alcaloides são iguais.  
**D** a xantina e a cafeína têm átomos de carbono distribuídos de maneiras diferentes, sendo isômeros de posição.  
**E** na xantina, as ligações químicas N-H são iônicas porque há grande diferença de eletronegatividade entre esses elementos.

**09| UCS** O ácido oleico, cuja estrutura química está representada abaixo, forma-se durante a decomposição de formigas mortas, sendo um sinal químico para que as outras formigas as retirem do ninho.



Analise a veracidade (V) ou falsidade (F) das proposições abaixo, sobre o ácido oleico.

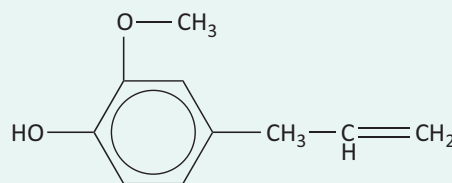
- ( ) De acordo com a nomenclatura IUPAC, ele é denominado ácido cis-octadec-9-enoico.
- ( ) Ele possui dois átomos de carbono primário e quatorze átomos de carbono secundário.
- ( ) Ele apresenta cadeia aberta, normal, insaturada e heterogênea.

Assinale a alternativa que preenche corretamente os parênteses, de cima para baixo.

- A** F – V – V
- B** V – F – F
- C** V – F – V
- D** F – F – F
- E** V – V – F

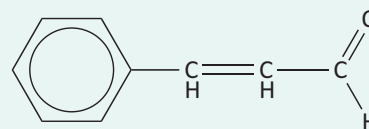
**10| IFGO** Um dos ciclos da economia colonial do Brasil relaciona-se aos compostos extraídos na floresta amazônica, que ficaram conhecidos pelo nome genérico de “drogas do sertão”. A colonização teve como base econômica a

extração do cravo, da canela, do cacau, da madeira e outros produtos.



EUGENOL

responsável pelo perfume do cravo



CINAMALDEÍDO

responsável pelo perfume da canela

Em relação às características químicas desses compostos, assinale a alternativa correta.

- A** O teor de carbono na molécula de eugenol é de 79,3%.
- B** Tanto o Eugenol quanto o Cinnamaldeído apresentam estereoisômeros cis/trans.
- C** As funções químicas presentes no Eugenol são álcool e éter. No cinnamaldeído, a função química é aldeído.
- D** O Cinnamaldeído apresenta todos os átomos de carbono hibridizados em  $sp^2$ .
- E** A molécula do Eugenol possui um ciclo alicíclico e uma cadeia lateral alifática insaturada.

## ISOMERIA ÓPTICA

É o caso de isomeria espacial onde os compostos apresentam as mesmas propriedades físicas e químicas, contudo, desviam a luz polarizada em sentidos opostos.

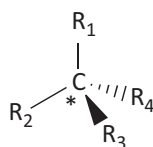
As substâncias que desviam o plano da luz polarizada são chamadas de “opticamente ativas” e dividem-se em dois grupos:

**Dextrógiras (d):** desviam o plano de luz polarizada para a direita.

**Levógiras (l):** desviam o plano de luz polarizada para a esquerda.

### CARBONO ASSIMÉTRICO OU QUIRAL

É o carbono ( $sp^3$ ) que apresenta quatro ligantes diferentes. A sua presença em um composto gera o que chamamos de “assimetria molecular”. Essa assimetria é responsável por desviar um plano de luz polarizada. Se isso acontece, dizemos que a molécula apresenta atividade óptica ou é opticamente ativa ou, simplesmente, apresenta isomeria óptica. É indicado por  $C^*$ .

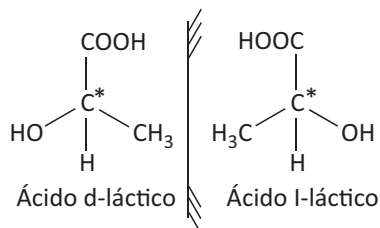


Com:  $R_1 \neq R_2 \neq R_3 \neq R_4$

### ISOMERIA ÓPTICA COM CARBONOS ASSIMÉTRICOS:

- Compostos com um carbono assimétrico:** apresentam dois isômeros espaciais (um dextrógiro e um levógiro) que são chamados de antípodas ópticas ou enantiomorfos. Comportam-se como um objeto e sua imagem em um espelho.

**Exemplo:** ácido 2-hidróxipropanóico (ou ácido láctico).



Uma mistura equimolar dos dois isômeros do ácido láctico (ou de outro composto) é chamada de mistura racêmica ou racemato, e não apresenta atividade óptica (opticamente inativa) uma vez que não desvia o plano da luz polarizada.

- **Compostos com mais de dois carbonos assimétricos diferentes:** para compostos com dois ou mais átomos de carbonos assimétricos, o número de isômeros ativos e de misturas racêmicas são dados pelas seguintes fórmulas:

Para  $n$  carbonos quirais:

Número de isômeros opticamente ativos =  $2^n$

Número de misturas racêmicas =  $2^{n-1}$

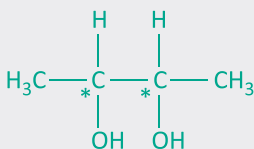
## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01| UNESP** O composto orgânico 2,3-butanodiol apresenta dois carbonos assimétricos, cada um deles tendo substituintes exatamente iguais. Cada um desses carbonos assimétricos pode provocar o desvio da luz polarizada de um ângulo  $\alpha$  para a direita (composto dextrógiro) ou para a esquerda (composto levógiro). Uma outra possibilidade é que um dos carbonos assimétricos desvie a luz polarizada de um ângulo  $\alpha$  para a direita, enquanto o outro desvie do mesmo ângulo  $\alpha$  para a esquerda. Nesse caso, o desvio final será nulo e o composto opticamente inativo (meso). Considerando as informações fornecidas no texto, escreva:

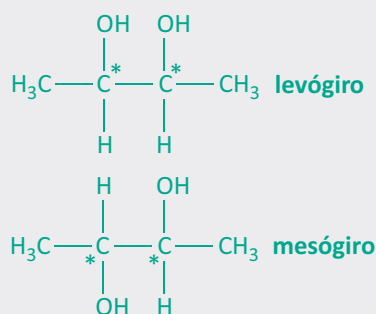
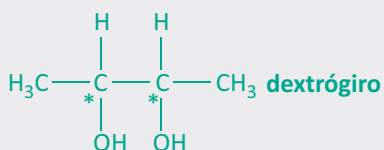
- A** a fórmula estrutural do 2,3-butanodiol e indique os dois carbonos assimétricos que apresentam substituintes iguais na estrutura desse composto;
- B** a fórmula estrutural dos três isômeros ópticos do 2,3-butanodiol (dextrógiro, levógiro e meso).

**Resolução:**

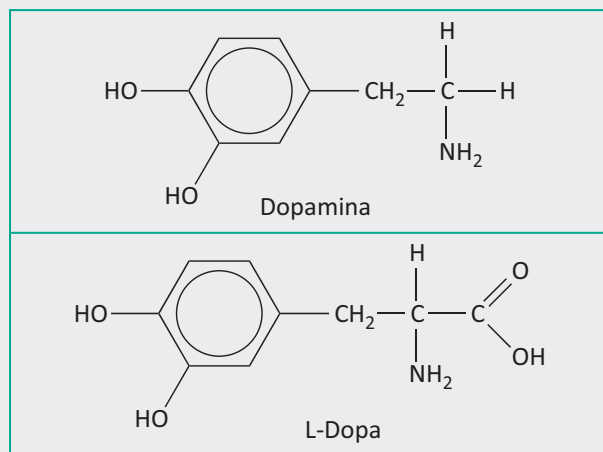
**A**



**B**



**02| UNIFESP** Pacientes com o mal de Parkinson apresentam deficiência de dopamina, um neurotransmissor. L-dopa é uma das drogas usadas no tratamento desses pacientes (D-dopa é menos efetiva e mais tóxica do que a forma L e, por isso, não é usada). A L-dopa, ao contrário da dopamina, é capaz de atravessar a barreira sangue-cérebro e então produzir dopamina pela ação da dopa descarboxilase.

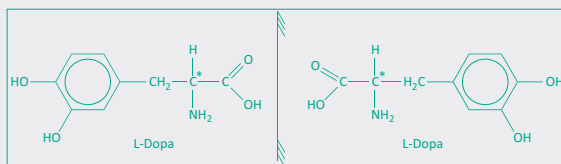




- A Explique o que você entende por forma L da dopa, ilustrando-a por meio de figura.
- B Explique a função da dopa descarboxilase na transformação da L-dopa em dopamina.

**Resolução:**

- A *Forma L da dopa é o isômero óptico levógiro, capaz de desviar o plano de vibração da luz polarizada para a esquerda. Este isômero (L-dopa) é imagem especular da D-dopa (isômero dextrógiro) como ilustrado abaixo:*

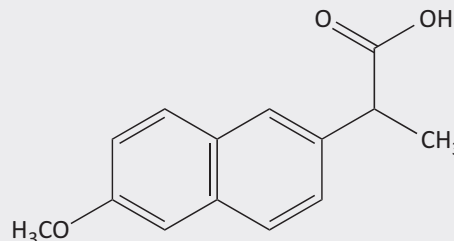


Obs.: C\* = carbono quiral ou assimétrico.

- B *A dopa descarboxilase tem a função de provocar a redução da L-dopa, eliminando o grupo carboxila, com posterior liberação de gás carbônico (CO<sub>2</sub>).*

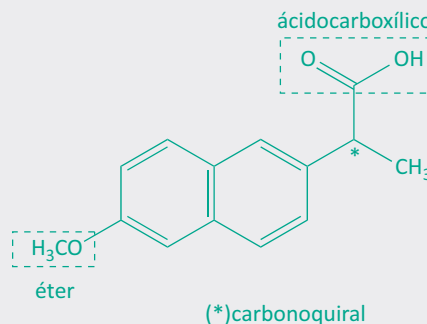
- 03| UNESP Moléculas que apresentam carbono quiral são muito comuns na natureza. Para os organismos vivos, a quiralidade é particularmente importante, pois uma molécula que apresenta imagem especular pode provocar um efeito fisiológico benéfico, enquanto a que representa sua imagem no espelho pode ser inerte ou provocar problemas de saúde. Na síntese de medicamentos, a existência de carbono quiral é sempre uma preocupa-

ção, pois embora duas moléculas possam ter a mesma fórmula molecular, apenas uma delas poderá ser ativa. O naproxeno, cuja molécula é representada a seguir, é o princípio ativo de um antiinflamatório. Seu enantiômero não apresenta efeito sobre a inflamação e ainda pode provocar problemas no fígado.



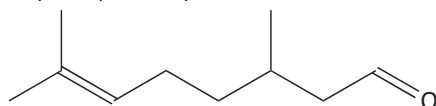
Indique o carbono quiral e identifique as funções presentes nessa molécula.

**Resolução:**



## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

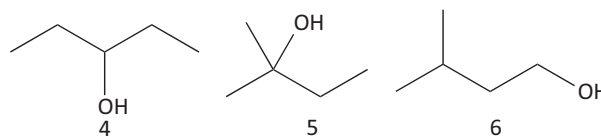
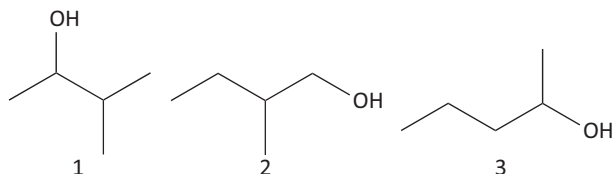
- 01| UFG O citronelal, cuja estrutura plana é apresentada a seguir, é o principal componente do óleo de citronela.



Considerando o exposto,

- A represente os dois isômeros óticos dessa estrutura. Utilize cunhas ( ) e traços ( ) para representar os grupos ligados ao carbono quiral;
- B substitua uma das metilas da dupla ligação por um grupo etila, para que a estrutura tenha orientação z.

- 02| UNESP As fórmulas apresentadas a seguir, numeradas de 1 a 6, correspondem a substâncias de mesma fórmula molecular.



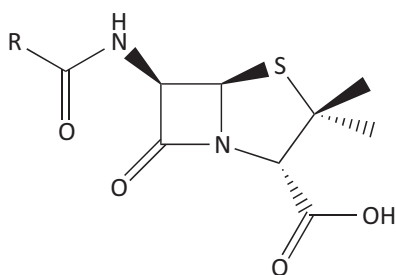
Determine a fórmula molecular dessas substâncias e escreva a fórmula estrutural completa do álcool primário que apresenta carbono assimétrico (quiral).

- 03| UFU As mulheres promoveram um movimento de participação na ciência que levou a importantes descobertas ao longo do século XX. Dessas contribuições, Dorothy Mary Hodgkin (1910-1994) estudou os derivados de penicilina, uma vez que informações sobre sua estrutura poderiam ser de grande ajuda no desenvolvimento de métodos para sintetizá-la em grandes quantidades.

FARIAS. As mulheres e o prêmio Nobel de Química. Revista Química Nova na Escola, 2001.

A estrutura da penicilina, estudada por Hodgkin, é apresentada a seguir.

**PENICILINA**



Considere R um radical metil

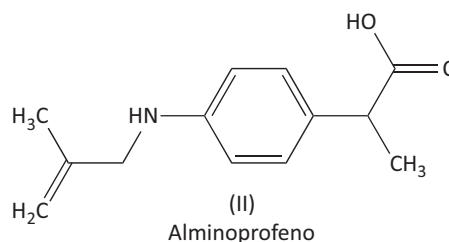
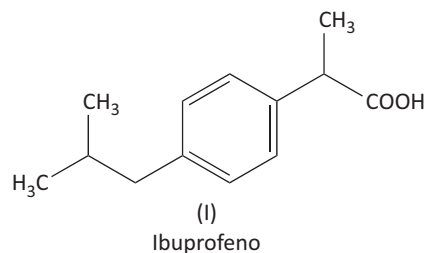
Com base nas informações acima, faça o que se pede.

- A** Verifique se a penicilina possui atividade óptica e justifique sua resposta.
- B** Apresente um grupamento químico presente na estrutura da penicilina.

**04| UEL** Escreva a fórmula estrutural de um composto insaturado C<sub>5</sub>H<sub>9</sub>Br, que mostra:

- A** Isomerismo cis-trans e que não possua atividade óptica.
- B** Nenhum isomerismo cis-trans, mas com atividade óptica.

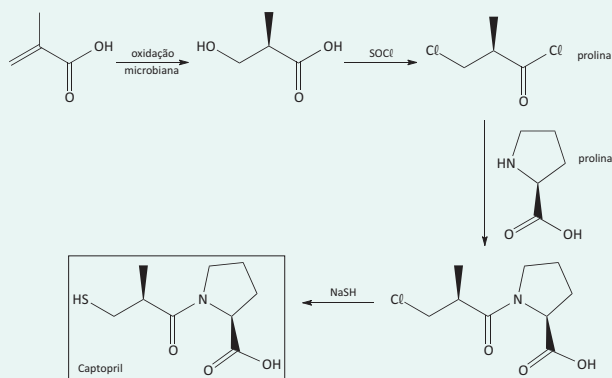
**05| UFC** O ibuprofeno (I) atua como analgésico e anti-inflamatório, enquanto o alminoprofeno (II) é um derivado do ácido propanoico que tem utilidade no tratamento de inflamações e doenças reumáticas.



- A** Considerando que ambas as substâncias apresentam isomerismo óptico, quantos carbonos assimétricos possui cada uma?
- B** Represente os estereoisômeros para o composto I por meio de projeções de Fischer.

**T ENEM E VESTIBULARES**

**01| UNCISAL** O captopril é um fármaco quiral comumente empregado para o tratamento de hipertensão arterial, sendo em algumas situações usado em casos de insuficiência cardíaca. Abaixo, é apresentada uma das possíveis rotas de síntese do captopril.

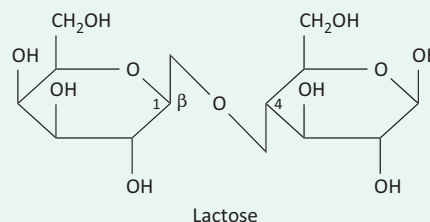


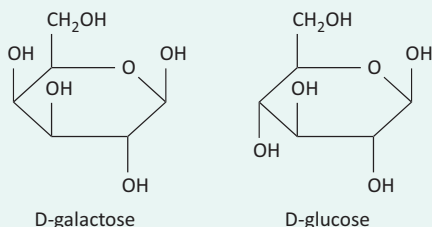
Fonte: Coelho, F.A.S.,  
Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Nº 3, 2001.

A partir da rota de síntese apresentada acima para obtenção do captopril, infere-se que a(s) etapa(s) responsável(is) pela geração de centros quirais na molécula de captopril é(são) a

- A** cloração com cloreto de tionila (SOCl<sub>2</sub>).
- B** oxidação microbiana e adição de NaHS.
- C** adição NaHS, na última etapa da síntese.
- D** oxidação microbiana e inserção da prolina.
- E** inserção da prolina, substituindo um cloro.

**02| UERN** A intolerância à lactose é o nome que se dá à incapacidade parcial ou completa de digerir o açúcar existente no leite e seus derivados. Ela ocorre quando o organismo não produz, ou produz em quantidade insuficiente, uma enzima digestiva chamada lactase, cuja função é quebrar as moléculas de lactose e convertê-las em glicose e galactose (figura). Como consequência, essa substância chega ao intestino grosso inalterada. Ali, ela se acumula e é fermentada por bactérias que fabricam ácido láctico e gases, promovendo maior retenção de água e o aparecimento de diarreias e cólicas.





(Disponível em:

<http://acomidadavizinha.blogspot.com.br/2014/03/intolerancia-lactose.html>. Adaptado.)

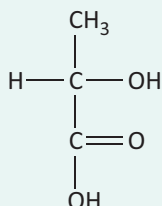
A respeito dos compostos ilustrados anteriormente, é correto afirmar que

- A** a glucose possui sete hidrogênios.
- B** a lactose possui dez carbonos assimétricos.
- C** a galactose não é um composto opticamente ativo.
- D** as funções presentes nos três compostos são: álcool e anidrido.

**03 | UEL** Leia o texto a seguir.

A atividade óptica foi um mistério fundamental da matéria durante a maior parte do século XIX. O físico francês, Jean Baptist Biot, em 1815, descobriu que certos minerais eram opticamente ativos, ou seja, desviavam o plano de luz polarizada. Em 1848, Louis Pasteur foi além e, usando um polarímetro, percebeu que o fenômeno está associado à presença de dois tipos de substâncias opticamente ativas: as dextrógiras (desvio do plano de luz para a direita) e as levógiras (desvio do plano de luz para a esquerda). As observações de Pasteur começaram a se conectar com outras anteriores, como as de Schelle que, em 1770, isolou o ácido láctico (Figura 4) opticamente inativo do leite fermentado e Berzelius que, em 1807, isolou a mesma substância de músculos, porém com atividade óptica.

(Adaptado de: GREENBERD, A. Uma Breve História da Química da Alquimia às Ciências Moleculares Modernas. Trad. de Henrique Eisi Toma, Paola Corio e Viktoria Klara Lakatos Osório. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2009. p.297-299.)



Com base no texto e nos conhecimentos sobre isomeria óptica, assinale a alternativa correta.

- A** Os isômeros ópticos do ácido láctico possuem propriedades físico-químicas diferentes, como pontos de fusão e ebulição.
- B** O ácido láctico isolado do músculo por Berzelius era opticamente ativo porque possuía plano de simetria.

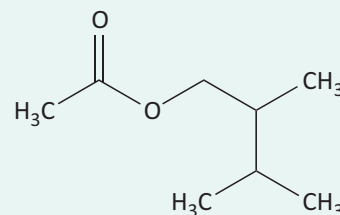
- C** O ácido láctico possui dois carbonos quirais e dois isômeros ópticos que são diastereoisômeros.
- D** O ácido láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, pode formar até duas misturas racêmicas.
- E** O ácido láctico, do leite fermentado, isolado por Schelle, tinha os dois enantiômeros em quantidades iguais, a mistura racêmica.

**04 | MACK** Determinado composto orgânico apresenta as seguintes características:

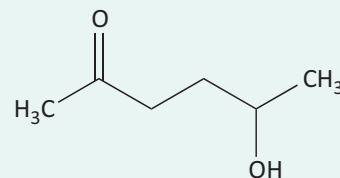
- I. Cadeia carbônica alifática, saturada, ramificada e homogênea.
- II. Possui carbono carbonílico.
- III. Possui enantiômeros.
- IV. É capaz de formar ligações de hidrogênio.

O composto orgânico que apresenta todas as características citadas acima está representado em

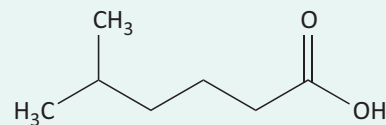
**A**



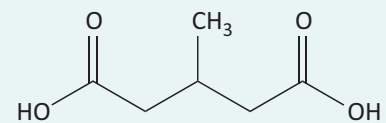
**B**



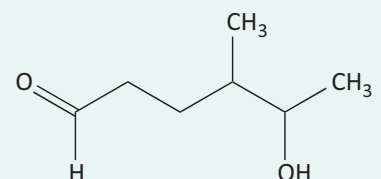
**C**



**D**



**E**

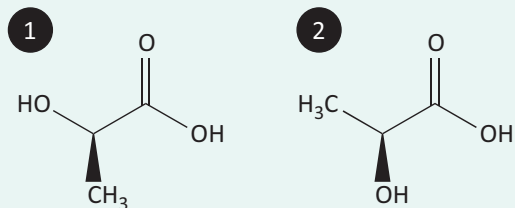


**05| ENEM** O estudo de compostos orgânicos permite aos analistas definir propriedades físicas e químicas responsáveis pelas características de cada substância descoberta. Um laboratório investiga moléculas quirais cuja cadeia carbônica seja insaturada, heterogênea e ramificada.

A fórmula que se enquadra nas características da molécula investigada é

- A**  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .
- B**  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .
- C**  $\text{CH}_3 - (\text{CH})_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH}_2$ .
- D**  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .
- E**  $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{NH} - \text{CH}_3$ .

**06| UNIEVANGÉLICA** Observe as estruturas químicas dos isômeros do ácido láctico:

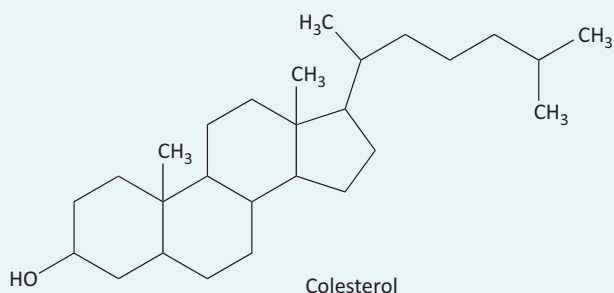


Quando existe um excesso de atividade física, na ausência de oxigênio, o músculo realiza respiração anaeróbica, produzindo ácido láctico, o que causa câimbras. O ácido láctico encontrado no leite possui a mesma estrutura química, porém é um isômero deste último.

A isomeria encontrada e os isômeros (1 e 2) são, respectivamente:

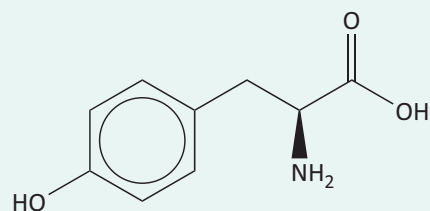
- A** espacial; R e S.
- B** constitucional; de posição.
- C** geométrica; cis e trans.
- D** espacial; S e R.

**07| UFT** O colesterol é um esteroide encontrado nas membranas celulares dos mamíferos. Observando-se a estrutura química do colesterol descrita a seguir, marque a alternativa que corresponde ao número CORRETO de carbonos quirais presentes na molécula.

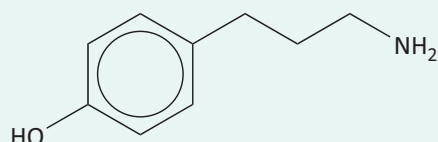


- A** 2
- B** 3
- C** 5
- D** 8
- E** 10

**08| PUC**



Tirosina



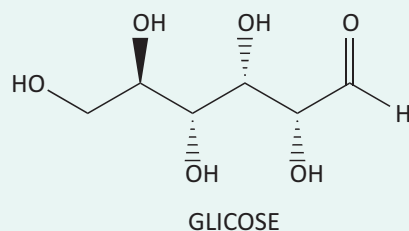
Tiramina

Ao lado estão representadas as estruturas da tirosina e da tiramina.

Considerando essas substâncias, pode-se afirmar que:

- A** são tautômeros.
- B** são opticamente ativas.
- C** são isômeros funcionais.
- D** a tirosina possui um carbono assimétrico.
- E** a tiramina possui um carbono assimétrico.

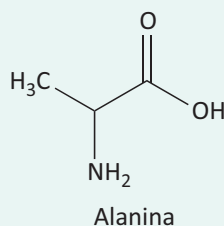
**09| UECE** A glicose é um carboidrato muito importante, sendo um dos principais produtos da fotossíntese. É um cristal sólido de sabor adocicado, de fórmula molecular  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , encontrado na natureza na forma livre ou combinada. É encontrada nas uvas e em vários frutos. Industrialmente é obtida a partir do amido. No metabolismo, a glicose é uma das principais fontes de energia e fornece 4 calorias de energia por grama. Sua degradação química durante o processo de respiração celular dá origem à energia química.



Na estrutura da glicose, é possível observar a geração de isômeros ópticos que se apresentam em um total de

- A 16.
- B 8.
- C 4.
- D 2.

**10| UNIFOR** A alanina (ácido 2-amino-propanóico) é um aminoácido que faz parte da estrutura das proteínas. Em relação à ocorrência de estereoisomeria, pode-se afirmar que alanina apresenta um número de estereoisômeros igual:



- A 0
- B 2
- C 4
- D 6
- E 8

**11| FATEC** A história do seriado *Breaking Bad* gira em torno de um professor de Química do ensino médio, com

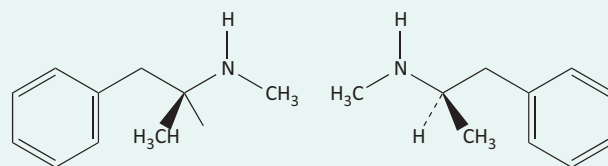
uma esposa grávida e um filho adolescente que sofre de paralisia cerebral. Quando é diagnosticado com câncer, ele abraça uma vida de crimes, produzindo e vendendo metanfetaminas.

O uso de drogas pode desestabilizar totalmente a vida de uma pessoa, gerando consequências devastadoras e permanentes. Muitas vezes, toda a família é afetada.

As metanfetaminas são substâncias relacionadas quimicamente com as anfetaminas e são um potente estimulante que afeta o sistema nervoso central.

(<http://tinyurl.com/pffwfe6> Acesso em: 13.06.2014. Adaptado)

A metanfetamina, N-metil-1-fenilpropano-2-amina, fórmula  $C_{10}H_{15}N$ , apresenta os isômeros representados pelas fórmulas estruturais:



A análise das estruturas nos permite concluir, corretamente, que os compostos são isômeros

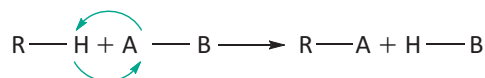
- A de cadeia.
- B de posição.
- C de função.
- D geométricos.
- E ópticos.

## REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO

As reações de substituição ocorrem principalmente nos alcanos, hidrocarbonetos aromáticos e derivados halogenados.

### SUBSTITUIÇÃO EM ALCANOS

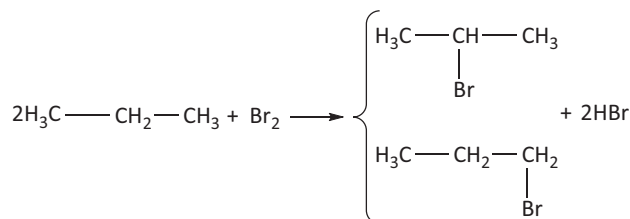
Os alcanos são também chamados de parafinas, em razão de sua pouca reatividade (parum = pouca; alfinis = afinidade). A reação de substituição nos alcanos segue o esquema:



Há uma ordem de preferência para a substituição do hidrogênio. O mais fácil de ser substituído é aquele ligado ao carbono terciário, em seguida ao secundário e, finalmente, o ligado ao carbono primário.

### REAÇÃO DE HALOGENAÇÃO

Haverá a formação de dois compostos, porém, a frequência é mais para aquele em que a substituição ocorre no carbono mais reativo.

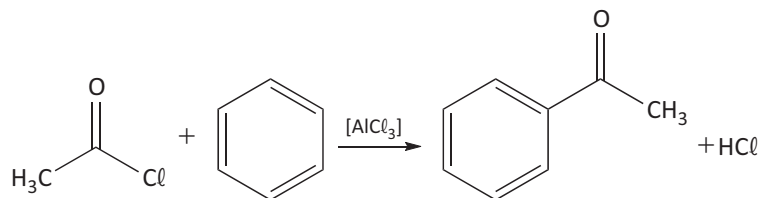


Forma-se 40% de 1-bromopropano; 60% de 2-bromopropano.



**ACILAÇÃO**

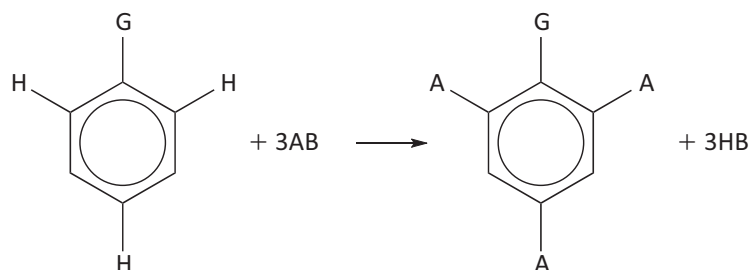
Substituição de um ou mais hidrogênios do anel aromático por um ou mais grupos derivados de ácidos carboxílicos

**DIRIGÊNCIA DE RADICAIS**

Quando já houver um radical ou grupo ligado ao anel benzênico, as substituições no anel ficarão dirigidas por um grupo. Ocorrem, então, dois casos:

**RADICAIS ORTOPARADIRIGENTES, ATIVANTES OU DE PRIMEIRA CLASSE**

São radicais ou grupos que orientam as substituições para as posições orto e para (as posições 2, 4 e 6). Podemos esquematizar essa substituição como:



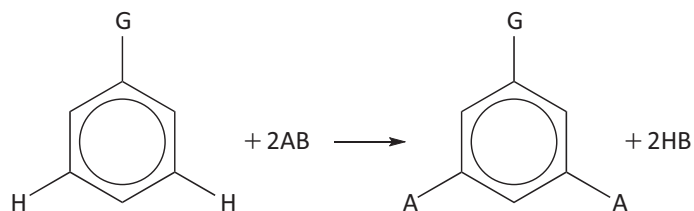
Os principais radicais orto e para dirigentes, em ordem decrescente de intensidade, são:



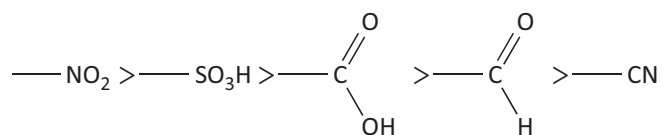
Onde X = Cl, Br ou I

**RADICAIS METADIRIGENTES, DESATIVANTES OU DE SEGUNDA CLASSE**

São grupos ligados ao anel benzênico que dirigem a substituição para a posição meta (ou 3,5). Podemos esquematizar essa substituição como:



Os principais metadirigentes, em ordem decrescente de força, são:

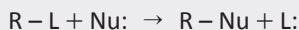


Note que todos apresentam insaturação ou ligação coordenada.



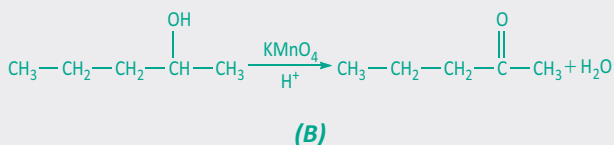
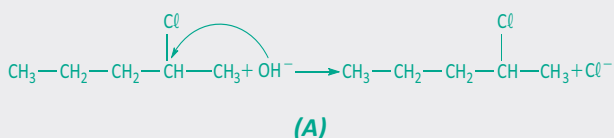
## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01 | UNESP** Organismos vivos destoxificam compostos orgânicos halogenados, obtidos do meio ambiente, através de reações de substituição nucleofílica (SN).



Numa reação de SN, o 2-cloropentano reage com hidróxido de sódio em solução aquosa. O produto orgânico (A) dessa reação sofre oxidação na presença de permanganato de potássio em meio ácido, produzindo o produto orgânico (B). Escreva as equações simplificadas (não balanceadas) das duas reações, o nome do composto (A) e a função química do composto (B).

**Resolução:**



(A)  $\Rightarrow$  *pentan-2-ol*

(B)  $\Rightarrow$  *cetona*

**02 | UFRN** Em um laboratório de química, foram realizados dois experimentos, ambos sob aquecimento, utilizando hexano e 2-hexeno, conforme mostrado no quadro abaixo:

Experimento I: hexano + Br<sub>2</sub>(g)  $\rightarrow$  produtos

Experimento II: 2-hexeno + Br<sub>2</sub> / CCl<sub>4</sub>  $\rightarrow$  produtos

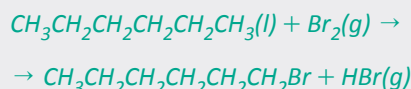
**A** Especifique em qual dos experimentos haverá formação de HBr. Classifique a reação ocorrida nesse

experimento como reação de adição, de substituição ou de eliminação.

**B** Escreva a fórmula estrutural de um isômero geométrico do tipo cis para o reagente no **experimento II**.

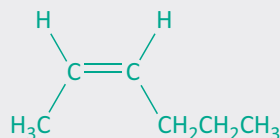
**Resolução:**

**A** *Experimento I*

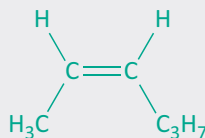


*Reação de substituição*

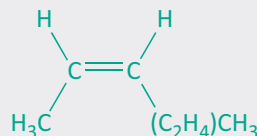
**B**



OU

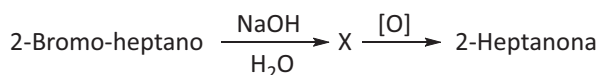


OU



## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01 | UERJ** Os feromônios são substâncias secretadas por animais para atrair outro animal da mesma espécie, marcar trilhas, advertir de perigo etc. Nas abelhas, o feromônio de defesa da colméia é a 2-heptanona. Essa substância pode ser sintetizada pela sequência reacional abaixo:

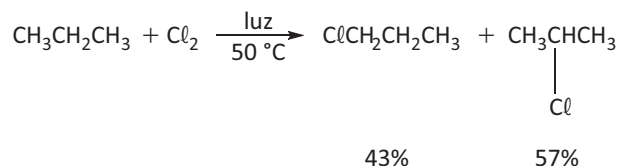


Escreva as fórmulas estruturais planas e as nomenclaturas, de acordo com a IUPAC, para:

**A** a substância X;

**B** um isômero plano de posição da 2-heptanona.

**02 | FUVEST** Alcanos reagem com cloro, em condições apropriadas, produzindo alcanos monoclorados, por substituição de átomos de hidrogênio por átomos de cloro, como esquematizado:





## T ENEM E VESTIBULARES

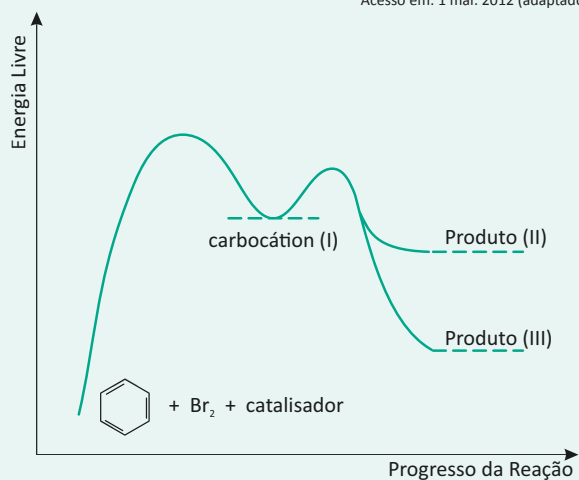
**01| UFAM** Na edição de amanhã, dia 1º de dezembro de 2014, o periódico científico Food Chemistry trará um artigo de pesquisadores da Amazônia sobre as propriedades antioxidantes do mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L.) introduzido no sul do Brasil. Entre os ensaios realizados, está a análise de antocianinas, moléculas fenólicas altamente bioativas e benéficas à saúde. Também fenólicas são as perigosas substâncias presentes nos efluentes de indústrias de mineração, comuns na Amazônia. No último número da Revista Virtual de Química, um artigo compara métodos de remoção de fenólicos de efluentes industriais.

Sobre os compostos aromáticos é **INCORRETO** afirmar que:

- A** Os substituintes 1,2-dihidróxi do benzeno também podem ser chamados de orto-diidróxi.
- B** O benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) não sofre reações de nitração.
- C** Em uma reação de cloração do ácido benzóico (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH) o produto será o ácido m-clorobenzoico.
- D** Todas as ligações C-C do benzeno têm o mesmo comprimento.
- E** A maior acidez dos fenóis está relacionada com a estabilidade do íon fenóxido

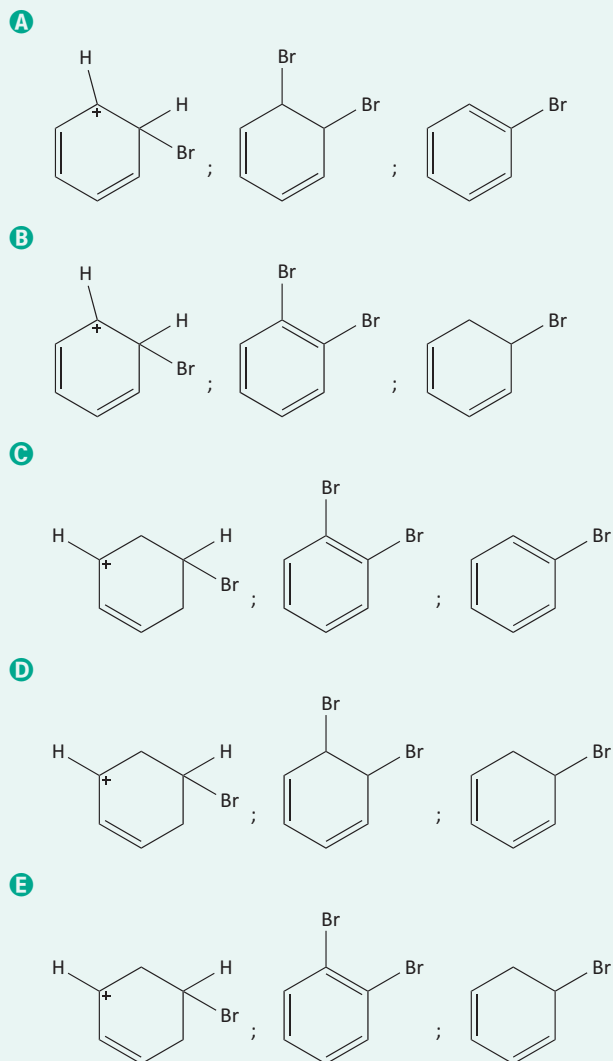
**02| ENEM** O benzeno é um hidrocarboneto aromático presente no petróleo, no carvão e em condensados de gás natural. Seus metabólitos são altamente tóxicos e se depositam na medula óssea e nos tecidos gordurosos. O limite de exposição pode causar anemia, câncer (leucemia) e distúrbios do comportamento. Em termos de reatividade química, quando um eletrófilo se liga ao benzeno, ocorre a formação de um intermediário, o carbocátion. Por fim, ocorre a adição ou substituição eletrofílica.

Disponível em: [www.sindipetro.org.br](http://www.sindipetro.org.br).  
Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

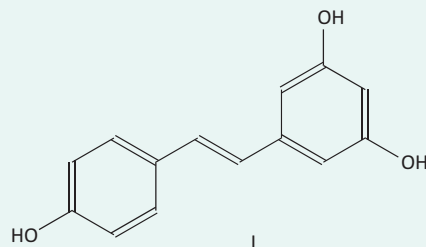


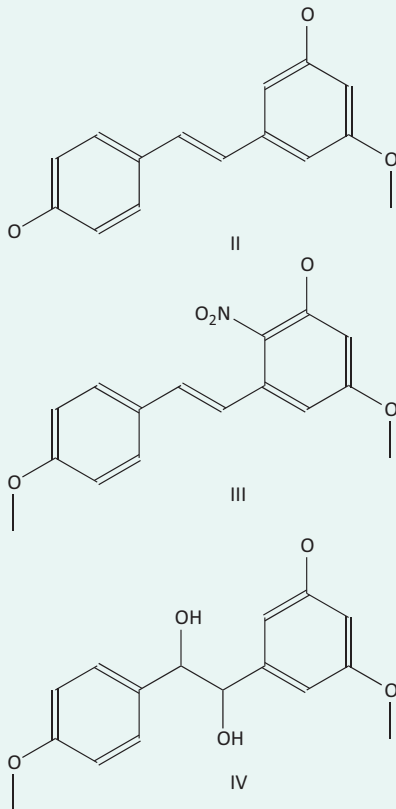
Disponível em: [www.qmc.ufsc.br](http://www.qmc.ufsc.br).  
Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

Com base no texto e no gráfico do progresso da reação apresentada, as estruturas químicas encontradas em I, II e III são, respectivamente:



**03| UFJF** O resveratrol (I) e seus análogos estruturais II, III e IV são conhecidos por apresentar importantes atividades biológicas. Dentre elas, pode-se destacar o efeito de diminuição dos níveis de colesterol de baixa densidade (LDL) no sangue. Sobre as estruturas e as sínteses de I, II, III e IV, são feitas as seguintes afirmações:





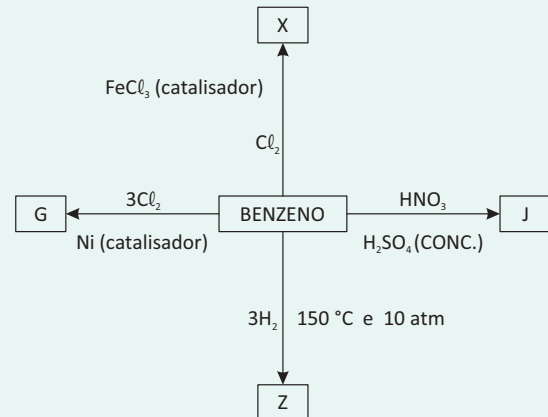
- I. Nas estruturas dos compostos I, II e III, observa-se um alceno onde a geometria da dupla ligação é trans.
- II. Para a preparação do composto IV, a partir da estrutura química do composto II, seria indicado o uso de  $\text{KMnO}_4$  como reagente.
- III. O composto representado pela estrutura química III pode ser preparado a partir do resveratrol (I) apenas pela substituição do hidrogênio fenólico por um grupo metila.
- IV. O composto representado pela estrutura química III é um dos compostos obtidos pela reação do composto II com uma mistura dos ácidos  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e  $\text{HNO}_3$ .

Assinale a alternativa CORRETA.

- A) Apenas as afirmações I, II e IV estão certas.
- B) Apenas as afirmações I e IV estão certas.
- C) Apenas as afirmações I, II e III estão certas.
- D) Apenas as afirmações II, III e IV estão certas.
- E) Apenas as afirmações II e IV estão certas.

**04 | UECE** O benzeno é usado principalmente para produzir outras substâncias químicas. Seus derivados mais largamente produzidos incluem o estireno, que é usado para produzir polímeros e plásticos, o fenol, para resinas e adesivos, e o ciclohexano, usado na manufatura de nylon. Quantidades menores de benzeno são usadas

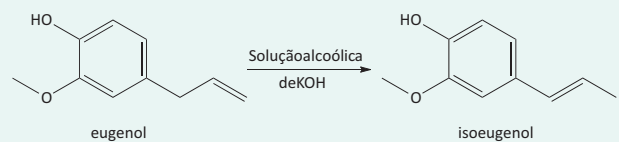
para produzir alguns tipos de borrachas, lubrificantes, corantes, detergentes, fármacos, explosivos e pesticidas. A figura a seguir representa reações do benzeno na produção dos compostos G, J, X e Z, que ocorrem com os reagentes assinalados e condições necessárias.



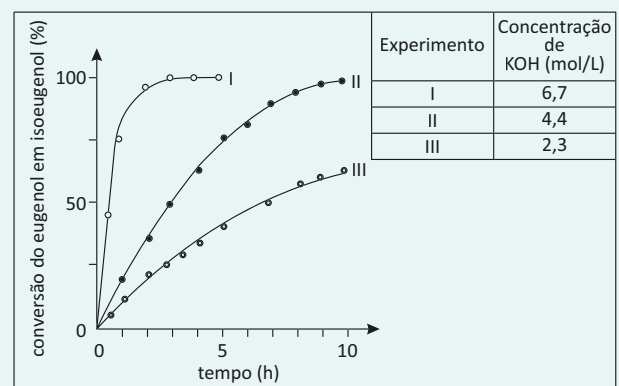
De acordo com o diagrama acima, assinale a afirmação correta.

- A) O composto X é o cloro-ciclohexano.
- B) O composto G é o hexacloreto de benzeno.
- C) O composto Z é o ciclohexano.
- D) O composto J é o nitrobenzeno.

**05 | FUVEST** O eugenol, extraído de plantas, pode ser transformado em seu isômero isoeugenol, muito utilizado na indústria de perfumes. A transformação pode ser feita em solução alcoólica de KOH.



Foram feitos três experimentos de isomerização, à mesma temperatura, empregando-se massas iguais de eugenol e volumes iguais de soluções alcoólicas de KOH de diferentes concentrações. O gráfico a seguir mostra a porcentagem de conversão do eugenol em isoeugenol em função do tempo, para cada experimento.



Analisando-se o gráfico, pode-se concluir corretamente que

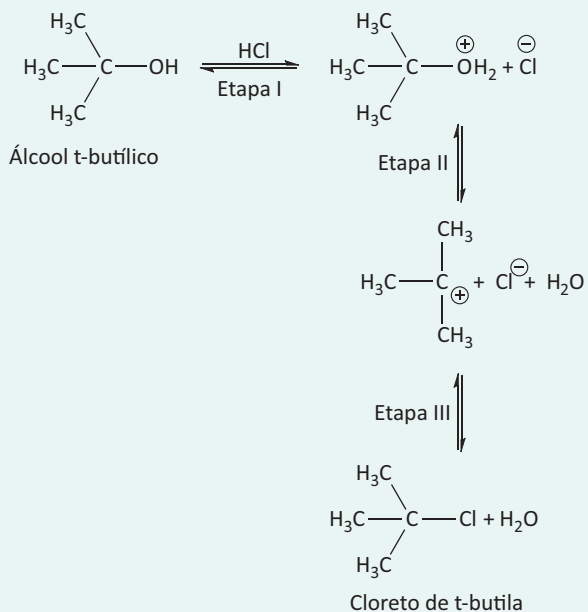
- A** a isomerização de eugenol em isoeugenol é exotérmica.
- B** o aumento da concentração de KOH provoca o aumento da velocidade da reação de isomerização.
- C** o aumento da concentração de KOH provoca a decomposição do isoeugenol.
- D** a massa de isoeugenol na solução, duas horas após o início da reação, era maior do que a de eugenol em dois dos experimentos realizados.
- E** a conversão de eugenol em isoeugenol, três horas após o início da reação, era superior a 50% nos três experimentos.

**06| UNIFOR** Os haletos de alquila são bons substratos para reações de substituição, tendo em vista que os halogênios são bons grupos abandonadores.

Em relação às reações de substituição, assinale a alternativa CORRETA:

- A** Um nucleófilo será substituído por um eletrófilo.
- B** A quebra da ligação entre carbono e halogênio é homolítica.
- C** O eletrófilo apresenta carga formal negativa.
- D** A quebra da ligação entre o carbono e halogênio gera o nucleófilo da reação.
- E** Um nucleófilo é uma espécie rica em elétrons que reage com um eletrófilo.

**07| UEG** O cloreto de t-butila pode ser obtido em laboratório a partir da reação do álcool t-butílico com ácido clorídrico concentrado, sendo ao final o produto separado do meio reacional por decantação e, em seguida, purificado por destilação fracionada. A equação química que descreve as etapas envolvidas no processo está descrita na figura abaixo.



A análise da figura permite perceber que, na etapa

- A** I, têm-se uma reação ácido-base de Brønsted.
- B** II, têm-se uma clivagem homolítica de ligação química.
- C** III, o carbocátion atua como um nucleófilo.
- D** III, forma-se um produto menos volátil do que o álcool t-butílico.

**08| UESPI** As reações entre álcoois e cloretos de acila são conhecidas como reações de:

- A** substituição nucleofílica.
- B** substituição eletrofílica.
- C** eliminação via radicais livres.
- D** oxidação degradativa.
- E** síntese radicalar.

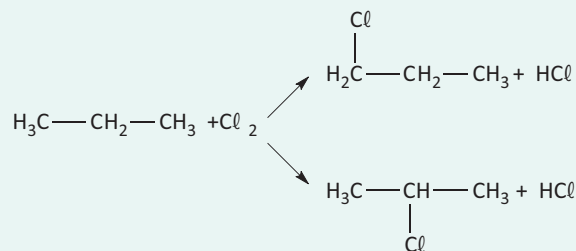
**09| UERN** A reação de substituição entre o gás cloro e o propano, em presença de luz ultravioleta, resulta como produto principal, o composto:

- A** 1-cloropropeno.
- B** 2-cloropropeno.
- C** 1-cloropropano.
- D** 2-cloropropano.

**10| IFGO** A cloração de alcanos é um método sintético para a preparação de cloretos de alquila. Desconsiderando a isomeria óptica, o alcano de peso molecular 114 que apresenta 4 derivados monoclorados é o:

- A** 2,2,4-trimetil-pentano.
- B** 2,4-dimetil-pentano.
- C** 2,3-dimetil-butano.
- D** 3-metil-hexano.
- E** 2-metil-pentano.

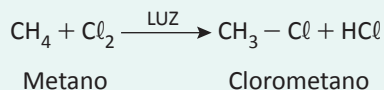
**11| MACK** A reação de halogenação de alcanos é uma reação radicalar, sendo utilizado aquecimento ou uma luz de frequência adequada para que a reação ocorra. Essa reação comumente produz uma mistura de compostos isoméricos, quando o alcano possui mais de uma possibilidade de substituição dos átomos de hidrogênio. O exemplo abaixo ilustra uma reação de monocloração de um alcano, em presença de luz, formando compostos isoméricos.



Assim, ao realizar a monocloração do 3,3-dimetil-hexano, em condições adequadas, é correto afirmar que o número de isômeros planos formados nessa reação é

- A 3
- B 4
- C 5
- D 6
- E 7

**12| UFSM** Os alcanos e os cicloalcanos são extraídos do petróleo e têm valor como combustíveis e como matéria-prima industrial. Esses substratos passam por processos de transformação para funcionalizá-los e torná-los reativos em outros processos químicos. Um exemplo é a reação de halogenação do metano a seguir.



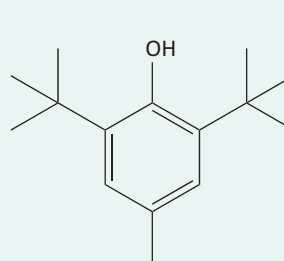
No processo de halogenação de alcanos e cicloalcanos, a luz ultravioleta desempenha um papel importante, pois causa a \_\_\_\_\_ da molécula de cloro, gerando \_\_\_\_\_, intermediários reativos.

Assinale a afirmativa que completa corretamente as lacunas.

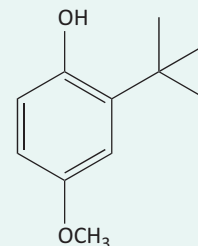
- A heterólise – íons cloro
- B cissão homolítica – íons cloro
- C pirólise – radicais cloro
- D homólise – radicais cloro
- E fotólise – ânions cloro

**13| UEPA** “Aditivo alimentar” é qualquer ingrediente adicionado aos alimentos, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais do alimento. Esses aditivos alimentares são indicados nos rótulos dos produtos, mas sem informação dos seus efeitos na saúde humana, assim não possibilitam ao consumidor mais preocupado com seu bem estar escolher alternativas mais saudáveis. Essas restrições se devem ao conhecimento dos males que alguns aditivos podem causar como, por exemplo, os antioxidantes BHT e BHA (Estruturas abaixo), que são substâncias genotóxicas e causam danos aos genes de uma célula ou de um organismo. Estudos realizados em cobaias, como camundongos e macacos, mostraram que os compostos causam problemas hepáticos,

provocam aumento do metabolismo e reduzem, desse modo, o tecido adiposo. Reduz a reserva hepática de vitamina A e é encontrado em alimentos ricos em óleos e gorduras como manteiga, carnes, cereais, bolos, biscoitos, cerveja, salgadinhos, batatas desidratadas, gomas de mascar.

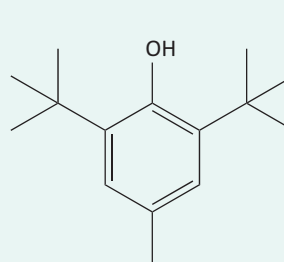


Estrutura I:  
BHT (Butil-Hidroxitolueno)

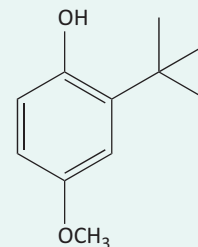


Estrutura I:  
BHA (Butil-Hidroxianisol)

Ainda com relação ao texto “aditivos alimentares” e as estruturas abaixo; avalie as afirmativas.



Estrutura I:  
BHT (Butil-Hidroxitolueno)



Estrutura I:  
BHA (Butil-Hidroxianisol)

- I. Partindo-se do fenol, não substituído, o grupamento Hidroxi (OH) é orto e para dirigente nas reações de substituição eletrofílica.
- II. O grupamento na posição para na estrutura I, chama-se etil.
- III. O grupamento na posição para na estrutura II, chama-se metóxi.
- IV. Partindo-se do fenol, não substituído, o grupamento na posição para na estrutura I, pode ser obtido por alquilação.
- V. Partindo-se do fenol, não substituído, o grupamento na posição orto na estrutura II é um butil.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

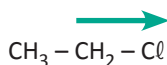
- A I, II, III e IV
- B I, II, III e V
- C I, III, IV e V
- D II, III, IV e V
- E I, II, IV e V

## EFEITOS ELETRÔNICOS INDUTIVOS E MESOMÉRICOS DOADORES E RETIRADORES DE ELÉTRONS

As quebras homolíticas e heterolíticas ocorrem nas reações orgânicas de maneira relativamente previsível. Existem fatores eletrônicos que indicam a posição mais provável de ocorrência de uma possível quebra. Esses efeitos eletrônicos podem ser de caráter indutivo ou de caráter mesomérico.

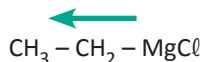
### EFEITOS INDUTIVOS

“Efeitos indutivos são efeitos eletrônicos resultantes da diferença de eletronegatividade entre os elementos participantes de uma ligação (movimento dos elétrons sigma)”. Os efeitos indutivos podem ser doadores de elétrons (I-) ou retiradores de elétrons (I+). Vejamos os seguintes casos:

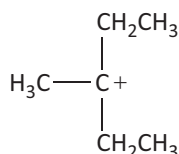


No caso dos haletos de alquila acima, percebemos que a alta eletronegatividade do cloro em relação ao carbono, cria um dipolo permanente. Essa polarização da ligação carbono-haleto é o sítio reacional dos haletos de alquila, ou seja, havendo uma quebra qualquer, fatalmente será nessa ligação. Como os haletos atraem para junto de si o par de elétrons da ligação covalente, dizemos que os haletos exercem um efeito indutivo retirador de elétrons (I+). É importante frisar que o efeito indutivo retirador (e também o doador) de elétrons diminui à medida que o tamanho da cadeia carbônica aumenta.

Ainda podem existir efeitos indutivos que agem no sentido inverso, ou seja, doam elétrons à cadeia carbônica. Observe as situações:



No caso do brometo de etilmagnésio, o carbono está ligado ao magnésio (elemento extremamente eletropositivo) e surge então um dipolo permanente. Mas agora o magnésio tende a doar os elétrons da ligação carbono-magnésio para o próprio carbono. Assim, aumenta a densidade eletrônica da cadeia carbônica, tornando-a um nucleófilo em potencial.

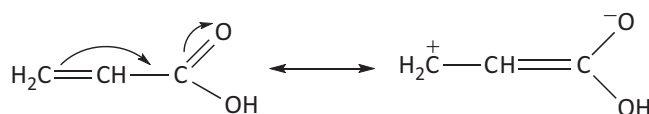


No caso do carbocátion terciário (carga positiva localizada num carbono terciário), existe um efeito indutivo doador de elétrons proveniente dos grupos metila. Esse efeito atua no sentido de minimizar a deficiência de elétrons do carbono terciário e, assim, torná-lo o mais estável possível.

### EFEITOS MESOMÉRICOS

Efeitos mesoméricos são efeitos eletrônicos resultantes do fenômeno de ressonância em um composto conjugado qualquer (movimento dos elétrons pi).

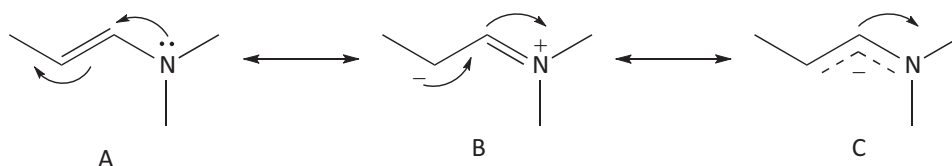
Analogamente, os efeitos mesoméricos podem ser doadores de elétrons (M-) ou retiradores de elétrons (M+).



Nesse caso podemos observar que existe uma estrutura de Lewis onde o carbono adquire carga formal positiva e o oxigênio carga formal negativa. Essas cargas formais são adquiridas pelo deslocamento de elétrons pi num sistema conjugado. Nessa



situação, a cadeia carbônica perde elétrons por ressonância, daí chamamos esse fenômeno de efeito mesomérico retirador de elétrons. Vejamos uma segunda situação:



Nessas estruturas de ressonância, podemos perceber que o carbono adquire carga formal negativa e, o nitrogênio, carga formal positiva. Esse efeito mesomérico permite o aumento da densidade eletrônica do sistema conjugado, portanto, o chamaremos de efeito mesomérico doador de elétrons. É importante frisar que grupos saturados que possuem pares de elétrons não ligantes, quando diretamente ligados a um sistema conjugado, exercerão um efeito mesomérico doador de elétrons. Da mesma forma, grupos insaturados quando diretamente ligados a um sistema conjugado, exercerão um efeito mesomérico retirador de elétrons.

## ACIDEZ E BASICIDADE DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS

O conhecimento prévio do caráter ácido ou básico de uma substância orgânica ou inorgânica qualquer, é fundamental para facilitar o entendimento de inúmeras reações. Praticamente todas as reações envolvem um processo ácido-base. Daí a importância de conhecermos os conceitos ácido-base vigentes hoje em dia.

### ÁCIDO-BASE DE ARRHËNIUS

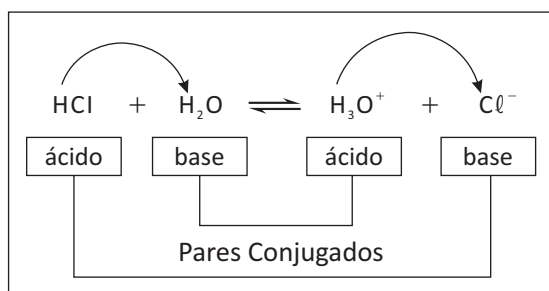
Ácidos são compostos que, em água, são capazes de produzir unicamente íons hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) como cátions.

Bases são compostos que, em água, são capazes de produzir unicamente íons hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) como ânions.

### ÁCIDO-BASE DE BRONSTED-LOWRY

Ácidos são compostos capazes de doar prótons ( $\text{H}^+$ ) e, as bases, são compostos capazes de receber prótons ( $\text{H}^+$ ).

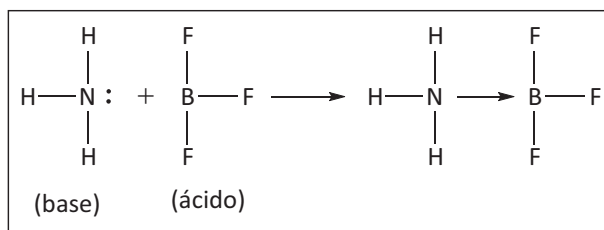
Exemplificando, temos:



Em uma reação envolvendo ácido e base de Bronsted-lowry, teremos os "pares conjugados". Um par conjugado é formado por duas espécies químicas da reação que diferem entre si em apenas um  $\text{H}^+$ .

### ÁCIDO-BASE DE LEWIS

Segundo Lewis: "Ácido é toda espécie capaz de receber pares de elétrons. Já a base, é toda espécie capaz de doar pares de elétrons". Dessa forma, o conceito de Lewis para ácidos e bases elimina a necessidade do solvente ser acceptor de prótons (conceito de Bronsted-Lowry). Temos apenas substâncias que sejam capazes de doar ou receber pares de elétrons. Exemplo:



Neste caso, o nitrogênio apresenta um par de elétrons livres, enquanto o boro apresenta orbitais semipreenchidos (capaz de receber um par de elétrons).

Chegamos num momento muito importante do nosso estudo de ácidos e bases: o conceito ácido-base de Lewis é mais abrangente que os demais vistos até aqui. Acarreta que um ácido de Arrhenius fatalmente será um ácido de Bronsted-lowry e de Lewis. Entretanto, observe que a recíproca não é verdadeira, ou seja, um ácido de Lewis não necessariamente será um ácido de Bronsted-Lowry ou de Arrhenius.

### COMPARANDO A ACIDEZ E BASICIDADE DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

Algumas classes funcionais de compostos orgânicos possuem caráter ácido ou básico mais acentuado. Portanto, é fundamental termos uma breve noção de quais classes de substâncias seriam essas, bem como quais fatores podem contribuir para aumentar ou diminuir a acidez ou a basicidade de um composto orgânico. Experimentalmente, sabe-se que os ácidos carboxílicos, fenóis, álcoois e alcinos verdadeiros possuem, nessa ordem, caráter ácido decrescente. Portanto temos:



É lógico que essa ordem de acidez decrescente deve ser utilizada apenas de forma empírica, quer dizer, nem sempre esta ordem será obedecida. Vários fatores podem interferir no sentido de aumentar ou diminuir a acidez ou a basicidade dessas classes funcionais. Fatores eletrônicos e estruturais são os mais importantes e serão vistos adiante.

Em relação à basicidade dos compostos orgânicos também existem algumas funções que possuem caráter básico acentuado. Destacam-se as aminas, especialmente as alifáticas, por possuírem um par de elétrons não ligantes e funcionarem como bases de Lewis.

### FATORES QUE AFETAM A ACIDEZ E A BASICIDADE DOS COMPOSTOS ORGÂNICOS.

No momento, para avaliarmos a força ácida (ou básica) de um composto orgânico, é suficiente saber que a acidez-basicidade é função da estrutura da molécula e do que chamamos efeitos eletrônicos. As características estruturais de uma molécula, aliada aos efeitos eletrônicos predominantes, determinam quão ácida ou básica será uma substância.

Existem dois tipos de efeitos eletrônicos: retirador de elétrons e doador de elétrons.

Os grupos retiradores de elétrons mais comuns são: X(halotos), NO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>H e CF<sub>3</sub> (aumentam a acidez).

Os grupos doadores de elétrons mais comuns são R(alquila), -O-, -N- (diminuem a acidez). Exemplo:

ácido	K <sub>a</sub>
acético	1,78 x 10 <sup>-5</sup>
monocloroacético	1,35 x 10 <sup>-3</sup>
tricloroacético	1,47 x 10 <sup>-3</sup>

Percebe-se pelo valor de K<sub>a</sub>, que o ácido cloroacético é mais forte do que o ácido acético. Isto se deve ao fato de que o cloro, por ser mais eletronegativo, exerce um efeito retirador de elétrons. Assim, a ligação O - H se torna mais fraca e pode ser rompida com maior facilidade. Dessa forma, aumenta a [H<sup>+</sup>] e o valor de K<sub>a</sub>.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01 | UFG** Acidez e basicidade são propriedades importantes nas reações orgânicas. Considerando-se os efeitos eletrônicos, determine no conjunto A qual é o composto mais ácido e no conjunto B qual é o composto mais básico. Justifique a sua resposta.

**Conjunto A:** H<sub>3</sub>C - COOH; H<sub>2</sub>CCL - COOH; HCCl<sub>2</sub> - COOH

**Conjunto B:** NH<sub>3</sub>; H<sub>2</sub>NCH<sub>3</sub>; (H<sub>3</sub>C)<sub>2</sub>NH

#### Resolução:

*O composto mais ácido no conjunto A é o ácido dicloroetanóico, enquanto que o mais básico no conjunto B é a dimetilamina. Isto ocorre devido ao fenômeno do efeito indutivo provocado pelos grupos ligados à cadeia desses compostos: no ácido os cloros causam efeito iutivo negativo aumentando a acidez; no conjunto B os grupos*

*metil são responsáveis pelos efeitos indutivos positivos que aumentam a basicidade.*

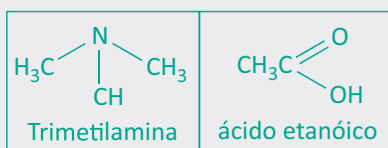
**02 | UFU** As aminas caracterizam-se por sua basicidade e natureza nucleofílica. Em relação às aminas, responda:

- A** Qual é a origem da basicidade das aminas?
- B** Quais são as fórmulas estruturais da trimetilamina e do ácido etanóico?
- C** Qual é a equação química balanceada representativa da reação da trimetilamina com ácido etanóico?

#### Resolução:

- A** *As aminas são bases de Lewis: apresentam um par de elétrons que pode ser doado em um processo ácido/base de Lewis;*

B

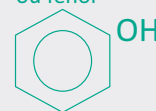

 03| UNICAMP Um dos átomos de hidrogênio do anel benzênico pode ser substituído por  $\text{CH}_3$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{Cl}$  ou  $\text{COOH}$ .

- A Escreva as fórmulas e os nomes dos derivados benzênicos obtidos por meio destas substituições.
- B Quais desse derivados tem propriedades ácidas?

Resolução:

A

 Metil-benzeno  
ou Tolueno

 Hidróxi-benzeno  
ou fenol


Ácido benzóico



Cloro-benzeno



B o fenol e o ácido benzóico

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01| UERJ As amidas podem ser obtidas pela reação entre um ácido carboxílico e a amônia, conforme a seguinte equação geral:



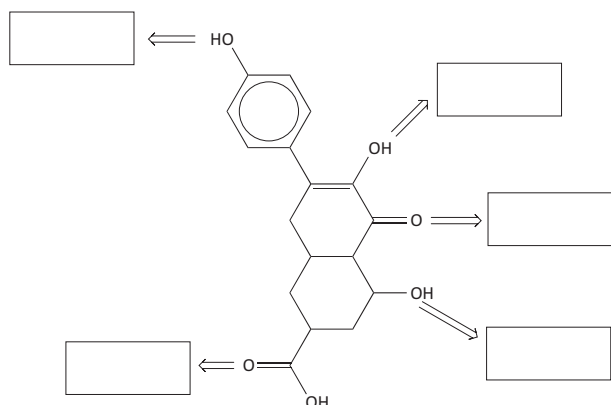
Considere um laboratório no qual estão disponíveis quatro ácidos carboxílicos: etanoico, propanoico, butanoico e pentanoico.

Escreva a equação química completa da reação da amônia com o composto de caráter ácido mais acentuado dentre os disponíveis no laboratório.

Admitindo a substituição da amônia pelo metanol na equação geral, indique a função orgânica do produto formado e o tipo de hibridação do átomo de carbono do grupo funcional desse produto.

02| UEG As propriedades químicas e físicas das moléculas orgânicas são decorrentes da natureza dos grupos funcionais em suas estruturas. Nesse contexto, considere a molécula orgânica abaixo e responda ao que se pede:

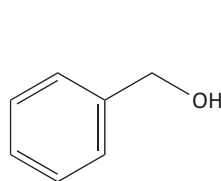
A preencha os quadros abaixo com as respectivas funções orgânicas;



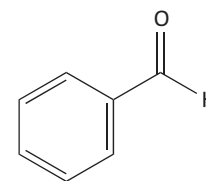
B identifique o hidrogênio mais ácido, justificando a sua resposta.

03| UERJ A cor ligeiramente azulada da água do mar e de algumas geleiras, quando apresentam uma espessura de aproximadamente dois metros, deve-se às interações realizadas entre as moléculas da água.

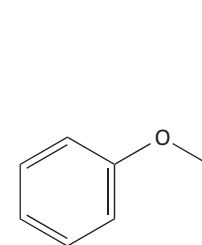
Esse tipo de interação intermolecular também ocorre em outras substâncias. Considere as seguintes moléculas orgânicas:



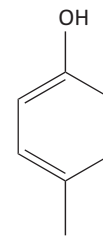
A



B



C

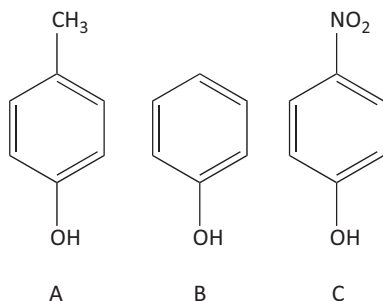


D

Identifique aquelas que têm o mesmo tipo de força intermolecular que a água e apresente suas respectivas nomenclaturas.

Nomeie, ainda, a função química da molécula orgânica de maior caráter ácido.

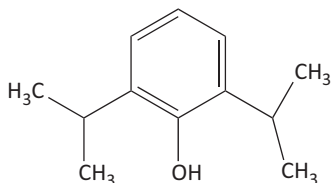
**04| UFES** A acidez e a basicidade são importantes propriedades relacionadas às substâncias orgânicas. Essas propriedades possuem relação direta com a reatividade e a purificação dos compostos orgânicos.



Considerando essas informações e as estruturas apresentadas ao lado, faça o que se pede.

- A** Dê o nome oficial (IUPAC) das substâncias A, B e C.
- B** Coloque em ordem crescente de acidez as substâncias A, B e C.
- C** Explique a diferença de acidez entre as substâncias A, B e C.
- D** Escreva a equação balanceada da reação de B e C com quantidade estequiométrica de NaOH.

**05| PUC** O propofol (Diprivan®) é um anestésico geral intravenoso que ganhou notoriedade nos últimos meses após uma quantidade letal ter sido encontrada no corpo do cantor Michael Jackson. Michael tinha problemas para dormir e utilizava sedativos com frequência. O propofol (ver figura) pode provocar parada cardíaca se for utilizado de forma abusiva.



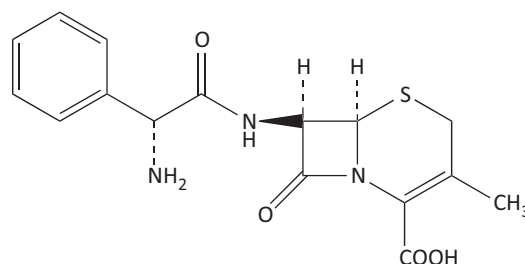
- A** Dê a nomenclatura IUPAC para o propofol.
- B** O propofol é uma substância aromática, ao contrário do cicloexanol. Qual das duas substâncias apresenta maior acidez relativa? Justifique.

**C** O propofol pode ser sintetizado pela reação entre o fenol e o propeno, na presença de fenóxido de alumínio, como catalisador, a 240 °C. Nessa reação, os coeficientes estequiométricos do fenol, propeno e propofol são, respectivamente, 1, 2 e 1.

Calcule a massa de fenol necessária, em gramas, para se obter 1 mol do anestésico, sabendo que o rendimento dessa reação é 47%. Mostre os cálculos.

**06| UFTM** Considere as seguintes informações sobre o antibiótico cefalexina:

▪ **Fórmula estrutural:**



▪ **Massa molar aproximada:**

$3,5 \times 10^2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- A** Analise a fórmula estrutural da cefalexina e decida se a molécula dessa substância
  - I. apresenta ou não heteroátomo;
  - II. apresenta ou não anel aromático;
  - III. interage ou não com HCl;
  - IV. interage ou não com NaOH;
  - V. é ou não uma dicetona;
  - VI. apresenta ou não grupo metila;
  - VII. apresenta ou não a função amida.
- B** Quais são os produtos da combustão completa da cefalexina?
- C** Que quantidade, em mol de átomos de carbono, há em 1 mol de moléculas desse antibiótico? A que porcentagem em massa corresponde esse valor?

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UNICAMP** A coloração verde de vegetais se deve à clorofila, uma substância formada por uma base nitrogenada ligada ao íon magnésio, que atua como um ácido de Lewis. Essa coloração não se modifica quando o vegetal está em contato com água fria, mas pode se modificar no cozimento do vegetal. O que leva à mudança de cor é a troca dos íons magnésio por íons hidrogênio, sendo

que a molécula da clorofila permanece eletricamente neutra após a troca. Essas informações permitem inferir que na mudança de cor cada íon magnésio é substituído por

- A** um íon hidrogênio e a mudança de cor seria mais pronunciada pela adição de vinagre no cozimento.

- B** dois íons hidrogênio e a mudança de cor seria mais pronunciada pela adição de vinagre no cozimento.
- C** dois íons hidrogênio e a mudança de cor seria menos pronunciada pela adição de vinagre no cozimento.
- D** um íon hidrogênio e a mudança de cor seria menos pronunciada pela adição de vinagre no cozimento.

**02| UNIMONTES** Considere as constantes de ácidos e de suas bases conjugadas:

Ácidos	Ka	Bases conjugada	Kb
I $\text{H}_3\text{PO}_4$	$7,5 \times 10^{-3}$	I $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$	$1,3 \times 10^{-12}$
II $\text{C}_5\text{H}_5\text{NH}^+$	$5,9 \times 10^{-6}$	II $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,7 \times 10^{-9}$
III $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$	$8,0 \times 10^{-5}$	III $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-$	$1,3 \times 10^{-10}$

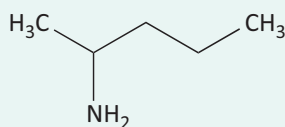
Em relação aos ácidos e bases conjugadas, assinale a alternativa CORRETA.

- A** Uma solução  $\text{KH}_2\text{PO}_4/\text{H}_3\text{PO}_4$  pode ser um sistema tampão.
- B** O ácido ascórbico,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ , é mais forte que o ácido fosfórico.
- C** A base conjugada do ácido fosfórico,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ , é muito forte.
- D** O ácido conjugado da piridina,  $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ , é eletricamente neutro.

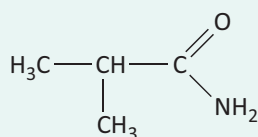
**03| UECE** Para aumentar o número de terrenos onde se cultivam produtos agrícolas para a produção de biocombustíveis, é preciso aplicar pesticidas e adubos nitrogenados que podem causar uma rápida erosão do solo, ocasionando danos ao meio ambiente.

Atente para os seguintes compostos nitrogenados.

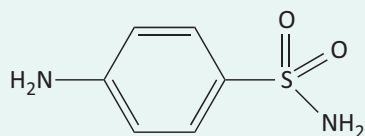
I.



II.



III.



Com relação aos compostos nitrogenados apresentados acima, assinale a afirmação verdadeira.

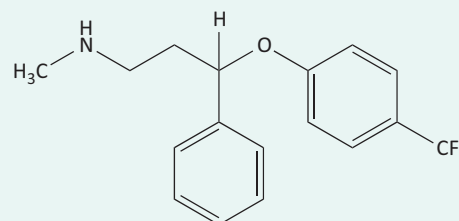
- A** O composto I é uma amina secundária, porque possui dois hidrogênios ligados ao nitrogênio.
- B** O composto II é uma amina primária.
- C** O composto III é uma amida aromática.
- D** A basicidade do composto III é menor do que a do composto I.

**04| UNIEVANGÉLICA** Leia os quadrinhos a seguir.



Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/ilustrada/cartum/cartunsdiaarios/#4/9/2013>. Acesso em: 16 set. 2013.

A figura a seguir mostra a estrutura da fluoxetina, a molécula ativa do medicamento antidepressivo patenteado com o nome comercial Prozac pela companhia farmacêutica Eli Lilly.



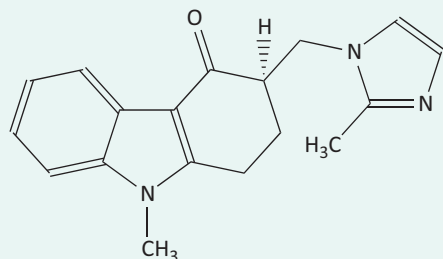
Fórmula estrutural da fluoxetina

Analisando a estrutura molecular da fluoxetina, verifique-se que

- A** a presença de três átomos do halogênio flúor faz com que a molécula apresente forte caráter apolar.
- B** o heteroátomo de oxigênio interposto na cadeia orgânica da molécula indica que a mesma foi obtida por uma reação de esterificação.
- C** a ausência de carbono assimétrico na molécula impossibilita a existência de isômeros ópticos ou enantiômeros.
- D** a presença de um grupo amina, com um par de elétrons livres, confere um caráter alcalino à molécula.

**05| UNIFICADO** Ondansetrona é uma substância ativa de medicamentos, que possui atividade antiemética. É utilizada para controlar as náuseas e vômitos provocados por quimioterapia e radioterapia, assim como em pós-operatórios, pelo mesmo motivo. A ondansetrona, ao ser usada na prevenção e tratamento de náuseas e vômitos, não estimula o peristaltismo gástrico ou intestinal.

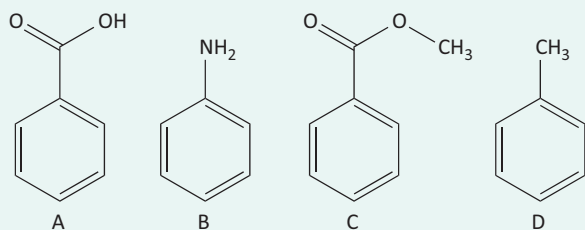
Sua fórmula estrutural está representada a seguir.



O caráter desse composto e seu isômero de função são, respectivamente,

- A** básico; amina
- B** básico; aldeído
- C** neutro; amida
- D** ácido; álcool
- E** ácido; cetona

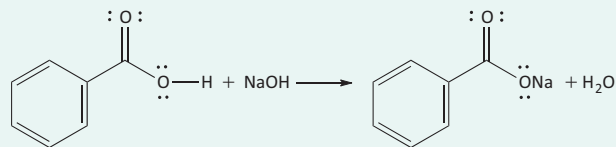
**06| MACK** A respeito dos compostos orgânicos A, B, C e D, abaixo representados e armazenados em recipientes individuais, sob as mesmas condições de temperatura e pressão, é correto afirmar que



- A** o composto A possui uma carboxila, que é um grupo orto-para-dirigente.
- B** o composto B é uma amida que apresenta característica básica.
- C** o composto C é um éster derivado do álcool benzílico.
- D** o composto D é o que apresenta a maior pressão de vapor.
- E** todos são aromáticos e formam ligações de hidrogênio intermoleculares.

**07| UFT** As reações ácido-base são fundamentais para o entendimento das reações dos compostos orgânicos. Muitas das reações que ocorrem em química orgânica são reações ácido-base ou envolvem uma reação ácido-base em alguma etapa. O estudo dessas reações nos permite examinar

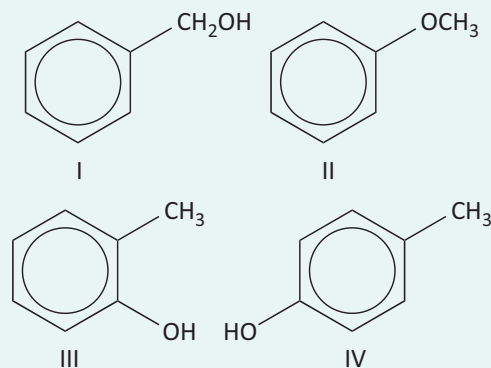
ideias a respeito da relação entre as estruturas das moléculas e suas reatividades, o papel do solvente e entender como determinados parâmetros termodinâmicos podem ser utilizados para prever quanto de produto será formado. Considere a equação que representa a reação entre o ácido benzóico e solução aquosa de hidróxido de sódio:



Sobre essa reação é CORRETO afirmar que:

- A** Durante a reação, ocorre a quebra da ligação covalente de forma homolítica entre o hidrogênio e o oxigênio no ácido benzóico para formar a base conjugada.
- B** Devido à sua acidez, o ácido benzóico insolúvel em água dissolve-se em solução aquosa de hidróxido de sódio.
- C** O anel benzênico presente no ácido benzóico não exerce influência para a perda do próton.
- D** A adição de um solvente prótico diminui a acidez do ácido benzóico devido à diminuição da entropia do solvente, causada pelo efeito da solvatação.
- E** A reação é reversível, pois o sal formado após a perda do próton reage com as moléculas de água, regenerando o ácido benzóico.

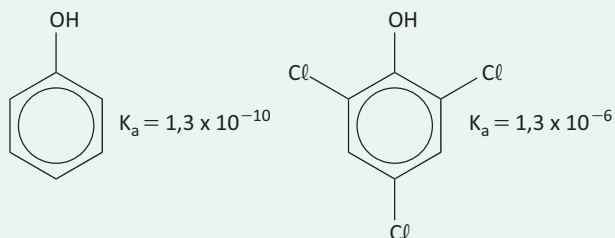
**08| FCM** Considere as substâncias representadas pelas seguintes fórmulas estruturais



Em relação a essas substâncias a alternativa ERRADA é:

- A** As substâncias I, II, III e IV têm a mesma fórmula molecular.
- B** As substâncias III e IV são ácidos mais fortes do que I e II.
- C** A temperatura de ebulição da substância I é maior do que a da II.
- D** As substâncias III e IV são isômeros funcionais.

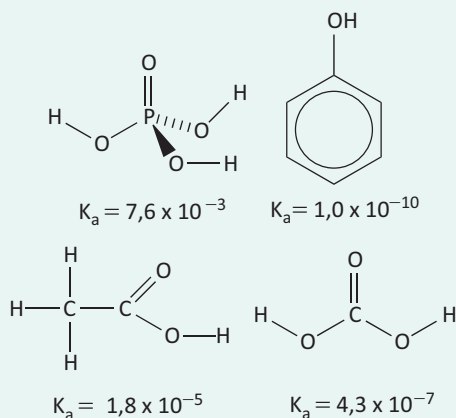
**09| FCM** Considere as estruturas das substâncias e suas constantes de dissociação.



Em relação a essas substâncias, a alternativa ERRADA é:

- A** Tanto o fenol como o 2,4,6-triclorofenol são ácidos suficientemente fortes para reagirem com o bicarbonato de sódio.
- B** Por melhor acomodar a carga negativa, a base 2,4,6-triclorofenolato é mais estável do que a base fenolato.
- C** Embora tenham a mesma carga negativa, a base fenolato é mais forte do que a base 2,4,6-triclorofenolato.
- D** Devido ao efeito indutivo, o 2,4,6-triclorofenol é ácido mais forte do que o fenol.

**10| MACK** Uma substância química é considerada ácida devido a sua tendência em doar íons  $H^+$  em solução aquosa. A constante de ionização  $K_a$  é a grandeza utilizada para avaliar essa tendência. Assim, são fornecidas as fórmulas estruturais de algumas substâncias químicas, com os seus respectivos valores de  $K_a$ , a  $25^\circ C$ .

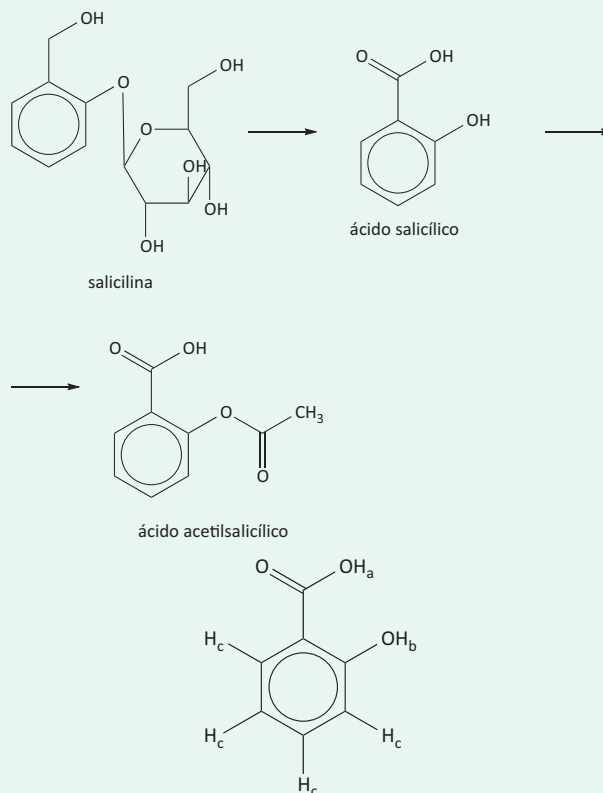


A ordem crescente de acidez das substâncias químicas citadas é

- A** ácido fosfórico < ácido etanoico < ácido carbônico < ácido fênico.
- B** ácido fênico < ácido carbônico < ácido etanoico < ácido fosfórico.
- C** ácido fosfórico < ácido carbônico < ácido etanoico < ácido fênico.
- D** ácido fênico < ácido etanoico < ácido carbônico < ácido fosfórico.

**E** ácido etanoico < ácido carbônico < ácido fênico < ácido fosfórico.

**11| ESCS** Há muitos séculos, a humanidade aprendeu a utilizar as propriedades biológicas de substâncias presentes nas plantas. Por exemplo, no século V a.C., o médico grego Hipócrates relatou que a casca do salgueiro branco (*Salix alba*) aliviava dores e diminuía a febre. O responsável por essas atividades terapêuticas é o ácido salicílico, gerado pela metabolização, pelas enzimas do fígado, da salicilina presente no salgueiro. O ácido salicílico, apesar de suas propriedades terapêuticas, provoca lesões nas paredes do estômago. Para solucionar esse problema, a molécula foi modificada pelo laboratório alemão Bayer, em 1897, por meio da inserção de um grupo acetil. Assim surgiu o ácido acetilsalicílico, primeiro fármaco sintético empregado na terapêutica e que é hoje o analgésico mais consumido e vendido no mundo. A seguir, são apresentadas as estruturas moleculares da salicilina, do ácido salicílico e do ácido acetilsalicílico.



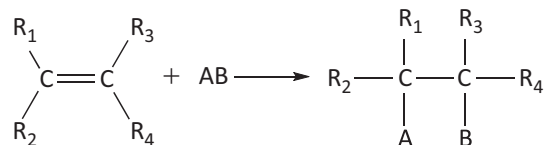
Na figura acima, os hidrogênios presentes na molécula de ácido salicílico são divididos em três tipos, de acordo com a acidez. Assinale a opção em que se apresenta a acidez desses hidrogênios em ordem crescente.

- A**  $H_b < H_a < H_c$
- B**  $H_a < H_b < H_c$
- C**  $H_c < H_b < H_a$
- D**  $H_a < H_c < H_b$



## REAÇÕES DE ADIÇÃO

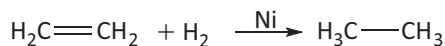
Nas reações de adição há uma diminuição do grau de insaturação do composto e um aumento no número de grupos ligados à cadeia. Essas reações ocorrem principalmente em alcenos e alcinos, obedecendo à seguinte forma geral:



### ADIÇÃO EM ALCENOS

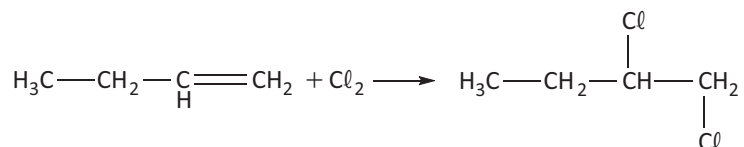
#### ▪ Hidrogenação catalítica (Sabatier-Senderens)

Reação com  $H_2$  utilizando níquel como catalisador. O produto é um alcano. Essa reação corresponde a um dos métodos de obtenção de alcanos.



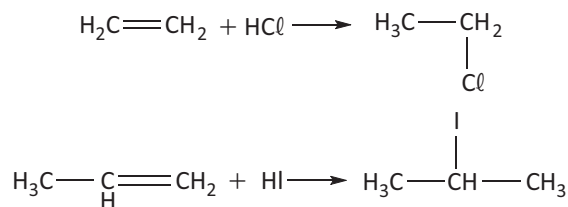
#### ▪ Halogenação

Os alcenos reagem com halogênios produzindo di-haletos vicinais. A reatividade dos halogênicos é a seguinte:  $Cl_2 > Br_2 > I_2$ .



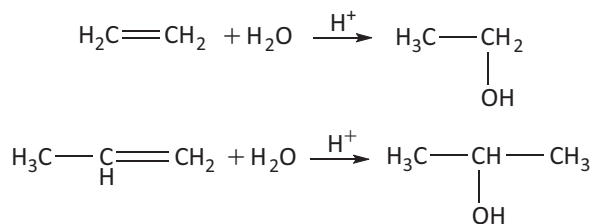
#### ▪ Adição de halogenidreto

Corresponde à reação de alcenos com ácidos dos halogênicos. A ordem de reatividade desses ácidos corresponde à ordem decrescente de forças:  $HI > HBr > HCl$ . Atente-se para a Regra de Markovnikov: “em uma reação de adição, o hidrogênio é adicionado ao carbono mais hidrogenado da dupla.”



#### ▪ Hidratação (adição de água)

A reação de alceno com água produz um álcool e segue, também, a regra de Markovnikov.

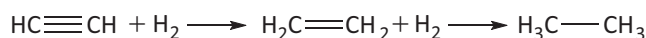


### ADIÇÃO EM ALCINOS

Por apresentarem uma tripla ligação, os alcinos sofrem em dobro as mesmas reações de adição que os alcenos.

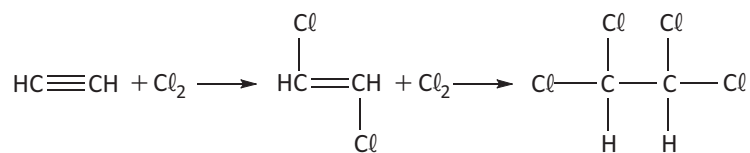
#### ▪ Hidrogenação

Numa primeira etapa, o alcino é convertido em alceno que, em seguida, pode ser transformado em um alcano.



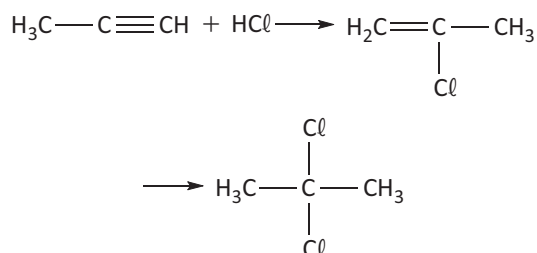
### Halogenação

Segue os mesmos modelos da hidrogenação.



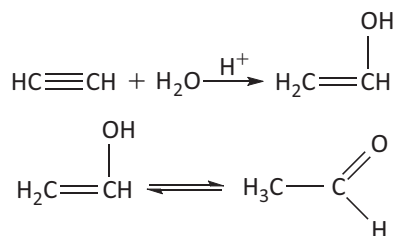
### Adição de halogenidretos

A reação de adição de ácidos dos halogênios segue também a regra de Markovnikov.



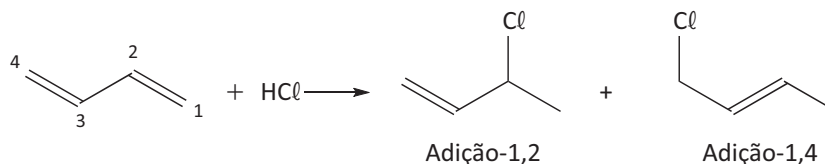
### Hidratação (adição de água)

A hidratação de alcinos acaba produzindo um enol. Como foi visto em isomeria, os enóis produzem aldeídos ou cetonas. Se o alcino original for o etino (ou acetileno), o produto será etanal. Qualquer outro alcino tem como produto uma cetona em função da regra de Markovnikov.



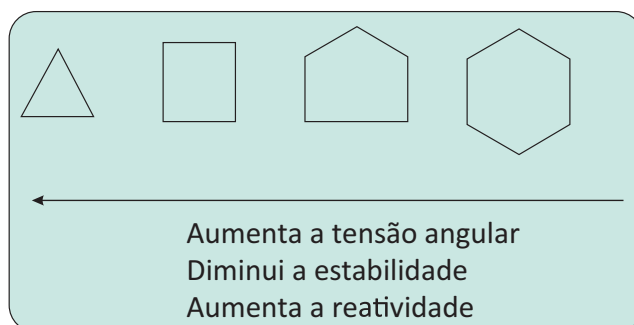
### ADIÇÃO EM ALCADIENOS:

- Alcadienos isolados: regem semelhante aos alcenos.
- Alcadienos acumulados: regem semelhante aos alcenos, exceto na hidratação.
- Alcadienos conjugados: apresentam comportamento especial nas reações eletrofílicas devido ao fenômeno da ressonância.

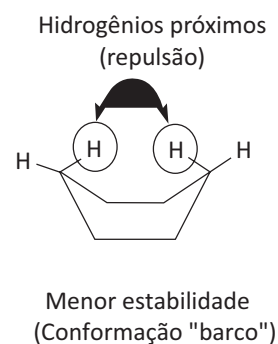
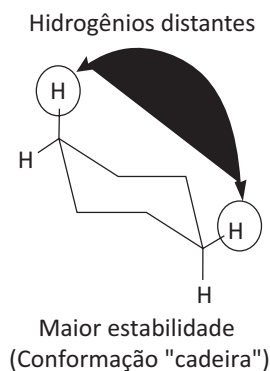
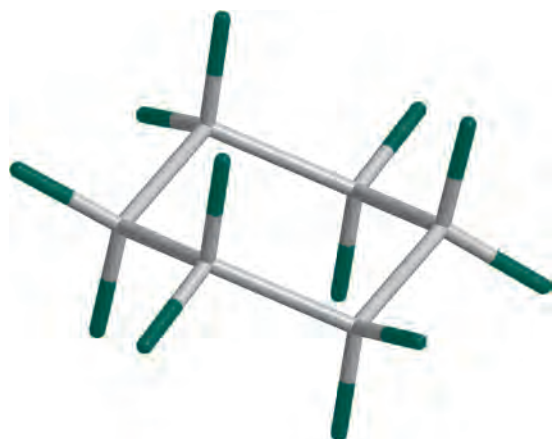


### ADIÇÃO EM CICLANOS

Devido à grande tensão, os anéis de três e quatro carbonos se comportam como alcenos e apresentam tendência de sofrer adições (alta tensão angular – Teoria de Baeyer).

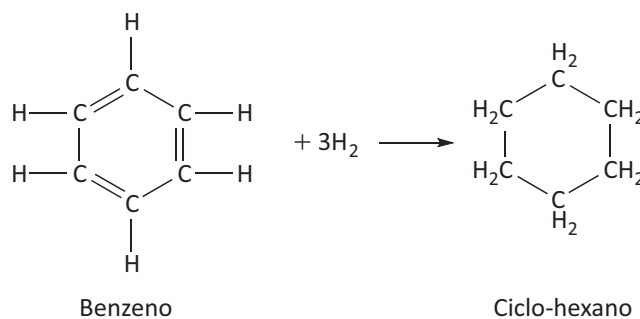


Dados experimentais mostraram que o ciclohexano é o mais estável dos ciclanos. Sachse e Mohr demonstraram que os átomos de carbono no ciclohexano não estão em um mesmo plano. Vejamos a ilustração abaixo:



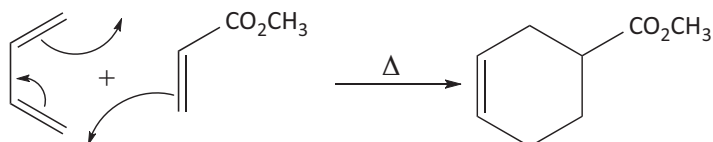
### ADIÇÃO EM AROMÁTICOS

Ocorre com catalisadores (Ni ou Pt) em condições drásticas (300 °C e 200 atm).



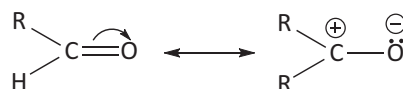
### DIELS- ALDER

Reação utilizada para a produção de polímeros- cicloadição.



### ADIÇÃO À CARBONILA (C=O)

Aldeídos e cetonas são muito reativos, sendo que os aldeídos são mais reativos do que as cetonas.



A carbonila é altamente polarizada devido à ressonância. A carga positiva torna o carbono suscetível aos ataques nucleófilos.

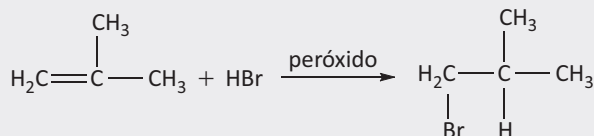
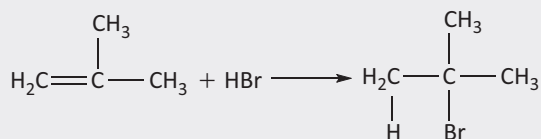
Adições mais comuns: adição de compostos de Grignard (RMgX).

De acordo com a sequência apresentada pelas equações teremos:

- a partir de aldeído fórmico → álcool primário;
- a partir de um aldeído qualquer → álcool secundário;
- a partir de uma cetona → álcool terciário.

**R** EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

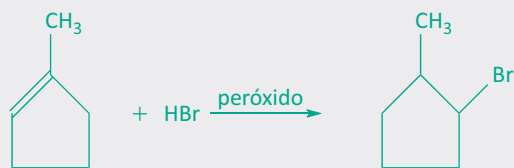
**01| FUVEST** A adição de HBr a um alceno pode conduzir a produtos diferentes caso, nessa reação, seja empregado o alceno puro ou o alceno misturado a uma pequena quantidade de peróxido.



- A** O 1-metilciclopenteno reage com HBr de forma análoga. Escreva, empregando fórmulas estruturais, as equações que representam a adição de HBr a esse composto na presença e na ausência de peróxido.
- B** Dê as fórmulas estruturais dos metilciclopentenos isoméricos (isômeros de posição).
- C** Indique o metilciclopenteno do item b que forma, ao reagir com HBr, quer na presença, quer na ausência de peróxido, uma mistura de metilciclopentanos monobromados que são isômeros de posição. Justifique.

**Resolução:**
**A**


1-bromo-1-metilciclopentano



1-bromo-2-metilciclopentano

**B**


1-metilciclopenteno    3-metilciclopenteno



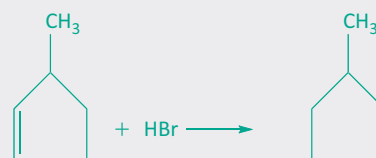
4-metilciclopenteno

- C** O metilciclopenteno que responde a questão é o 3-metil-ciclopenteno pois:



3-metilciclopentano

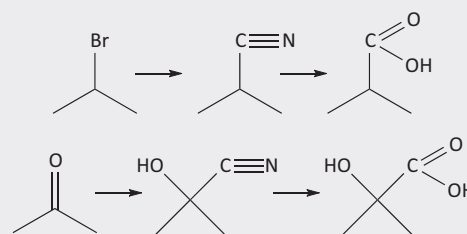
1-bromo-2-metilciclopentano



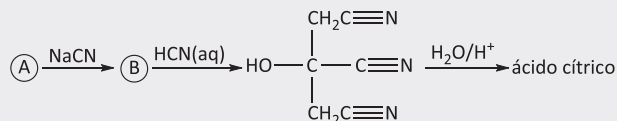
3-metilciclopentano

1-bromo-3-metilciclopentano

**02| FUVEST** A hidrólise ácida de uma nitrila produz um ácido carboxílico. As nitrilas podem ser preparadas pela reação de um haleto de alquila com cianeto de sódio ou pela reação de um composto carbonílico com ácido cianídrico, como ilustrado abaixo:



Essas transformações químicas foram utilizadas para preparar, em laboratório, ácido cítrico.

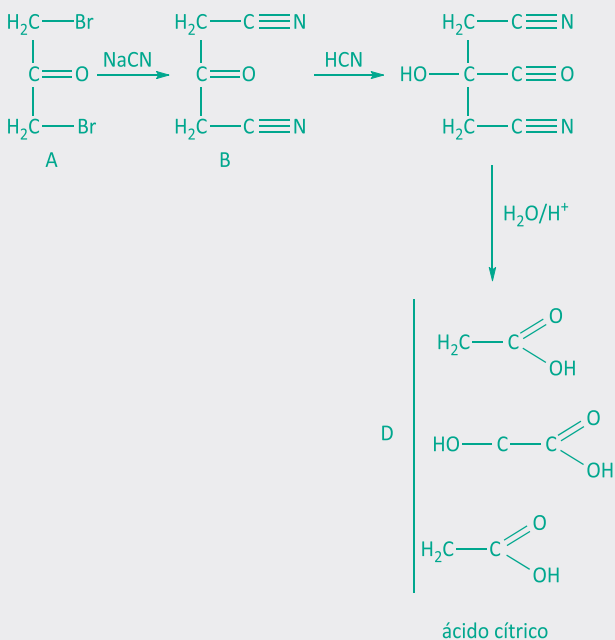


Assim sendo, dê a fórmula estrutural

- A** do ácido cítrico.  
**B** de B.  
**C** de A.

**Resolução:**

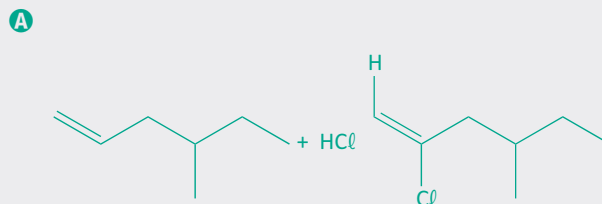
Analisando os dados do exercício, concluímos que:



**03| UFG** A adição de um ácido halogênio gasoso à dupla ligação de um alceno produz apenas o 2-cloro-4-metil-hexano.

- A** Escreva a equação que representa esta reação.
- B** Explique o mecanismo para esta reação.

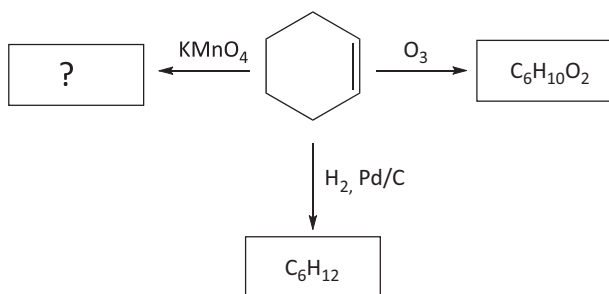
**Resolução:**



- B** a ligação  $\pi$  é uma nuvem eletrônica (carga negativa) e atrai reagentes positivos (eletrófilos), formando o íon carbônio secundário que é mais estável que o íon carbônio primário em função dos efeitos eletrônicos indutivos, prevalecendo, assim, a regra de Markownikoff.

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01| UFJF** O cicloexeno é um composto intermediário muito importante na indústria química, devido à sua capacidade de redução e oxidação, gerando produtos de valor agregado. Considerando a formação dos produtos principais em todas as reações, responda às questões a seguir.



- A** Qual a estrutura química do produto principal da reação entre o cicloexeno e o  $\text{KMnO}_4$ ? Esse produto, na presença de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  em meio ácido, conduzirá a uma dicetona. Represente a equação química simplificada para essa reação.
- B** Forneça as estruturas químicas para os compostos de fórmulas moleculares  $\text{C}_6\text{H}_{12}$  e  $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_2$ , respectivamente.
- C** O que aconteceria com o cicloexeno se tratado com uma solução aquosa ácida? Se houver alguma reação química, esboce a equação.

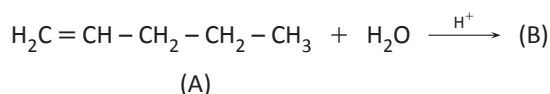
- D** Forneça a estrutura química do produto principal para a reação do cicloexeno com  $\text{Br}_2$  e com  $\text{HBr}$ , respectivamente.

**02| UFU** O propeno é um hidrocarboneto produzido durante o craqueamento do petróleo, constituindo-se uma das matérias primas mais relevantes da indústria petroquímica. Esta substância reage com o  $\text{HI}$ , podendo gerar dois produtos.

Sobre essa reação, faça o que se pede.

- A** Apresente o nome de dois possíveis produtos da reação entre o propeno e o  $\text{HI}$ .
- B** Indique qual dos produtos se forma predominantemente.
- C** A partir das teorias da química, explique o porquê da predominância de um produto sobre o outro.

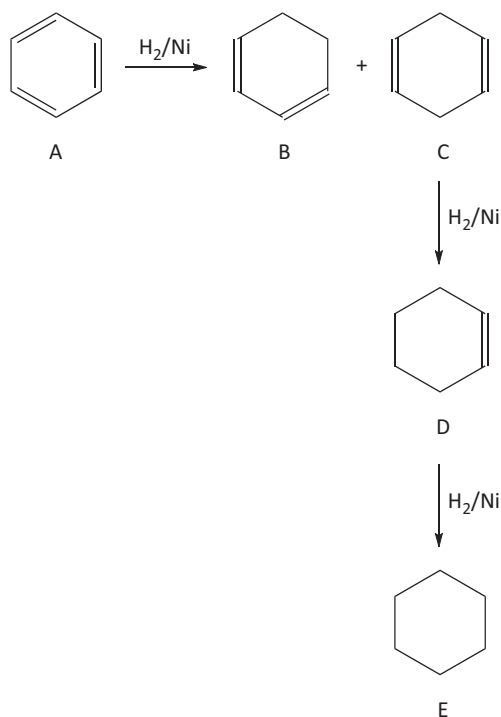
**03| PUC** Alcenos são hidrocarbonetos muito utilizados na indústria química. No esquema abaixo, está representada a reação de adição de água ao alceno (A) catalisada por ácido, gerando o produto (B).



De acordo com estas informações, faça o que se pede:

- A** Represente a fórmula estrutural do composto (B) obtido a partir de 1 mol do composto (A) com 1 mol de  $H_2O$ .
- B** Dê o nome, segundo a nomenclatura oficial da IUPAC, dos compostos (A) e (B).
- C** Represente a fórmula estrutural do isômero de posição do composto (A).

**04| UFG** Compostos aromáticos sofrem reduções catalíticas, o que é útil quando se deseja obter outras substâncias a partir das aromáticas. O benzeno pode ser convertido em ciclohexano, conforme a sequência de reações químicas representadas a seguir.

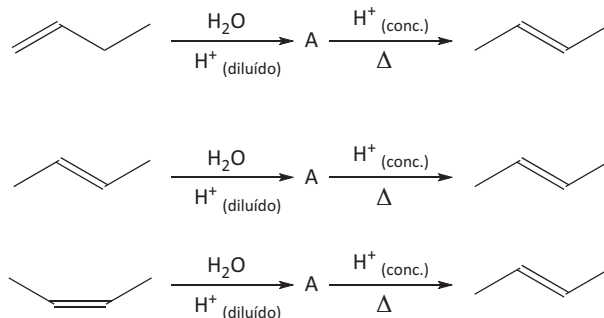


Considerando-se o exposto,

- A** escreva a fórmula molecular de todas as substâncias representadas;

- B** identifique e escreva o tipo de isomeria existente entre B e C;
- C** escreva o produto obtido quando a substância D for submetida a uma reação de hidratação.

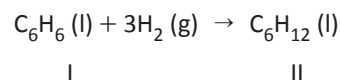
**05| UFG** Em um experimento de laboratório, um aluno realizou três reações, partindo de diferentes alcenos, conforme equações químicas apresentadas a seguir.



Com base nas equações acima,

- A** escreva a fórmula estrutural da substância A;
- B** cite os tipos de isomeria existente entre os alcenos representados nas reações;
- C** explique por que o aluno obteve apenas um alceno como produto, apesar de ter partido de três alcenos diferentes.

**06| UFG** A reação de hidrogenação do benzeno pode ser representada pela equação química apresentada a seguir.



Considerando o exposto,

- A** escreva as estruturas planas dos compostos I e II.
- B** indique: (i) o número de ligações pi, (ii) o número de ligações sigma e (iii) o tipo de hibridização dos átomos de carbono nos compostos I e II.

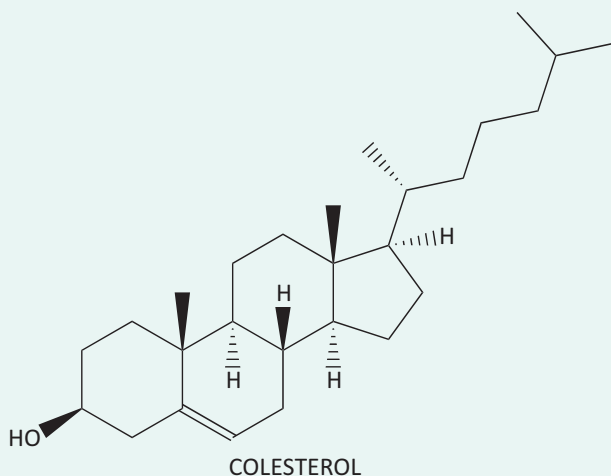
## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UFRN** O etino ( $C_2H_2$ ), conhecido como acetileno, é bastante usado em solda de metais. Quando obtido na indústria, pode apresentar impurezas como o sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ), molécula de geometria angular. Se o gás acetileno contiver essa impureza, pode ser purificado fazendo-o passar através de

- A** éter metílico ( $CH_3OCH_3$ ), pois o  $H_2S$  é dissolvido, e o etino, pelo fato de ser formado por moléculas polares, não se dissolve nele.

- B** tetracloreto de carbono líquido ( $CCl_4$ ), pois o  $H_2S$  é dissolvido, e o etino, pelo fato de ser formado por moléculas apolares, não se dissolve nele.
- C** água líquida ( $H_2O$ ), pois o  $H_2S$  é dissolvido, e o etino, pelo fato de ser formado por moléculas apolares, não se dissolve nela.
- D** pentano ( $C_5H_{12}$ ), pois o  $H_2S$  é dissolvido, e o etino, pelo fato de ser formado por moléculas polares e apolares, não se dissolve nele.

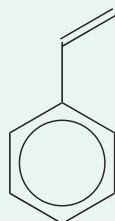
**02| UECE** As gorduras trans devem ser substituídas em nossa alimentação. São consideradas ácidos graxos artificiais mortais e geralmente são provenientes de alguns produtos, tais como: óleos parcialmente hidrogenados, biscoitos, bolos confeitados e salgados. Essas gorduras são malélicas porque são responsáveis pelo aumento do colesterol “ruim” LDL, e também reduzem o “bom” colesterol HDL, causando mortes por doenças cardíacas.



Com respeito a essas informações, assinale a afirmação verdadeira.

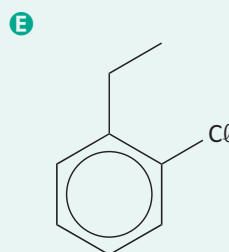
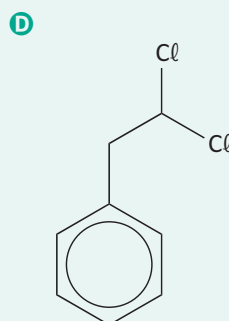
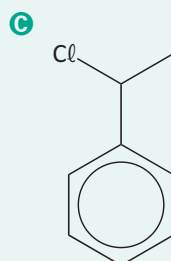
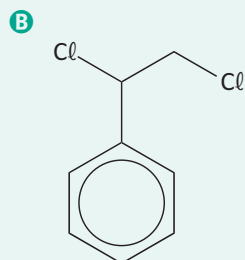
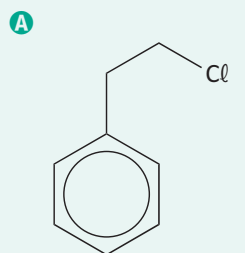
- A** As gorduras trans são um tipo especial de gordura que contém ácidos graxos saturados na configuração trans.
- B** Na hidrogenação parcial, tem-se a redução do teor de insaturações das ligações carbono-carbono.
- C** Colesterol é um fenol policíclico de cadeia longa.
- D** Ácido graxo é um ácido carboxílico (COH) de cadeia alifática.

**03| FM PETRÓPOLIS** O estireno é um hidrocarboneto obtido a partir da destilação fracionada do petróleo, tem odor característico e seu ponto de ebulição é baixo, a ele conferindo uma volatilidade elevada. É empregado industrialmente como isolante térmico e nas reações de polimerização para a fabricação de plásticos e borrachas.



Estireno

O produto da reação de adição do ácido clorídrico à parte alifática do estireno está representado em

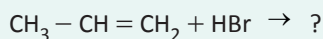


**04| UNIFOR** Os alcenos sofrem reação de adição. Considere a reação do eteno com o ácido clorídrico (HCl) e assinale a alternativa que corresponde ao produto formado.

- A**  $\text{CH}_3\text{CH}_3$
- B**  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
- C**  $\text{ClCHCHCl}$
- D**  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$
- E**  $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$

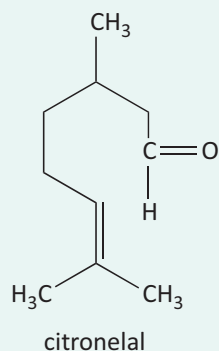


05| IFGO Numa reação de adição, como a que é apresentada abaixo, se espera como produto principal:



- A 1-bromopropano.
- B 2-bromopropano.
- C hidrogenobromopropano.
- D 3-bromopropano.
- E 2-bromopropeno.

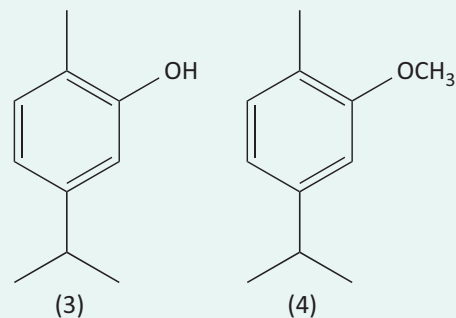
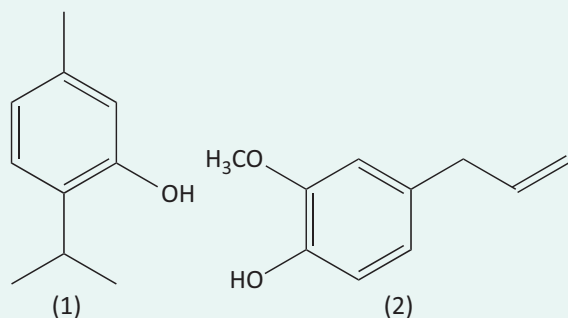
06| UNESP Em época de aumento de incidência de dengue, é comum o uso de extratos vegetais para repelir o mosquito responsável pela propagação da doença. Um dos extratos mais usados é o óleo de citronela. A substância responsável pela ação repelente do óleo de citronela é conhecida como citronelal, cuja fórmula estrutural é fornecida a seguir.



Com relação ao citronelal, é correto afirmar que

- A apresenta isomeria ótica.
- B tem fórmula molecular  $\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}$ .
- C apresenta duplas ligações conjugadas.
- D não sofre reação de hidrogenação.
- E apresenta a função cetona.

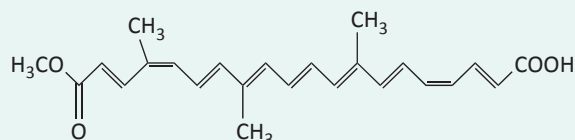
07| FPS Bioensaios com óleos essenciais de duas espécies de *Monarda* indicam que compostos presentes nesses óleos têm atividade repelente para o mosquito da febre amarela. Dentre os compostos isolados desses óleos temos os apresentados a seguir:



Assinale a alternativa correta.

- A Todos os compostos são fenóis.
- B Os compostos 1, 3 e 4 devem apresentar pontos de ebulição e solubilidade em água muito similares.
- C O composto 2 apresenta uma ligação dupla com configuração trans.
- D Apenas o composto 2 sofre reação de adição com HBr.
- E Os compostos 1, 3 e 4 são isômeros.

08| UEFS



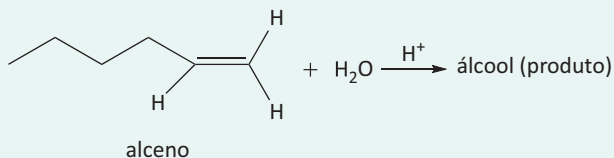
A bixina é um pigmento extraído da semente do urucum, planta usada pelos índios tamoios para pintar a pele e protegê-la de picadas de insetos.

Em relação à bixina, é correto afirmar:

- A Tem fórmula mínima representada por CHO.
- B Forma um sal, ao reagir com solução diluída de NaOH(aq).
- C Possui os grupos funcionais da classe dos éteres e das cetonas.
- D Apresenta teste negativo, ao ser agitada e misturada à solução de cor alaranjada de  $\text{Br}_2$ (aq).
- E É extraída das sementes de urucum com maior facilidade pela água do que pelo clorofórmio,  $\text{CHCl}_3$ (l).

09| UNIUBE Os álcoois são compostos que apresentam muitas aplicações em nosso cotidiano. O etanol, obtido pela fermentação da sacarose da cana-de-açúcar, é o mais conhecido e amplamente utilizado. Os demais álcoois são obtidos de maneira sintética e apresentam impor-

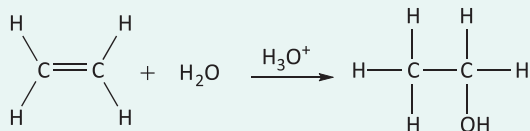
tantes aplicações industriais. A seguir, está representada a reação de hidratação de um alceno (hidrocarboneto insaturado) em meio ácido na síntese de um álcool.



Analisando-se a reação acima, o álcool obtido como produto principal dessa reação, segundo Markovnikov, é o:

- A** Butan-1-ol
- B** Hexan-1-ol
- C** Hexan-2-ol
- D** Butan-2-ol
- E** Pentan-2-ol

**10| UFT** O etanol é considerado uma fonte de energia renovável porque pode ser feito pela fermentação de grãos e de outras fontes agrícolas como o capim ou a cana-de-açúcar. Quando utilizado como um substituto para a gasolina, o etanol tem um menor conteúdo energético, em torno de 34% por unidade de volume. Isso, e outros fatores como a energia necessária para produzir as matérias-primas agrícolas, especialmente o milho, tem criado dúvidas sobre a sensatez de um programa baseado no etanol como fonte renovável de energia. Esses aspectos desviam a produção de culturas de alimentos para uma fonte de energia e pode resultar na escassez mundial de alimentos. Uma forma alternativa de produzir etanol é através da hidratação do eteno catalisada por ácido, como mostrado no esquema abaixo.



Analise as proposições a seguir:

- I. Essa é uma reação de adição que resulta na conversão de uma ligação  $\pi$  e uma ligação  $\sigma$  em duas ligações  $\sigma$ . Esse processo é favorável energeticamente e, portanto, as reações de adição são exotérmicas.
- II. A reação ocorre em etapas, com a formação de um intermediário carregado positivamente. Essa é a etapa determinante da velocidade da reação.
- III. Nessa reação o eteno age como eletrófilo e a água como nucleófilo.
- IV. Na hidratação do eteno é mais viável usar um ácido diluído, pois assim, a concentração de água será elevada e irá favorecer a formação do produto.

É CORRETO o que se afirma em:

- A** I e II apenas.
- B** I, II e III apenas.
- C** II, III e IV apenas.
- D** I, II e IV apenas.
- E** Todas estão corretas.

## REINO PLANTAE

As plantas são seres eucariontes, pluricelulares e autotróficos (realizam fotossíntese). Elas são divididas em quatro grupos, os quais serão estudados posteriormente: **briófitas**, **pteridófitas**, **gimnospermas** e **angiospermas**.

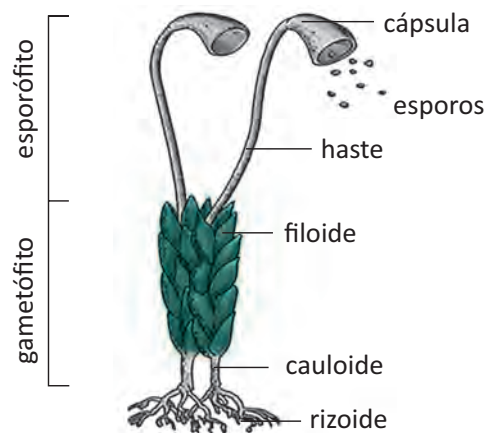
Existem ainda outras classificações possíveis para as plantas: com relação ao aparelho reprodutor, são chamadas **criptógamas** aquelas que possuem órgãos reprodutores pouco visíveis (Briófitas e Pteridófitas). As que possuem órgãos reprodutores evidentes são chamadas **Fanerógamas** (Gimnospermas e Angiospermas). Elas podem também ser classificadas pela presença ou não de vasos condutores de seiva. As plantas que não possuem vasos condutores são denominadas **avasculares**, já as que possuem, são chamadas de **vasculares** ou **traqueófitas**. Apenas as Briófitas são avasculares. As Pteridófitas, as Gimnospermas e as Angiospermas são da classe das traqueófitas.

## BRIÓFITAS

As briófitas são plantas normalmente encontradas em regiões úmidas onde não há incidência direta de luz, porém algumas espécies podem surgir em ambientes com pouca disponibilidade de água. Elas não apresentam vasos condutores de seiva, o que ajuda a explicar o seu tamanho (geralmente medem poucos centímetros). As substâncias são transportadas por difusão, em um lento processo, célula a célula.

Essas plantas não possuem raízes, caules ou folhas, mas apresentam estruturas semelhantes: uma estrutura chamada **rizóide** desempenha a função de fixar a planta ao substrato, a água e os sais minerais dos quais a planta necessita são absorvidos diretamente pela célula do gametófito. O **caulóide** é uma haste que serve para sustentar a planta, mas que não possui vasos condutores, como no caso dos caules. E por fim, há o **filóide**, uma estrutura análoga à folha, que é responsável pela realização da fotossíntese.

Nas briófitas, observamos uma alternância de gerações na qual o **gametófito** (haplóide) constitui a parte mais complexa e permanente da planta e o **esporófito** (diplóide), a parte mais simples e transitória. Veja na figura abaixo a constituição de um musgo:



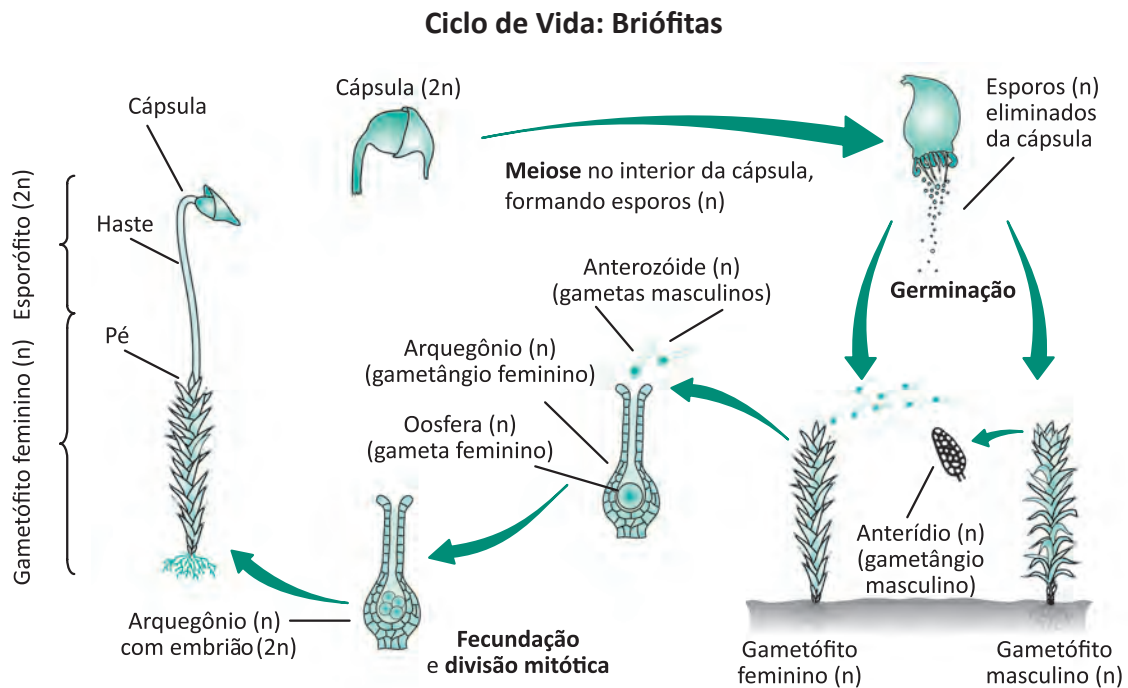
## REPRODUÇÃO DAS BRIÓFITAS

### SEXUADA

Normalmente as briófitas são plantas que possuem sexos separados. Os gametas, tanto masculinos quanto femininos, são formados em estruturas presentes nos gametófitos denominadas **gametângios**. Os gametófitos masculinos produzem os **anterozóides** (gametas masculinos), os quais são flagelados, possibilitando sua locomoção em meio líquido. Já o gameta feminino, a **oosfera**, que é imóvel, é produzida pelos gametófitos femininos. O anterozóide se locomove através da água até a oosfera, onde ocorre a fecundação. A partir daí, surge um zigoto que se desenvolve e forma um esporófito.

Em uma cápsula presente nos esporófitos, por meiose, são formados esporos. Ocorre a liberação dos esporos pelos esporófitos, que morrem logo depois. Os esporos liberados que conseguem germinar, se desenvolvem formando os **protonemas**, estruturas semelhantes a uma alga. Os protonemas, após sucessivas mitoses, dão origem a novos gametófitos, masculinos e femininos.

Observe o esquema abaixo para melhor entendimento:



### ASSEXUADA

As briófitas podem se reproduzir também assexuadamente, por meio de um processo chamado **fragmentação**: partes irregulares da planta, chamadas **propágulos**, desenvolvem-se e formam novos gametófitos.

### PTERIDÓFITAS

São um grupo de vegetais do reino *Plantae*, que tem como principal característica a presença de vasos condutores (xilema e floema), que realizam o transporte de seiva, água e nutrientes. Nas pteridófitas, verificamos um maior desenvolvimento do esporófito, em detrimento do gametófito. O surgimento dos vasos condutores permitiu maior fluidez de nutrientes pelo corpo vegetal, favorecendo o aumento do pote dessas plantas e uma melhor adaptação ao meio terrestre.

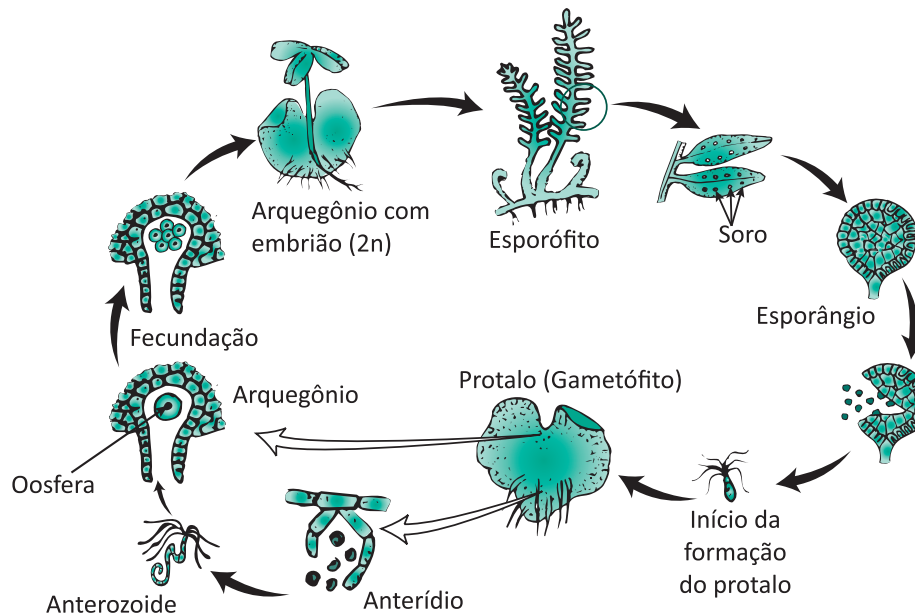
Os exemplos mais conhecidos de pteridófitas são as **samambaias**, **selaginela** e a **cavalinha**.

### REPRODUÇÃO

A reprodução ocorre num ciclo **haplodiplobionte** que pode apresentar uma fase assexuada e outra fase sexuada, por brotamento.

As samambaias, por exemplo, possuem uma espécie de caule subterrâneo pequeno (rizoma) do qual saem as folhas. Durante o período de reprodução, surgem nas partes inferiores das folhas alguns "reservatórios" denominados soros. O esporófito (geração adulta diplóide) irá produzir os esporos (através do processo de meiose) que por sua vez irão se armazenar no esporângio. O conjunto desses esporângios é o que compõe os soros, que irão se romper, liberando os esporos no ambiente. Esses esporos, ao caírem em um ambiente úmido e com as condições adequadas, irão germinar e se desenvolver formando um gametófito hermafrodita (protalo), dotado tanto de **anterídeos** quanto de **arquegônios**. É possível que haja

autofecundação se houver as condições adequadas (geralmente quando há uma ligação de água entre o anterídeo e o arquegônio), mas é mais comum que a fecundação seja cruzada, pois é comum que os protalos se desenvolvam muito próximos uns aos outros, proporcionando assim uma maior variabilidade genética.



## GIMNOSPERMAS

São plantas vasculares terrestres que tem como característica principal a produção de sementes nuas, ou seja, sementes que não se encontram envolvidas por fruto e nem flor. Outro fator relevante é que as gimnospermas não são **isosporadas**, isto é, os esporos masculinos e femininos (microsporos e megásporos) têm tamanhos diferentes, sendo os esporos femininos ligeiramente maiores do que os esporos masculinos. Os exemplos de gimnospermas mais conhecidos são o **pinheiro** e a **araucária**.

### Observação:

Elas podem ser **monóicas** ou **dióicas**.

### CICLO HAPLODIPLOBIONTE

- Desenvolvimento do **megagametófito** (feminino)

As gimnospermas apresentam estruturas de funcionalidade semelhante à dos soros, porém são chamados de **estróbilos** (cones). Os estróbilos são os “recipientes” que irão abrigar os esporângios femininos, que por sua vez irão abrigar os **megásporos** em seu interior. Este megásporo irá se desenvolver, originando o megagametófito, que dará origem à oosfera (gameta feminino).

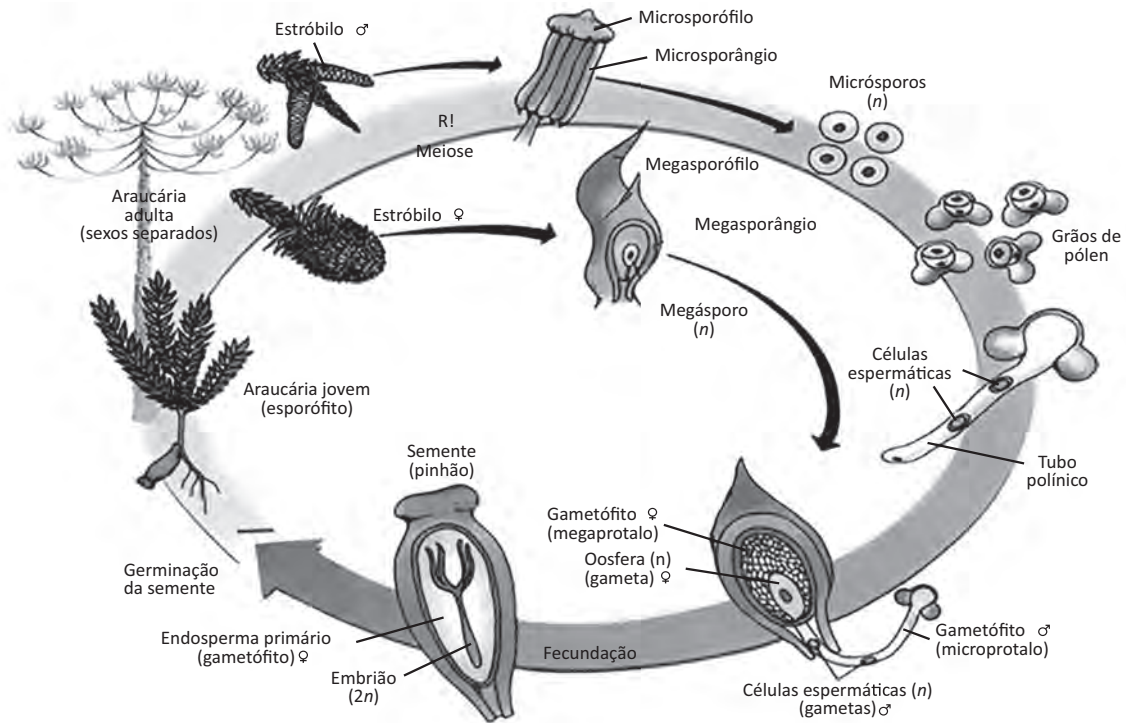
- Desenvolvimento do grão de pólen (masculino)

Nos estróbilos menores (sacos polínicos) os microesporângios produzem através de meiose vários microsporos (esporos masculinos) que irão desenvolver os gametófitos masculinos jovens (grãos de pólen). Após esse desenvolvimento o microesporângio irá se romper liberando os grãos de pólen, que ao caírem sobre o óvulo (geralmente carregados pelo vento) irão desenvolver o **tubo polínico**, que será o condutor dos gametas masculinos até o gameta feminino. O tubo polínico se desenvolve porque o grão de pólen carrega dentro de si 3 núcleos, sendo 2 núcleos gaméticos e 1 núcleo germinativo. O núcleo germinativo é o responsável pela ordenação do crescimento do tubo polínico, e dentre os 2 núcleos gaméticos restantes um irá fecundar a oosfera enquanto outro irá se degenerar.

Após a fecundação, será formado o zigoto, que se desenvolverá ainda dentro do óvulo, formando o embrião. O gametófito já desenvolvido armazena nutrientes e após a fecundação ele se torna o endosperma, que é haplóide (originado do gametófito feminino) e envolve o embrião, que é diplóide. Ao cair no solo o embrião se desenvolve dando origem a um novo esporófito.

**Observação:**

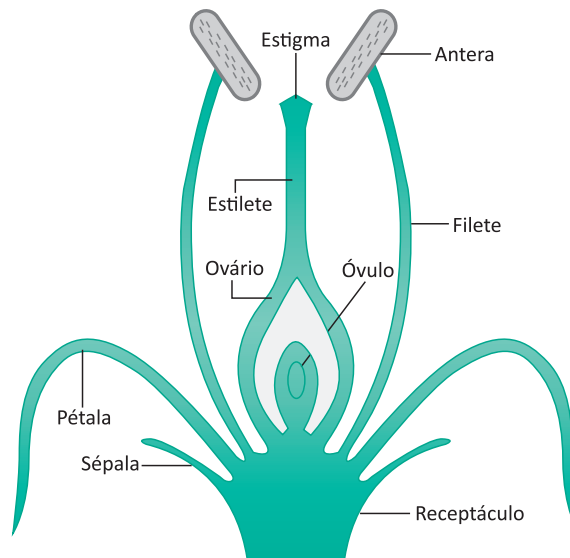
Quando os estróbilos masculinos e femininos se encontram na mesma planta, dizemos que ela é uma planta **monóica**. Quando uma planta carrega o estróbilo masculino e outra planta carrega o estróbilo feminino, dizemos que é **dióica**.



**ANGIOSPERMAS**

São um grupo de vegetais, que diferente das gimnospermas, apresentam envoltórios protetores ao redor da semente, neste caso, o fruto. Outras características das angiospermas são a presença de raízes, tronco e folhas. Periodicamente algumas folhas modificadas presas ao receptáculo floral se unem e se desenvolvem formando flores.

**ESTRUTURA DA FLOR**



**Sépalas:** são as camadas mais externas que se formam na base da flor, onde se encontra o **receptáculo** e o **pedúnculo** floral. As sépalas protegem o botão floral enquanto a flor ainda não desabrochou. O conjunto de sépalas é chamado de **cálice**.



**Pétalas:** constituem a segunda camada mais externa, geralmente são coloridas e/ou aromáticas, e têm grande importância para o processo de **polinização**, pois atraem os agentes polinizadores, que geralmente são insetos. Isso ocorre devido ao aroma e ao néctar que se encontra na base das pétalas e que servem de alimento para eles. O conjunto de pétalas é chamado de **corola**.

**Estame:** é uma estrutura fina e alongada que sai da base do receptáculo e é a porção reprodutora masculina. Ele é constituído por um filete, uma haste alongada que se estende até a **antera** (estrutura que armazena os esporângios masculinos). O conjunto de estames é chamado de **androceu**.

**Carpelo:** localizado no centro do receptáculo, o carpelo é uma estrutura ligeiramente mais grossa do que o estame, e na ponta do carpelo há uma estrutura chamada **estigma**, que é o receptor dos grãos de pólen. Abaixo do estigma fica o estilete, canal por onde o tubo polínico se estenderá para chegar até o ovário localizado em sua base. O conjunto de carpelos é chamado de **gineceu**.

#### Observação:

Quando a flor apresenta sépalas e pétalas de cor e tamanho indistinguíveis, são chamadas de **tépalas**, e o conjunto do cálice e corola é chamado de **perigônio**.

## FRUTO E SEMENTE

O desenvolvimento do fruto que envolve a semente se deve ao fato de que, diferente das gimnospermas, em que apenas um dos núcleos gaméticos fecunda e o outro degenera, nas angiospermas o megásporo funcional se desenvolve e o seu núcleo irá sofrer o processo de meiose três vezes, dando origem a 8 núcleos (2 núcleos polares isolados, 3 antípodas(n), 2 sinérgides e 1 oosfera(n)).

Para a formação da semente, assim como nas gimnospermas, o núcleo gamético irá fecundar a oosfera e formar o zigoto. Porém, o outro núcleo gamético que degenerava nas gimnospermas irá fecundar os dois núcleos polares, formando uma célula triploide (3n) que irá se desenvolver formando o endosperma. Após a fecundação dos núcleos polares pelo núcleo gamético, o ovário se desenvolve e gera o fruto, que estará envolvendo a semente e irá nutri-la.

## MONOCOTILEDÔNEAS E DICOTILEDÔNEAS

A diferença básica entre essas duas classes de angiospermas é o número de cotilédones, como o nome sugere. Esse cotilédone é uma espécie de “folha embrionária” que se forma na plântula (planta em fase inicial de germinação). Os cotilédones tem função essencialmente nutritiva. Nas monocotiledôneas o cotilédone transfere a reserva nutritiva do endosperma para o embrião, já nas dicotiledôneas eles acumulam uma reserva energética e substituem a funcionalidade essencial do endosperma.

Apesar dessa diferença básica, as monocotiledôneas e as dicotiledôneas se diferenciam em vários outros aspectos, como nas raízes, flores, caule e folha.

### RAÍZES

- **Nas monocotiledôneas:** não existe um ramo primário, todos os ramos são similares, partem de um mesmo ponto e assumem forma de um feixe de raízes (fasciculada)
- **Nas dicotiledôneas:** possuem um ramo principal e outros ramos secundários mais finos e mais curtos (axial ou pivotante).

### CAULE

- **Nas monocotiledôneas:** não apresentam tronco, pois não possuem tecidos específicos que permitiriam maior desenvolvimento (câmbio).
- **Nas dicotiledôneas:** é comum apresentarem um tronco, pois têm presença de “câmbio”, que faz com que haja um desenvolvimento considerável em espessura e tamanho do caule.

### FOLHA

- **Nas monocotiledôneas:** apresentam nervuras paralelas (paralelinérvea)
- **Nas dicotiledôneas:** apresentam nervuras palmadas, de aparência que se assemelha a uma rede (reticulínérvea).

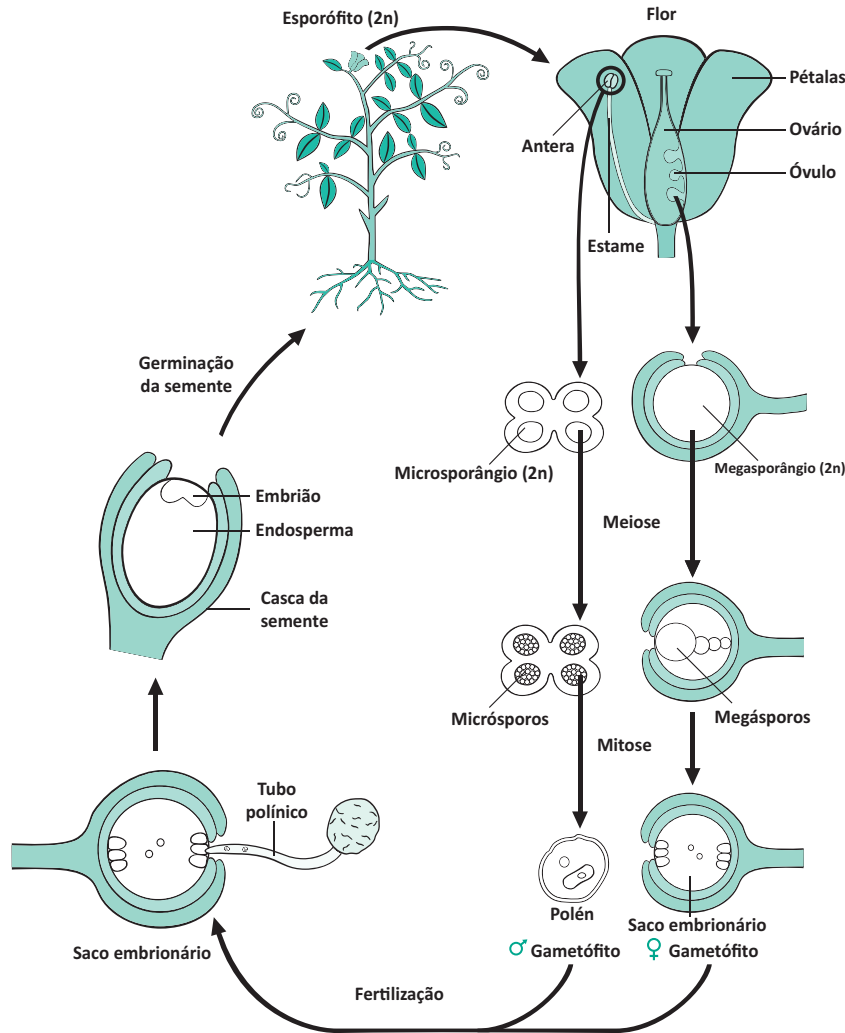
### FLORES

- **Nas monocotiledôneas:** as peças florais (pétalas, sépalas, estames, etc.) se dispõem em múltiplos de 3, portanto são trímeras.
- **Nas dicotiledôneas:** as peças florais se dispõem em múltiplos de 4 ou 5, portanto são respectivamente tetrâmeras e pentâmeras.



## REPRODUÇÃO SEXUADA

A antera produz micrósporos no interior dos esporângios, que germinam e formam os gametófitos masculinos (grão de pólen). Quando os grãos de pólen estão desenvolvidos, a antera se rompe liberando os grãos de pólen, que serão levados até o estigma através dos agentes polinizadores (insetos). Esses grãos de pólen podem ser levados ao estigma da mesma flor, ou de flores diferentes. Ao chegar no estigma, o núcleo germinativo desenvolve o tubo polínico, que irá levar os núcleos gaméticos contidos no grão de pólen até o óvulo localizado no ovário.



### Reprodução Assexuada

Há também algumas formas de reprodução das angiospermas de forma assexuada. São elas: estaquia, mergulhia, alporquia e enxertia.

**Estaquia:** são retirados alguns pedaços do caule da planta-mãe e esses caules são plantados (enterrados) e assim dão origem a um descendente geneticamente igual ao de origem (ex: cana-de-açúcar).

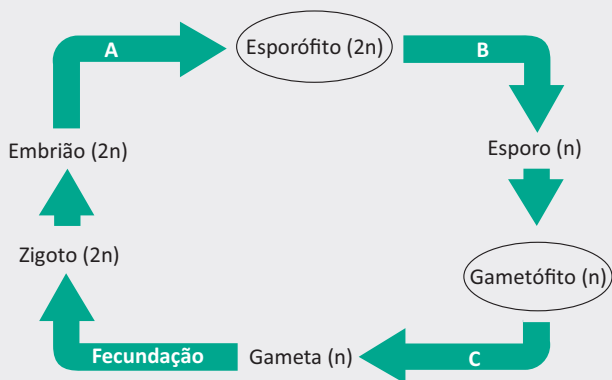
**Mergulhia:** o caule não é retirado, ele é apenas direcionado ao solo e enterrado. Esse caule irá criar raízes, e após o enraizamento ele é separado da planta de origem (ex: cajueiro).

**Alporquia:** é retirada uma parte da casca, então é colocada terra em volta da parte descascada e é feita uma espécie de embalagem de plástico ao redor, até que haja o enraizamento. Após o surgimento das raízes, retira-se a muda para enterrá-la no solo.

**Enxertia:** é um processo que visa a utilização de duas plantas semelhantes, uma denominada cavalo, e outra denominada cavaleiro. É importante que as plantas sejam da mesma família ou gênero. No processo, introduz-se uma planta dentro do caule aberto da outra para que ela se desenvolva como se fizesse parte daquela planta. Na laranja-da-baía, por exemplo, não há reprodução sexuada e esse é o único método de reprodução.

**R** EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01| UERJ** As principais etapas do ciclo de vida de um vegetal encontrado nos dias de hoje estão representadas no esquema a seguir. Nele, as letras A, B e C correspondem aos tipos de divisões celulares que ocorrem durante o desenvolvimento desse vegetal.



Sabendo que a fase dominante do seu ciclo de vida é o gametófito, identifique o tipo de ambiente em que frequentemente é encontrado esse vegetal, justificando sua resposta.

Indique, também, a letra correspondente ao tipo de divisão celular desse vegetal na qual ocorre a meiose, justificando sua resposta.

**Resolução:**

*Ambientes úmidos*

**Uma das possibilidades:**

- *Os únicos vegetais que apresentam gametófitos dominantes são os musgos.*
- *Os gametófitos bem desenvolvidos precisam de muita água para que ocorra a reprodução.*

*Letra B*

**Uma das possibilidades:**

- *Os esporos são haploides e os esporófitos são diploides.*
- *A meiose ocorre nos vegetais para a produção de esporos.*

**02| UFMG** Estima-se que, no Brasil, haja 1,8 milhão de espécies de plantas e animais, o que corresponde a cerca de 10% do total de espécies na Terra. Desse total, até o presente, somente cerca de 200 mil espécies foram descritas.

Analise este quadro, em que se apresenta a distribuição das espécies de plantas em algumas regiões do chamado Domínio Atlântico, no País:

Grupo taxonômico	Domínio Atlântico		
	Floresta densa	Formação campestre	Restinga
Briófitas	1.166	6	88
Pteridófitas	631	142	14
Gimnospermas	2	0	1
Angiospermas	7.862	3.592	1.705

1. Com base nas informações contidas nesse quadro e considerando outros conhecimentos sobre o assunto, faça o que se pede.

- A** **EXPLIQUE** as diferenças observadas em relação à distribuição das Briófitas.
- B** O grupo de plantas com maior diversidade é o das Angiospermas.

**CITE duas** características, **exclusivas** desse grupo, que contribuíram para essa diversificação.

**JUSTIFIQUE** sua resposta.

Característica 1:

Justificativa:

Característica 2:

Justificativa:

2. No último atlas sobre a diversidade biológica em Minas Gerais, publicado em 2005, foram mapeadas regiões prioritárias para a conservação de espécies biológicas.

**CITE dois** critérios que justificam a inclusão de determinada área entre as de prioridade para conservação ambiental.

Critério 1:

Critério 2:

**Resolução:**

1.

**A** *A maior distribuição das briófitas em florestas densas se deve à maior umidade e sombreamento favorecendo a reprodução e a sobrevivência (captação de água e nutrientes, proteção contra a transpiração).*

**B** *característica 1: presença de frutos.*

*Justificativa: os frutos, além de protegerem as sementes, facilitam a sua dispersão.*

**Característica 2:** presença de flores verdadeiras / Flores periantadas.

**Justificativa:** flores com atrativos (pétalas coloridas, aromas, néctar) favorecem a polinização por animais.

2.

**Critério 1:** presença de espécies raras ou com risco de extinção.

**Critério 2:** áreas sob risco de impacto ambiental antiótico.

**03| FUVEST** Durante a transição do período Ordoviciano para o Devoniano, ocorreu a conquista do ambiente terrestre pelos vegetais. Algumas plantas gimnospermas surgiram nessa transição. As angiospermas, porém, ainda não haviam aparecido no planeta.

- A** Cite todos os órgãos vegetais que estavam disponíveis como alimento para os animais herbívoros nessa época, justificando.
- B** As evidências fósseis mostram que, nessa época, as plantas terrestres estavam sempre associadas a ambientes com alta disponibilidade hídrica. Como a proximidade da água pode ter favorecido a variabilidade genética dessas plantas?

**Resolução:**

- A** As gimnospermas produzem raízes, caules, folhas, estróbilos e sementes, órgãos que estavam à disposição dos herbívoros. Flores e frutos só apareceram a partir das angiospermas e conseqüentemente nesse período não poderiam servir de alimento para os animais.
- B** As plantas terrestres dos grupos das briófitas e pteridófitas são dependentes de água para a fecundação. A presença de água garante a fecundação cruzada desses vegetais e conseqüentemente a variação genética.

As gimnospermas com o aparecimento dos grãos de pólen e tubos polínicos tornaram-se independentes do fator água para a fecundação.

**04| UFRRJ** Leia o texto a seguir, sobre evolução dos processos reprodutivos das plantas e responda.

Os cientistas afirmam que as plantas terrestres evoluíram a partir de algas verdes que conquistaram o ambiente terrestre. Basicamente, a tendência manifestada na reprodução foi eliminar sua dependência da água.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. "Fundamentos da biologia moderna". São Paulo: Moderna, 1995.

- A** Que estrutura tornou os vegetais superiores independentes da água, para a sua reprodução?

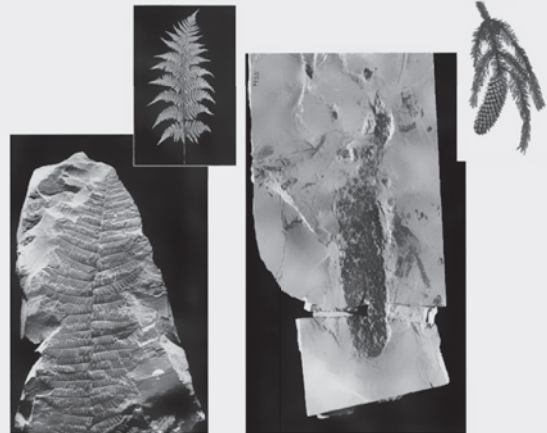
- B** De que maneira age a estrutura que torna os vegetais superiores independentes da água?

**Resolução:**

- A** Tubo polínico, uma expansão do grão de pólen.
- B** Age à maneira de um sifão, conduzindo o gameta masculino ao encontro de gameta feminino. Ocorre a fecundação e surge um embrião, que ficará protegido dentro da semente.

**05| UFBA** As plantas exerceram um papel essencial no cenário da evolução. Ao colonizarem a Terra há aproximadamente 430 milhões de anos, elas abriram o caminho para os animais e para os primeiros ecossistemas terrestres.

A figura I ilustra *Pecopterismiltani* (fóssil, 390 milhões de anos) e *Dryopterisfilix-mas* (atual), e a II mostra um cone fossilizado (240 milhões de anos) e *Piceaabies* (atual).



A partir dessas informações e da análise das figuras, identifique os grupos representados e indique a característica que marca a transição entre eles, destacando a importância do registro fóssil para a consolidação da Teoria da Evolução.

**Resolução:**

Os grupos referidos são as pteridófitas, em I, e as gimnospermas, em II. A transição entre os dois grupos envolveu aspectos como redução profunda da fase gametofítica, o desenvolvimento incipiente da flor e a formação do tubo polínico, que culminaram com o surgimento da semente, marca da transição – uma solução diferente do esporo. Enquanto este é constituído de uma única célula, a semente é uma estrutura que compreende o embrião, o tecido nutritivo e um envoltório resistente. O registro fóssil permite identificar formas de vida do passado, possibilitando comparações com formas atuais e estimativas sobre a cronologia da evolução de grupos, como a situação exemplifica, assim contribuindo para consolidar a Teoria da Evolução.

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

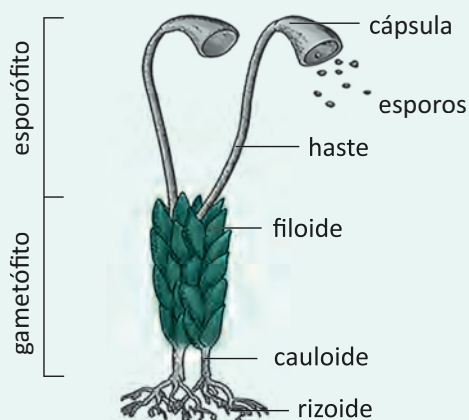
- 01** Nas plantas superiores (gimnospermas e angiospermas), a fase gametofítica é bastante reduzida e desenvolve-se no interior do próprio esporângio. A que correspondem, nessas plantas, os gametófitos masculino e feminino?
- 02** Complete as frases abaixo:
- A** A \_\_\_\_\_ apresenta raízes fasciculadas, folhas paralelinérveas e flores trímeras.
- B** O \_\_\_\_\_ produz sementes em ramos reprodutivos denominados estróbilos.
- C** A fase dominante do ciclo reprodutivo do \_\_\_\_\_ é o gametófito.
- D** A \_\_\_\_\_ é um esporófito ramificado, mas não que não produz sementes.
- 03** Desde o início da colonização do ambiente terrestre, houve grande diversificação das plantas, graças ao surgimento de características vantajosas à adaptação, que permitiram a sobrevivência e a reprodução em terra firme.

me. Quais são as estruturas correspondentes às adaptações evolutivas, exclusivas das plantas, que contribuíram para o seu desenvolvimento e diversificação no habitat terrestre?

- 04** O morango e a rosa pertencem à mesma família, a Rosaceae. O que se pode dizer com relação à classificação taxonômica dessas plantas?
- 05** Raiz, caule, folha, flor e fruto. Desde muito jovens, nós aprendemos a reconhecer e diferenciar o mais complexo e evoluído grupo do Reino Plantae, as angiospermas. Este grupo de plantas é o de maior ocorrência em nosso planeta e, como em um desenho infantil, apresenta-se nos mais diversos tamanhos, formas, cores e ambientes. Qual é a característica exclusiva da reprodução das angiospermas?
- 06** O que é importante para que um Grão de Pólen de uma Angiosperma inicie o seu processo de germinação?

## T ENEM E VESTIBULARES

- 01** **UNIEVANGÉLICA** Leio o texto e analise a figura a seguir. Durante uma excursão, promovida pela disciplina de Biologia, um aluno coletou um espécime com a seguinte descrição:
- Foi coletado em um ambiente úmido e sombreado.
  - Estava formando um tapete verde sobre a superfície.
  - A análise do espécime através de uma lupa demonstrou o aspecto conforme esquema da figura abaixo.



Disponível em: <<http://www.brasilescola.com/biologia/>>. Acesso em: 25 set. 2013.

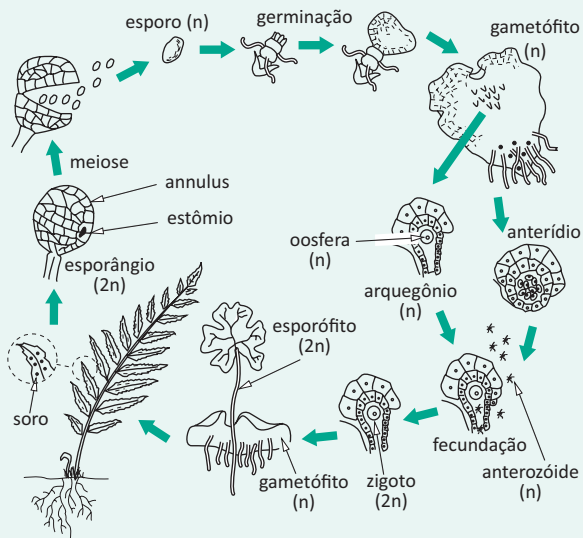
Com os dados acima, verifica-se que o espécime é

- A** um musgo (Briófita).
- B** um fungo (Basidiomiceto).
- C** uma alga (Clorofícea).
- D** uma avenca (Pteridófito).
- 02** **UFT** As briófitas são plantas avasculares de organização estrutural relativamente simples e apresentam alternância de gerações, na qual:
- A** A geração diplóide, denominada gametófito, constitui a parte dominante do seu ciclo de vida.
- B** A geração haplóide, denominada esporófito, constitui a parte dominante do seu ciclo de vida.
- C** A geração haplóide, denominada gametófito, constitui a parte dominante do seu ciclo de vida.
- D** A geração diplóide, denominada esporófito, constitui a parte dominante do seu ciclo de vida.
- E** A geração haplóide, denominada esporângio, constitui a parte dominante do seu ciclo de vida.
- 03** **UNESP** Na aula de biologia, a professora comentou que as briófitas poderiam ser consideradas “os anfíbios do reino vegetal”.

Esta afirmação é válida se considerarmos que as briófitas, assim como alguns anfíbios,

- A** apresentam um sistema de distribuição de água pelo corpo que se dá de célula para célula, por osmose.
- B** reproduzem-se por alternância de gerações (metagênese).
- C** têm uma fase do desenvolvimento (gametófito) que ocorre exclusivamente na água.
- D** sofrem um processo de metamorfose, durante o qual se alteram os mecanismos de captação de oxigênio.
- E** vivem em ambientes úmidos e dependem da água para a fecundação.

**04 | UFU** A figura abaixo apresenta o ciclo reprodutivo de uma samambaia.



Disponível em: < [http://www.phoenix.org.br/images/pteridofita\\_ciclo.gif](http://www.phoenix.org.br/images/pteridofita_ciclo.gif)>. Acesso: 1º mar. 2013.

Em uma aula de Botânica, quatro estudantes fizeram as seguintes afirmações sobre esse ciclo:

Estudantes	Afirmações
I	A divisão celular que ocorre para a formação dos esporos é a meiose.
II	A divisão celular que ocorre no prótalo para a formação dos gametas é a meiose.
III	A fase duradoura do ciclo é representada pelo gametófito que é haploide.
IV	O gametófito apresenta tanto o arquegônio como o anterídio, o que o caracteriza como dioico.

Qual estudante fez a afirmação correta sobre o ciclo reprodutivo apresentado?

- A** II.
- B** I.
- C** III.
- D** IV.

**05 | UEL** As samambaias pertencem ao grupo das pteridófitas, as quais possuem características adaptativas que permitiram a conquista do ambiente terrestre com mais eficiência que o grupo das briófitas.

Sobre as adaptações morfológicas e reprodutivas que possibilitaram o sucesso das pteridófitas no ambiente terrestre, considere as afirmativas a seguir.

- I. A predominância da fase esporofítica.
- II. O aparecimento dos tecidos xilema e floema.
- III. O desenvolvimento de rizoides para fixação.
- IV. O surgimento dos esporos para reprodução.

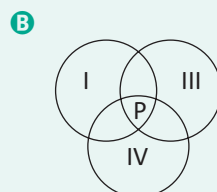
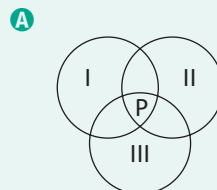
Assinale a alternativa correta.

- A** Somente as afirmativas I e II são corretas.
- B** Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- C** Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- D** Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- E** Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

**06 | FUVEST** Abaixo estão listados grupos de organismos clo-rofilados e características que os distinguem:

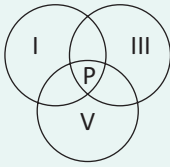
- I. Traqueófitas – vaso condutor de seiva.
- II. Antófitas – flor.
- III. Espermatófitas – semente.
- IV. Embriófitas – embrião.
- V. Talófitas – corpo organizado em talo.

Considere que cada grupo corresponde a um conjunto e que a interseção entre eles representa o compartilhamento de características. Sendo **P** um pinheiro-do-paraná (araucária), indique a alternativa em que **P** está posicionado corretamente, quanto às características que possui.

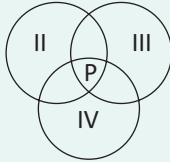




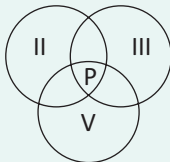
C



D



E



07| **ACAFE** Sobre as características evolutivas das plantas é correto afirmar, **exceto**:

- A As gimnospermas são as primeiras plantas a apresentar um sistema de dispersão a longas distâncias, possível graças ao aparecimento dos frutos com reserva nutritiva.
- B As pteridófitas apresentam como novidade evolutiva a presença de tecidos condutores e estômatos, sendo reconhecidas como os primeiros vegetais efetivamente terrestres.
- C Os musgos possuem raízes primitivas chamadas rizoides. A sua reprodução depende da presença de água líquida e o desenvolvimento do embrião ocorre logo após a fecundação, limitando a sua dispersão.
- D Nas angiospermas aparecem as flores e os frutos, estruturas que permitiram a diversificação para diferentes ambientes, bem como a associação com animais que facilitam a dispersão do pólen e das sementes.

08| **FAC. DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE BARRETOS** No processo evolutivo das plantas, as gimnospermas foram as primeiras a apresentar adaptações que permitem a independência da água para a reprodução sexuada. Nesse grupo, ocorre o surgimento dos grãos de pólen e dos óvulos que, após a fecundação, dão origem às sementes.

Na reprodução das gimnospermas,

- A os micrósporos são os esporos femininos localizados em ramos modificados, que compõem os estróbilos ovulados (ou femininos).
- B antes da polinização, o esporo feminino se desenvolve no interior do óvulo, sofre mitoses e origina um gametófito feminino (2n).

- C os megásporos são os esporos masculinos, localizados em folhas especiais que formam os estróbilos microsporangiados.
- D os micrósporos, grãos de pólen, são formados pelo processo da meiose e germinam na micrópila, existente na ponta de cada óvulo.
- E na região próxima à micrópila, diferenciam-se dois ou mais arquegônios e em cada um deles formam-se várias oosferas 2n.

09| **UNICAMP** Considerando os respectivos ciclos de vida e de reprodução, um pinheiro do Paraná pode ser diferenciado de um jequitibá pela

- A ausência de sementes e presença de flores.
- B ausência de sementes e de frutos.
- C presença de sementes e ausência de frutos.
- D presença de frutos e ausência de sementes.

10| **UFU** Numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.

1. Briófitas
  2. Pteridófitas
  3. Gimnospermas
  4. Angiospermas
- ( ) Cipreste  
 ( ) Musgo  
 ( ) Avenca  
 ( ) Rosa  
 ( ) Milho  
 ( ) Samambaia  
 ( ) Acerola  
 ( ) Capim

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- A 1, 2, 1, 3, 3, 1, 3, 4
- B 2, 1, 2, 4, 3, 2, 4, 3
- C 3, 1, 2, 4, 4, 2, 4, 4
- D 4, 1, 2, 3, 4, 1, 3, 3

11| **UFSCAR** Qual das alternativas apresenta, corretamente, uma distinção entre pteridófitas e gimnospermas?

	Características	Pteridófitas	Gimnospermas
A	Meiose	Apresentam	Não apresentam
B		Não apresentam	Apresentam
C		Não apresentam	Apresentam
D		Não apresentam	Apresentam
E		Apresentam	Não apresentam





- Fenótipo mulato médio → 2 genes efetivos
- Fenótipo mulato escuro → 3 genes efetivos
- Fenótipo escuro → 4 genes efetivos

**Observação:**

A linha do triângulo de pascal que corresponde à proporção fenotípica esperada no cruzamento é a linha que corresponde ao número de fenótipo. Veja

1						
1	1					
1	2	1				
1	3	3	1			
1	4	6	4	1		
1	5	10	10	5	1	

### EPISTASIA

Ocorre quando um ou dois alelos situados em um certo **locus gênico** bloqueia a expressão de outro(s) gene(s) situados em outro locus gênico. O gene bloqueador é denominado "**gene epistático**" e o gene bloqueado é denominado "**gene hipostático**".

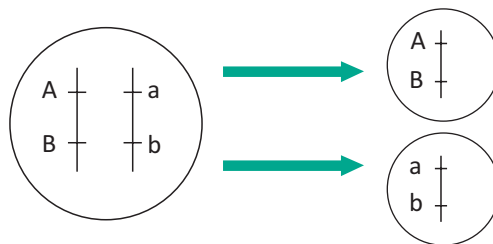
**A EPISTASIA PODE SER:**

- **Dominante:** quando apenas um gene é necessário para promover a inibição do(s) gene(s) não alelo(s).
- **Recessiva:** ocorre quando apenas um gene é suficiente para promover a inibição do(s) gene(s) não alelos.

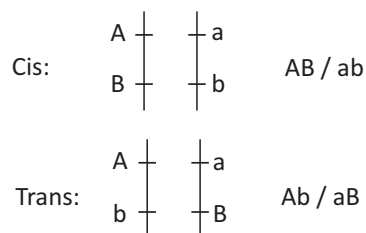
### LINKAGE E MAPAS GENÉTICOS

Os genes estão em linkage quando se encontram no mesmo cromossomo. O termo linkage significa que os genes estão "**ligados**" ou "**vinculados**" no mesmo cromossomo.

Veja os exemplos abaixo:



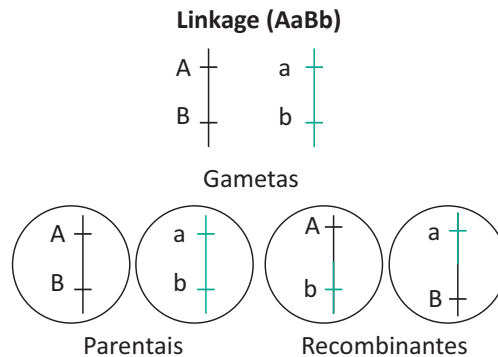
- O gene "A" está em linkage (ligado) com o gene "B" e o gene "a" está em linkage com o gene "b".
- Notação do linkage:  $\left[ \begin{matrix} AB \\ ab \end{matrix} \right]$
- Os genes que estão em linkage podem estar na posição "**CIS**" ou "**TRANS**". Veja:



## MAPAS GENÉTICOS

Considere a seguinte figura:

### COMPARAÇÃO DIIBRIDISMO/LINKAGE



#### Observação:

A distância em **U.R** também pode ser referida em **U.M** (unidade de Morgan ou Morganídeo).

- Morgan propôs que a distância entre os pares de alelos "A" e "a" em relação a "B" e "b" equivale à frequência de crossing-over.

Assim temos: 1UR ——— 1% de crossing-over  
 10UR ——— 10% de crossing-over  
 30UR ——— 30% de crossing-over  
 nUR ——— n% de crossing-over

Mas o valor de "n" equivalente à distância entre dois pares de genes alelos é sempre inferior a 50%.

#### Veja um exemplo:

#### Observação:

Distância entre A e B é de 30 um.

### COMPARAÇÃO DIIBRIDISMO/LINKAGE

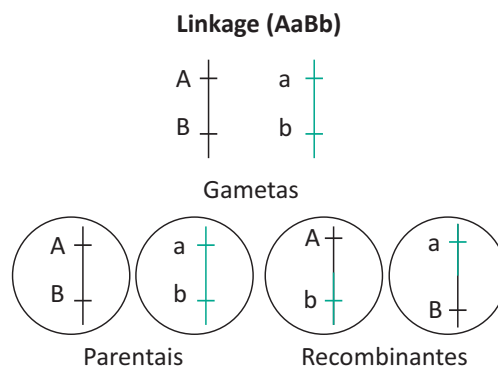


Figura 1 / Gametas Parentais 35% cada / Gametas Recombinantes 15% cada.

Os **gametas parentais** (P) são gametas sem a ocorrência do crossing-over e os **gametas recombinantes** têm a ocorrência do crossing-over.

Observe que a distância entre os pares de alelos é de 30UR, portanto a taxa total de crossing-over é de 30%. A taxa total de 30% é dividida por dois, portanto cada um dos gametas recombinantes terá 15% de probabilidade de ocorrência esperada.

## GENÉTICA DE POPULAÇÃO

Se considerarmos uma população com 10.000 indivíduos em que:

- 3.600 indivíduos são “FF”
- 4.200 indivíduos são “Ff”
- 1.600 indivíduos são “ff”

Os indivíduos **FF** e **Ff** são normais e os indivíduos **ff** são **fenilcetonúricos**, ou seja, possuem uma anomalia autossômica recessiva que acarreta ausência de síntese da enzima **fenilalanina-hidroxilase**, uma enzima que metaboliza o excesso do aminoácido fenilalanina ingerido através da alimentação rica em proteína.

**Cálculo da frequência genotípica:**

- F (genótipo FF)  $\frac{3600}{10000} = \frac{36}{100} = 36\%$
- F (genótipo Ff)  $\frac{4800}{10000} = \frac{48}{100} = 48\%$
- F (genótipo ff)  $\frac{1600}{10000} = \frac{16}{100} = 16\%$

**CÁLCULO DA FREQUÊNCIA GÊNICA:**

- F (gene F)  $\frac{(3600 \times 2) + (4800 \times 1)}{20000} = \frac{12000}{20000}$
- Total de genes nos 10.000 indivíduos  $\longrightarrow$  20.000
- 3600 indivíduos apresentam dois genes “F”, por isso multiplica-se por dois.
- Os 4.200 indivíduos possuem apenas um gene “F”, por isso multiplica-se por um.
- F (gene f)  $\frac{(4800 \times 1) + (1600 \times 2)}{20000} = \frac{8000}{20000} = 40\%$

## PRINCÍPIO DE HARDY-WEIMBERG

Numa população em equilíbrio a frequência gênica e genotípica deverá se manter constante ao longo de sucessivas gerações.

**Observação:**

A população em equilíbrio é ideal, pois as populações reais variam as frequências gênicas e genotípicas.

**As condições de equilíbrio de Hardy-Weimberg são:**

- 1) A população deve ser bastante grande.
- 2) Não deve ocorrer fluxo gênico na população (migrações)
- 3) Não deve ocorrer mutações que geram novos genes
- 4) Não deve ocorrer seleção natural
- 5) Não deve ocorrer deriva genética
- 6) A população deve ser pan-mítica

**Matematicamente temos:**

$$(p+q)^2 = p^2 + 2pq + q^2 \text{ onde:}$$

p= frequência do gene dominante



$q$  = frequência do gene recessivo

$p^2$  = frequência do homocigoto dominante

$q^2$  = frequência do homocigoto recessivo

$2pq$  = frequência do heterocigoto

**Exercício de exemplo:**

Se a frequência de uma anomalia autossômica recessiva numa população é de 1%, qual a porcentagem esperada de pessoas normais heterocigotas nessa população?

**Resolução:**

$$q^2 = \frac{1}{100} = 1\%$$

$$q = \sqrt{\frac{1}{100}} = \frac{1}{10} = 0,1 (10\%) \quad : \quad p = 0,9$$

$$F(\text{heterocigoto}) = 2 \cdot p \cdot q$$

$$2 \cdot 0,9 \cdot 0,1 = 0,18 (18\%)$$

**18% deverão ser heterocigotas**

## MUTAÇÕES

As mutações são alterações que ocorreram na molécula de DNA. Podem ser gênicas ou cromossômicas. As mutações gênicas são alterações na sequência de bases nitrogenadas de um gene, que em geral determinam alguma alteração na sequência de aminoácidos que vão compor um polipeptídeo, e portanto tendem a mudar a expressão de um caráter.

As mutações cromossômicas podem ser numéricas ou estruturais.

**A) Mutações numéricas – podem ser aneuploidias quando ocorre variação no número de cromossomos de um genoma, ou euploidias quando há variações de genomas completos.**

**A.1) Casos de aneuploidias**

- Monossomia:  $2n - 1$   
Ex: Síndrome de Turner
- Trissomia:  $2n + 1$   
Ex: Síndrome de Klinefelter, Síndrome de Down, Síndrome da Metafêmea
- Tetrassomia:  $2n + 2$   
Ex: Síndrome da Metafêmea com quatro “x”.
- Nulissomia:  $2n - 2$

**Observações:**

Na espécie humana não ocorrem euploidias ( $3n$ ,  $4n$ ,  $8n$  e etc...)

**Algumas aneuploidias que ocorrem na espécie humana são:**

- **SÍNDROME DE DOWN**
  - É a trissomia do 21
  - Cariótipo:  $45 A + xx$  ou  $xy$

**Indivíduos com essa síndrome, em geral possuem:**

- crânio achatado
- língua fissurada e grossa

- prega transversal única na palma da mão
- olhos repuxados
- implantação baixa da orelha
- Q.I baixo
- tórax em escudo
- arcada dentária defeituosa
- espaçamento do hálux
- palato em ogiva

#### ▪ SÍNDROME DE TURNER

- Cariótipo: 44A + XO

**Indivíduos com essa síndrome em geral possuem:**

- pescoço alado
- vagina infantil
- ovário atrofiado
- baixa estatura
- mamas atrofiadas
- esterilidade
- ausência de corpúsculo de Bahr
- Q.I prejudicado

#### ▪ SÍNDROME DE KLINEFELTER

- Cariótipo: 44A + XXY

**Indivíduos com essa síndrome, em geral, possuem:**

- membros desproporcionais em relação ao tronco
- ginecomastia
- presença de corpúsculo de Bahr
- padrão de pelos pubianos feminino
- Azoospermia

#### ▪ SÍNDROME DE PATAU

- É a trissomia do 13
- microcefalia
- lábio leporino
- pé em cadeira de balanço

### B) MUTAÇÕES ESTRUTURAIS

**B-1 Deleção:** perda de um pedaço do cromossomo

**B-2 Translocação:** troca de pedaços de cromátides de cromossomos não homólogos

**B-3 Duplicação:** repetição de um trecho do cromossomo

**B-4 Inversão:** um pedaço do cromossomo é quebrado e depois se liga de forma invertida ao cromossomo.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01 | UEL** Uma dada espécie vegetal caracteriza-se por apresentar tanto indivíduos com flores brancas quanto indivíduos com flores amarelas. Ao estudar o padrão de herança associado a esse fenótipo, um pesquisador verificou que se tratava de um típico caso de epistasia dominante. Sabe-se que o gene *A* codifica a enzima *A*, a qual catalisa a síntese do composto que dá a cor amarela às flores. Por outro lado, o gene epistático *B* codifica a proteína *B*, que atua como uma inibidora da reação catalisada pela enzima *A*, o que resulta em flores brancas. O pesquisador também verificou a existência dos alelos recessivos *a* e *b*, os quais codificam proteínas que não apresentam suas respectivas atividades. Em seu laboratório, o pesquisador realizou cruzamentos entre indivíduos de flores brancas, heterozigotos para os dois pares de alelos (*AaBb*).

**A** Qual proporção de indivíduos com flores amarelas é esperada na progênie do cruzamento realizado pelo pesquisador no laboratório?

Demonstre como você chegou a esse resultado.

**B** Apesar de o padrão de herança indicar predominância de flores brancas, ao observar na natureza, o pesquisador verificou maior frequência de indivíduos de flores amarelas. Isso ocorre pelo fato de as flores amarelas serem mais atrativas para os insetos que atuam como agentes polinizadores.

Quais benefícios esse processo de polinização (entomofilia) traz para ambas as espécies envolvidas?

### Resolução:

**A** Fazendo o cruzamento genético, tem-se

	<i>AB</i>	<i>Ab</i>	<i>aB</i>	<i>ab</i>
<i>AB</i>	<i>AABB</i> branca	<i>AABb</i> branca	<i>AaBB</i> branca	<i>AaBb</i> branca
<i>Ab</i>	<i>AABb</i> branca	<i>AAbb</i> amarela	<i>AaBb</i> branca	<i>Aabb</i> amarela
<i>aB</i>	<i>AaBB</i> branca	<i>AaBb</i> branca	<i>aaBB</i> branca	<i>aaBb</i> branca
<i>ab</i>	<i>AbBb</i> branca	<i>Aabb</i> amarela	<i>aaBb</i> branca	<i>aabb</i> branca

A partir da análise do quadrado de Punnet, infere-se que, para cada 16 indivíduos, são esperados 3 indivíduos com flores amarelas.

**B** Para a planta, o principal benefício é o transporte do grão de pólen até o estigma de outras flores, favorecendo a fecundação cruzada. Os insetos são beneficiados pela obtenção de alimento, o néctar.

**02 | UNICAMP** Nos cães labradores, apenas dois genes autossômicos condicionam as cores preta, chocolate e dourada da pelagem. A produção do pigmento da cor preta é determinada pelo alelo dominante *B* e a do pigmento chocolate, pelo alelo recessivo *b*. O gene *E* também interfere na cor do animal, já que controla a deposição de pigmento na pelagem. A cor dourada é determinada pelo genótipo *ee*.

Uma fêmea dourada cruzou com um macho chocolate e teve filhotes com pelagem preta e filhotes com pelagem chocolate, na mesma proporção. Quando essa mesma fêmea dourada cruzou com um macho preto, nasceram oito filhotes sendo um chocolate, três pretos e quatro dourados.

**A** Qual o genótipo da fêmea mãe? Identifique e explique o tipo de interação gênica observada entre os genes envolvidos.

**B** Quais são os genótipos do cão preto (pai) e do seu filhote chocolate? Mostrar como chegou à resposta.

### Resolução:

**A** O genótipo da cadela é *Bbee*. A interação gênica observada é a epistasia (recessiva), ou seja, quando o alelo *e* estiver em homozigose (*ee*), independentemente da composição do loco *B*, não há pigmentação dos pelos e a cor resultante é dourada.

**B** O genótipo do cão preto (pai) é *BbEe* e o do filhote chocolate é *bbEe*. Já que tem pelagem chocolate, o filhote deve ser homozigoto para o alelo *b* (*bb*) e deve ter no mínimo um alelo *E*. Sabendo que sua mãe tem genótipo *Bbee*, conclui-se que ele é heterozigoto para o loco *E* (*Ee*). A inferência da heterozigose nos locos *B* e *E* do cão preto em questão decorre da observação de que, sendo preto, esse cão obrigatoriamente tem pelo menos um alelo dominante em cada loco (*B\_E\_*) e, tendo um filhote marrom (*bbEe*) e quatro dourados (*\_ \_ ee*), ele é portador de um alelo recessivo *b* e de um alelo recessivo *e*.

**03 | UFU** Interações gênicas ocorrem quando dois ou mais pares de genes atuam sobre a mesma característica.

Entre as diversas raças de galinhas, é possível encontrar quatro tipos de cristas:

1. crista noz: é resultado da presença de, no mínimo, dois genes dominantes *R* e *E*.
2. crista rosa: é produzida pela interação de, no mínimo, um *R* dominante com dois genes *e* recessivos.
3. crista ervilha: ocorre devido à interação de dois genes *r* recessivos com, no mínimo, um *E* dominante.
4. crista simples: ocorre quando o genótipo é birrecessivo, *rree*.

De acordo com essas informações, faça o que se pede.

- A** A partir do cruzamento de indivíduos de crista noz, ambos duplos heterozigotos, qual é a probabilidade de originar aves de crista rosa?
- B** Determine a proporção genotípica e fenotípica do cruzamento entre as aves com o genótipo **RRee x RrEe**.

**Resolução:**

- A** 18,75%
- B**  $1/4 RREe \times 1/4 RrEe$   
50% rosa e 50% noz

**04 | UFU** A cor da pelagem em ratos pode ser preta, creme ou albina (branca devido à ausência de pigmento) e é determinada por dois pares de genes alelos com segregação independente. Um par de genes (**A** e **a**) determina a cor dos pêlos: o gene **A** determina a pelagem preta e o gene **a** a pelagem creme. Outro par de genes alelos (**B** e **b**) atua nas reações bioquímicas, relacionadas à produção dos pigmentos determinantes da cor: o gene **B** permite a manifestação dos genes **A** e **a**, enquanto o gene **b**—em dose dupla—impede a produção de pigmento.

Um rato preto (1) duplo homozigoto foi cruzado com uma fêmea albina (2) dupla homozigota. Do cruzamento entre animais da geração  $F_1$  foram observados na geração  $F_2$  animais de pelagem preta, creme e albina.

De acordo com o descrito acima, responda:

- A** qual é o nome que se dá a esse tipo de interação entre genes não-alélicos?
- B** quais são os genótipos do macho preto (1) e da fêmea albina (2)?
- C** qual é a proporção fenotípica esperada na geração  $F_2$ ?
- D** qual é a proporção genotípica que pode ser observada entre descendentes albinos na geração  $F_2$ ?

**Resolução:**

- A** Epistasia recessiva
- B** macho preto (1): **AABB** – Fêmea albina (2): **aabb**
- C** proporção fenotípica esperada em  $F_2$ : 9 pretos: 3 cremes: 4 albinos
- D** proporção genotípica possível a se observada entre descendentes albinos de  $F_2$ : 1 **AAbb**: 2 **Aabb**: 1 **aabb**

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01 | UFSC** Para explicar a herança da cor da pele nos humanos, existem dois modelos poligênicos. O primeiro se baseia na existência de dois genes com dois alelos cada um. O segundo admite a existência de três genes, cada um deles também com dois alelos. No primeiro modelo, indivíduos **AABB** seriam negros e **aabb** seriam brancos. No segundo modelo, **AABBCC** seriam negros e **aabbcc** seriam brancos. Em ambos os modelos, a ação dos genes e seus alelos seria aditiva, não existindo uma relação de dominância entre os alelos envolvidos. A cor da pele dependeria então da presença de alelos mais ou menos ativos na produção da melanina, sendo este um modelo típico de herança quantitativa.

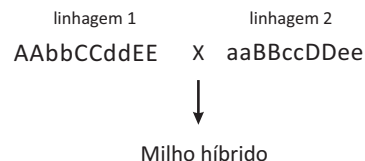
Responda as questões abaixo de acordo com o texto acima.

- A** Qual é a chance, no primeiro modelo, de um casal duplo heterozigoto ter um descendente negro?
- B** Pode-se, no segundo modelo, prever a existência de quantas classes fenotípicas diferentes?

**02 |** Suponha que o comprimento dos pelos de uma espécie animal varie de 1,0 cm, quando este possui apenas alelos não aditivos, a 2,2 cm, quando possui apenas alelos aditivos. Um animal de genótipo **AABbCc** foi cruzado com outro **aaBbCC**. Quais são os comprimentos máximo e mínimo esperados em um possível descendente desse cruzamento?

**03 |** O que caracterizam os casos que envolvem uma graduação entre fenótipos extremos?

**04 |** O chamado “milho híbrido” é uma variedade cultivada de milho. As sementes de milho híbrido dão origem a plantas bastante uniformes, cujas espigas têm quase o mesmo tamanho e número de grãos. Plantar o milho híbrido interessa aos agricultores pois as plantas apresentam, todas elas, as mesmas características e alta produtividade. As empresas que comercializam sementes de milho híbrido as obtêm a partir de cruzamento de duas linhagens diferentes de milho, cada uma delas homozigota para diferentes alelos. O esquema exemplifica esse tipo de cruzamento:



O que se pode dizer das plantas resultantes das sementes produzidas a partir da reprodução do milho híbrido?

**05 |** Quando plantas de abóbora com frutos discoides (**AABB**) são cruzadas com plantas de frutos alongados (**aabb**), toda a geração  $F_1$  tem frutos discoides. Na  $F_2$ , 9/16 dos frutos são discoides, 6/16 são esféricos e 1/16 são alongados. Quantas classes genotípicas há entre as plantas com frutos esféricos da  $F_2$ ?



## T ENEM E VESTIBULARES

**01 | PUC** Imagine que, em um dado mamífero, a cor da pelagem seja determinada por três alelos:

Alelo P – determina pelagem preta

Alelo C – determina pelagem cinza

Alelo B – determina pelagem branca

Considere que o alelo P é dominante sobre o B e que há dominância do alelo C sobre os alelos P e B.

Em um experimento, envolvendo cinco cruzamentos, foram utilizados animais com os três tipos de pelagem. Os cruzamentos e seus resultados são apresentados na tabela abaixo.

Cruzamento	Macho	Fêmea	Descendentes
I	Branco	x Branca	100 % branco
II	Branco	x Cinza	50% Cinza e 50% Branco
III	Cinza	x Preta	100% Cinza
IV	Preto	x Preta	75% Preto e 25% Branco
V	Preto	x Branca	100% Preto

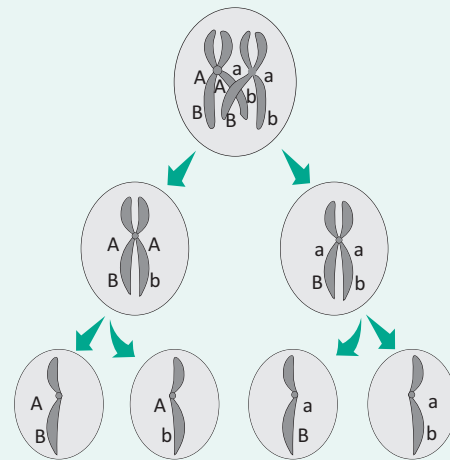
Se machos de pelagem cinza provenientes do cruzamento II forem acasalados com fêmeas de pelagem preta provenientes do cruzamento V, espera-se que entre os descendentes

- A** 50% tenham pelagem cinza e 50% branca.
- B** 50% tenham pelagem cinza e 50% preta.
- C** 75% tenham pelagem cinza e 25% branca.
- D** 75% tenham pelagem cinza e 25% preta.
- E** 25% tenham pelagem preta, 50% cinza e 25% branca.

**02 | UECE** Em determinado tipo de herança com efeito cumulativo de 6(seis) poligenes, a quantidade de classes fenotípicas encontradas é

- A** 2(duas), porque este tipo de herança funciona de acordo com as regras do monoibridismo.
- B** 3(três), porque cada par de poligenes é responsável por uma classe fenotípica.
- C** 6(seis), porque cada poligene é responsável por uma classe fenotípica.
- D** 7(sete), porque o número de classes fenotípicas é igual ao número de poligenes mais um.

**03 | UFGD** A cor da pele humana é determinada pela interação de genes aditivos, de tal forma que o fenótipo (negro, mulato-escuro, mulato-médio, mulato-claro ou branco) depende da quantidade de alelos que contribuem com o efeito cumulativo, ou seja, quanto maior o número de genes dominantes, maior a intensidade da cor da pele. Se ocorrer o casamento entre uma mulher de fenótipo branco e um homem de fenótipo mulato-médio, cujos produtos resultantes da divisão meiótica são apresentados na figura a seguir, que proporções fenotípicas são esperadas para os descendentes?

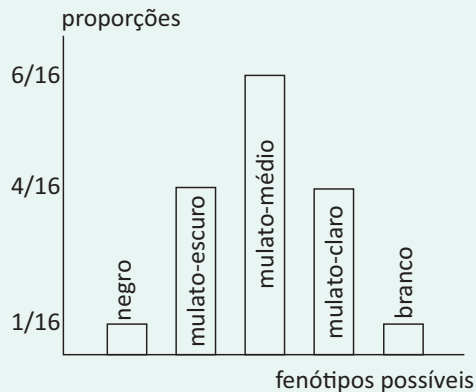


- A** 25% de descendentes mulatos-escuros, 50% de descendentes mulatos-médios e 25% de descendentes mulatos-claros.
- B** 25% de descendentes mulatos-médios, 50% de descendentes mulatos-claros e 25% de descendentes brancos.
- C** 25% de descendentes mulatos-médios, 50% de descendentes brancos e 25% de descendentes mulatos-claros.
- D** 50% de descendentes mulatos-médios e 50% de descendentes brancos.
- E** 50% de descendentes mulatos-médios e 50% de descendentes mulatos-claros.

**04 | UEG** A grande variação da cor da pele na espécie humana deve-se não apenas à herança quantitativa, mas também à maior ou menor exposição ao Sol. Em relação à influência genética, supõe-se que o gene S determine uma dose de melanina, que se soma ao mesmo efeito do gene T, não alelo. Assim, indivíduos SSTT são considerados negros.

No cruzamento de um homem mulato médio, filho de uma mulher branca, com uma mulher negra, qual seria a proporção fenotípica dos filhos desse casal?

**05| UFTM** A herança da cor de pele humana classifica as pessoas em negro, mulato-escuro, mulato-médio, mulato-claro e branco. Sabe-se que se trata de um caso de herança quantitativa, em que essas cinco classes fenotípicas são controlados por dois genes, cada um com dois alelos (Aa e Bb). O indivíduo negro apresenta genótipo AABB e o branco aabb. O gráfico a seguir indica uma possível descendência de um determinado casal.



Pode-se supor que o casal em questão apresenta o fenótipo

- A** mulato-escuro e mulato-claro, com genótipos AABb e Aabb, respectivamente.
- B** mulato-escuro e genótipo AaBB.
- C** mulato-médio e genótipo AaBb.
- D** mulato-médio e genótipo AAbb.
- E** mulato-claro e genótipo Aabb.

**06| PUC** A cor da íris dos olhos na espécie humana é uma HERANÇA QUANTITATIVA determinada por diferentes pares de alelos. Nesse tipo de herança, cada alelo efetivo, representado por letras maiúsculas (**N** e **B**), adiciona um mesmo grau de intensidade ao fenótipo. Alelos representados por letras minúsculas (**n** e **b**) são inefetivos.

Um outro gene alelo **A** com segregação independente dos outros dois alelos mencionados é necessário para a produção de melanina e conseqüente efetividade dos alelos **N** e **B**. Indivíduos **aa** são albinos e não depositam pigmentos de melanina na íris.



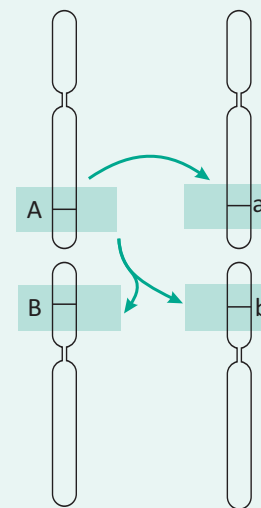
De acordo com as informações dadas, é INCORRETO afirmar:

- A** Todos os descendentes de pais homocigotos para todos os genes deverão apresentar o mesmo genótipo, mesmo que este seja diferente daquele apresentado pelos pais.
- B** Considerando-se apenas os dois pares de alelos aditivos, são possíveis vários genótipos, mas apenas cinco fenótipos.
- C** A não-ocorrência de cruzamentos preferenciais em uma população não albina, cuja freqüência de alelos **N** e **B** seja igual, favorece um maior percentual de descendentes com fenótipo intermediário.
- D** O cruzamento de indivíduos **NnBbAa** com **nnbbaa** pode produzir oito fenótipos diferentes.

**07| UERN** A Lipodistrofia Generalizada Congênita (Síndrome de Berardinelli-Seip) é uma síndrome hereditária rara de causa indeterminada, com transmissão autossômica recessiva. O diagnóstico pode ser feito ao nascer ou durante a infância, e o seu portador pode apresentar alterações metabólicas, clínicas e laboratoriais que incluem: diminuição ou ausência de tecido adiposo subcutâneo, crescimento acelerado com padraoacromegaloide(mãos e pés longos, desenvolvimento somático e esquelético acentuado), hipertricose, hiperglicemia, entre outras. É correto afirmar que essa síndrome é um exemplo de

- A** epistasia.
- B** poligenia.
- C** pleiotropia.
- D** herança quantitativa.

**08| UNIEVANGÉLICA** Analise a figura a seguir.

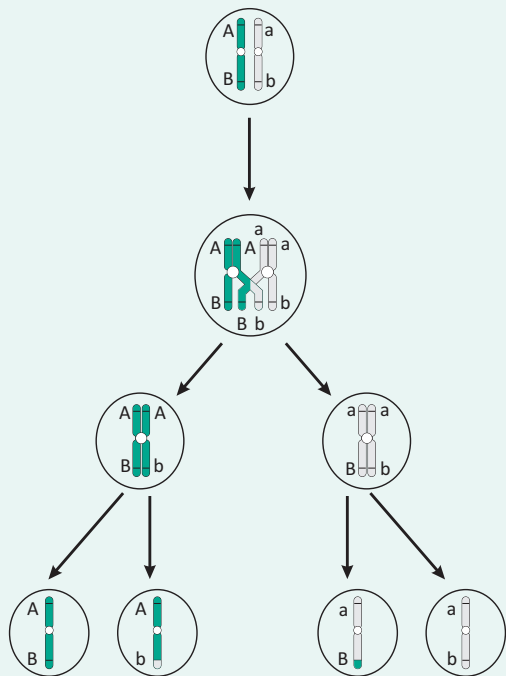


SILVA JÚNIOR, César da; SASSON, Sezar; CALDINI JÚNIOR, Nelson. **Biologia**. Volume único. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 186.

A figura está indicando que

- A** os alelos **A** e **a** apresentam entre si uma relação de codominância, mas ambos são dominantes em relação a **B** e **b**.
- B** no cruzamento de indivíduos de fenótipos extremos obtém-se sempre indivíduos de fenótipos intermediários, heterozigotos.
- C** o alelo **A** é dominante sobre o alelo **a** e é, ao mesmo tempo, epistático sobre os alelos **B** e **b**, ou seja, inibe o efeito deles.
- D** na epistasia não há dominância, os alelos **A** e **a** têm um efeito potencializador no fenótipo determinado por **B** e **b**.

**09| UNIEVANGÉLICA** Analise o esquema a seguir.



Disponível em: <<http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Citologia2/nucleo14.php>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

O esquema ilustra o resultado da meiose com ocorrência de *crossing-over*. O resultado final mostra quatro células com constituição genética distinta.

Nesse sentido, conclui-se que

- A** as células produzidas no final do processo de *crossing-over* têm reconstituídos os cromossomos homólogos originais.
- B** as quatro células-filhas têm a mesma constituição gênica e cromossômica da célula-mãe original.
- C** houve recombinação gênica, aumentando a variabilidade genética dos gametas resultantes.
- D** durante o *crossing-over* não há recombinação gênica, apenas troca de segmentos cromossômicos.

**10| UEM** Sabendo que o tipo de crista em certas variedades de galinhas é condicionado por dois pares de alelos,  $R/r$  e  $E/e$  – que se segregam independentemente, mas que interagem entre si na produção da forma de crista. A interação entre os alelos dominantes  $R$  e  $E$  resulta em crista noz; entre o alelo dominante  $R$  e o recessivo  $e$ , resulta em crista rosa; entre o alelo recessivo  $r$  e o dominante  $E$ , resulta em crista ervilha; e entre os alelos recessivos  $r$  e  $e$ , resulta em crista simples. O cruzamento de uma galinha de crista rosa com um galo de crista ervilha resultou descendentes com crista simples. Com base nessas informações e em seus conhecimentos de genética, assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.

- 01. A galinha tem o genótipo  $Rree$ .
- 02. A probabilidade de que esse cruzamento origine uma ave de crista noz é de 25%.
- 04. A probabilidade de que esse cruzamento origine uma ave com genótipo  $rrEe$  é de 50%.
- 08. O cruzamento entre os descendentes com crista noz resultará em  $1/16$  de aves com crista simples.
- 16. Quando dois ou mais pares de alelos interagem para expressão de uma característica, pode-se dizer que ocorre epistasia.

## ÁCIDOS NUCLEICOS

### INTRODUÇÃO

Apesar de o ácido desoxiribonucleico ter sido descoberto por Friedrich Miesher em meados do século XIX, a estrutura e o mecanismo de seu funcionamento como molécula controladora da atividade celular passou a ser desvendado em 1953 pelo bioquímico norte americano James Watson e o biólogo Wilian Francis Crick, que por meio da técnica de difração de raios X, conseguiram deduzir o modelo de dupla hélice existente na molécula. A partir dessa data houve muitos desdobramentos decorrentes dessa descoberta e o acervo de conhecimentos durante várias décadas culminou com o surgimento da revolucionária Engenharia Genética.

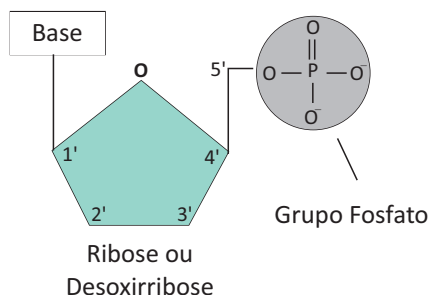
### ESTRUTURA DOS ÁCIDOS NUCLEICOS

São macromoléculas constituídas por unidades moleculares menores, denominadas nucleotídeos.

Cada nucleotídeo, por sua vez, é constituído por:

- Uma pentose (monossacarídeo com cinco carbonos);
- Um radical “fosfato” obtido a partir do ácido ortofosfórico ( $H_3PO_4$ );
- Uma base nitrogenada (adenina, guanina, citosina ou timina para o DNA e adenina, guanina, citosina ou uracila para o RNA).

#### NUCLEOTÍDEO



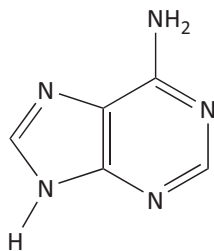
#### Observação:

Os ácidos nucleicos podem ter dois tipos de pentoses:

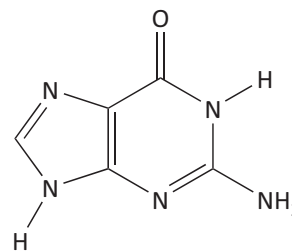
- A **ribose** para as moléculas de RNA;
- A **desoxirribose** para as moléculas de DNA.

As bases nitrogenadas dos ácidos nucleicos são de dois grupos diferentes:

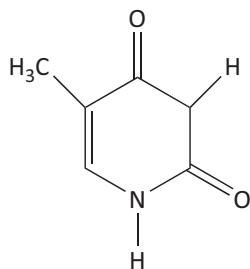
- As púricas, com estrutura molecular mais complexa, pois possuem maior peso molecular. – adenina (A) e guanina (G);
- As pirimídicas – timina (T), citosina (C) e uracila (U).



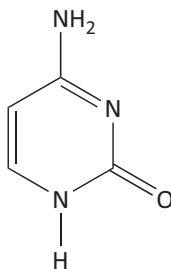
Adenina (A)



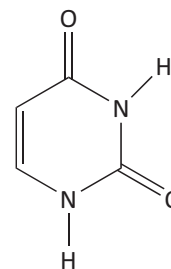
Guanina (G)



Timina (T)



Citosina (C)



Uracila (U)

## DIFERENÇAS ESTRUTURAIS ENTRE DNA E RNA

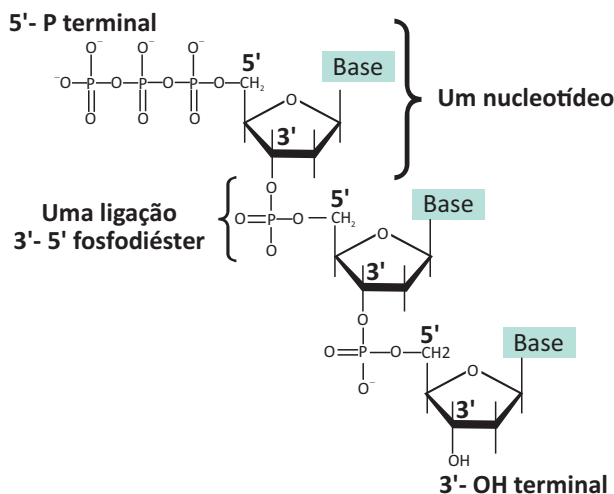
1. A molécula de DNA possui como pentose do seu nucleotídeo a **desoxiribose** e as moléculas de RNA possuem como pentose a **ribose**;
2. Entre as quatro diferentes bases existentes na molécula de DNA está a **timina**; no RNA. A **uracila** está no lugar da timina;
3. Em geral a molécula de DNA é bifilamentar e a de RNA é unifilamentar.

### TIPOS DE NUCLEOTÍDEOS

Nos ácidos nucleicos existem **oito** tipos diferentes de nucleotídeos, pois os quatro do DNA são constituídos com a pentose **desoxiribose** e os quatro do RNA com a pentose **ribose**.

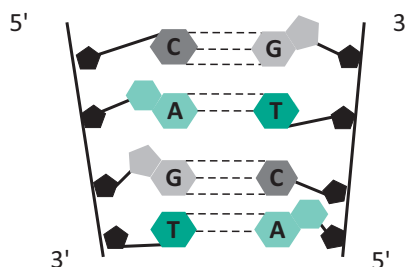
### LIGAÇÕES ENTRE OS NUCLEOTÍDEOS

Um nucleotídeo se liga a outro nucleotídeo do mesmo filamento de um ácido nucleico por meio da chamada ligação **fosfodiéster**. Nessa ligação o fosfato de um nucleotídeo se liga à pentose do nucleotídeo seguinte.



## A DUPLA HÉLICE DO DNA

Os dois filamentos constituídos de vários nucleotídeos estão ligados por "**Pontes de Hidrogênio**" (ligações de hidrogênio) que se estabelecem entre a base nitrogenada de um filamento e a base nitrogenada do outro filamento. As bases se ligam de forma específica, sendo que a ligação é sempre entre uma base púrica e uma base pirimídica. A Adenina (A) se liga com a Timina (T) por meio de duas ligações de hidrogênio e a Citosina (C) se liga com a Guanina (G) por meio de três ligações de hidrogênio.



**Observação:**

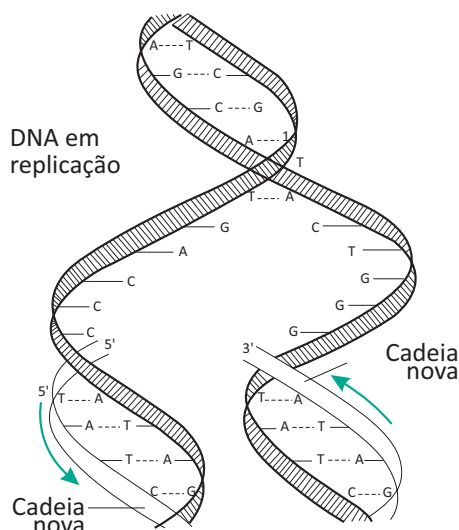
Foi o bioquímico Erwin Chargaff que descobriu que:  $\frac{A}{T} = 1$  e  $\frac{C}{G} = 1$ , ou seja, se há 30% de Adenina em uma molécula de DNA, certamente existirá 30% de Timina, sendo assim, conseqüentemente haverá 20% de Citosina e 20% de Guanina, pois a soma das porcentagens das quatro bases da molécula deve totalizar 100%.

**A REPLICAÇÃO DO DNA**

Como o DNA é a molécula que controla os processos metabólicos existentes na célula, pois a síntese de moléculas de RNA envolvidas na formação de proteínas é determinada pelo DNA, antes da célula entrar em divisão (mitose ou meiose) essas informações devem ser “copiadas” e distribuídas para as células “filhas” resultantes de cada divisão celular. Esse mecanismo é conhecido como “**replicação do DNA**” ou “**autoduplicação do DNA**”.

**PRINCIPAIS PASSOS DA REPLICAÇÃO DO DNA**

1. Rompimento das ligações de hidrogênio executado pela enzima helicase;
2. Com a ação das enzimas DNA polimerases sobre cada um dos moldes do DNA são introduzidos os nucleotídeos complementares que sempre entram no sentido 5' → 3' sobre o filamento molde 3' → 5'. (figura);
3. Após a entrada de novos nucleotídeos sobre cada um dos filamentos molde, cada uma das duas moléculas de DNA formadas, terá um filamento conservado e um filamento complementar novo, portanto a replicação é dita **semiconservativa**.

**TRANSCRIÇÃO DE RNA**

O processo de **transcrição** ocorre quando moléculas de RNA são sintetizadas a partir de um filamento molde de DNA.

Quando a molécula de DNA é “aberta”, apenas um dos filamentos de DNA será transcrito de cada vez. Nesse caso, a sequência de bases nitrogenadas existentes no filamento de DNA que será transcrito gera uma sequência de bases nitrogenadas complementares que irão compor a cadeia unifilar do RNA. Assim, se um trecho do filamento de DNA que está sendo copiado possui a sequência “TTACGATA” a sequência complementar que estará no RNA será “AAUGCUAU”.

**PROCESSO DE TRADUÇÃO**

Considerando que as moléculas de RNA mensageiro, RNA transportador e RNA ribossômico que estão envolvidas na síntese de proteínas (tradução) são sintetizadas a partir do DNA, podemos dizer então que o DNA comanda indiretamente a síntese proteica.

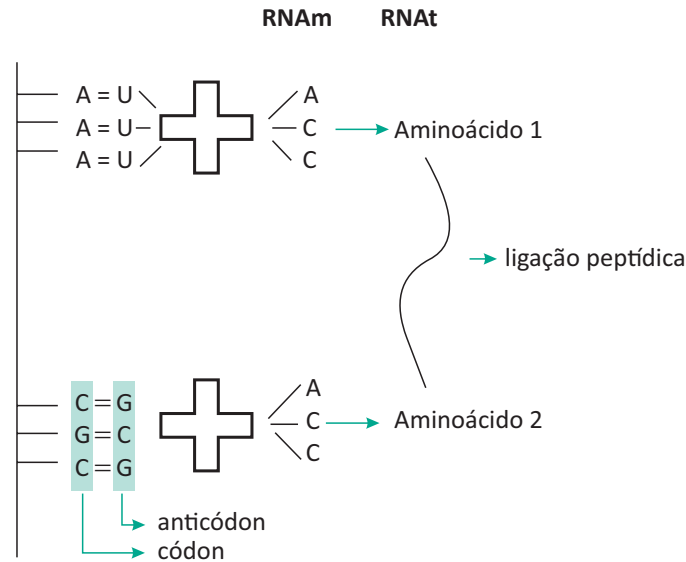
O RNA<sub>m</sub> (mensageiro) possui a sequência de bases nitrogenadas correspondentes à sequência que se encontrava no filamento molde de DNA. Após ser sintetizado, esse RNA é liberado no núcleo, atravessa o poro da carioteca e ao se associar aos ribossomos, determinará a síntese proteica.

## O PAPEL DO RNA RIBOSSÔMICO E DO RNA TRANSPORTADOR

RNA<sub>r</sub> (ribossômico): RNA de peso molecular maior do que o RNA mensageiro e o RNA transportador. Associa-se com proteínas para formar os ribossomos.

RNA<sub>t</sub> (transportador): RNA que transporta aminoácido do citosol até os ribossomos organóides, envolvidos na síntese proteica. Geralmente possuem de 75 a 85 nucleotídeos em fita única. Sua forma lembra uma “folha de trevo”.

Em cada RNA transportador existem duas regiões de destaque, uma delas é a trinca de bases que corresponde ao anticódon. A trinca do anticódon se “encaixa” com a trinca de bases nitrogenadas presentes no RNA mensageiro, denominada **Códon**.



A outra região de destaque é a trinca que se ligará ao aminoácido que será transportado.

### Observação:

A união de um aminoácido com a trinca do respectivo RNA transportador é feita com a participação de enzimas denominadas **aminoacil-RNA<sub>t</sub> sintetases**. Existem vinte tipos diferentes dessa enzima, uma para cada um dos 20 tipos diferentes de aminoácidos.

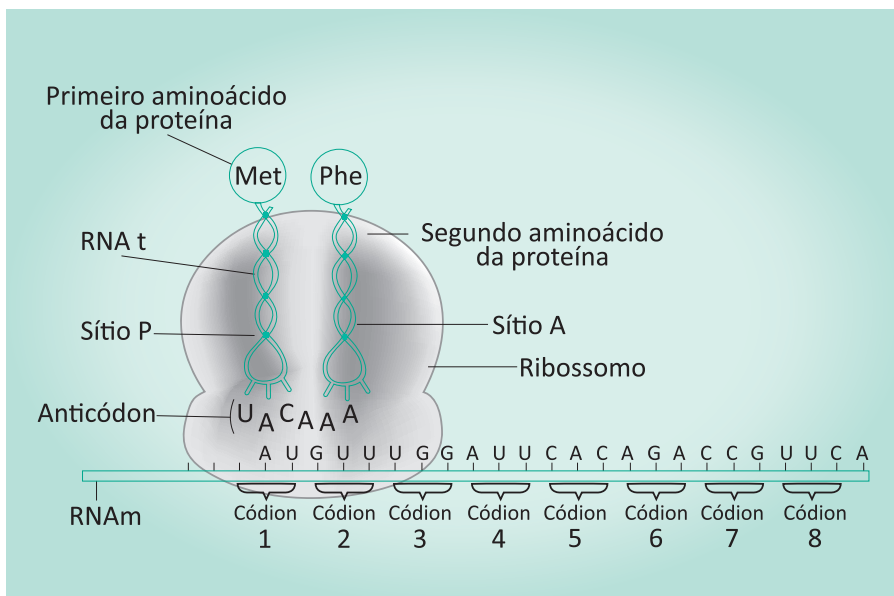
Principais etapas do mecanismo da síntese proteica.

1. O RNA mensageiro sintetizado no núcleo é conduzido para o citoplasma;
2. No citoplasma um ribossomo se liga ao RNA mensageiro, em seguida dois RNAs transportadores, trazendo seus respectivos aminoácidos, integram com o ribossomo por meio da união de seus anticódons com os códons do RNA mensageiro;
3. O primeiro RNAt que havia trazido o aminoácido metionina se desacopla do ribossomo e fica livre no citoplasma. Em seguida um terceiro RNA transportador, trazendo um terceiro aminoácido, se integra ao ribossomo por meio de seu anticódon específico. Em decorrência, esse aminoácido se liga com o segundo aminoácido que já havia entrado no ribossomo por meio da ligação peptídica;
4. Assim, o ribossomo vai se deslocando ao longo do RNA mensageiro e cada códon recebe sucessivamente um RNAt, que traz seu aminoácido para ser incorporado na formação do polipeptídeo (geralmente uma proteína);
5. Quando o ribossomo encontra um códon de parada no RNA mensageiro, que pode ser o UAA, UAG ou o UGA, a síntese proteica finaliza, pois as duas sub-unidades do ribossomo são separadas inativando-o.

### Observação:

O único códon de iniciação para a tradução, ou seja, para dar início à síntese de uma proteína é o “AUG”, mesmo códon que identifica o aminoácido metionina.





## RESPIRAÇÃO CELULAR

É um processo de obtenção de energia no qual ocorre degradação de moléculas orgânicas, sendo a glicose a principal molécula utilizada pelos seres vivos. A respiração aeróbia ocorre com a participação de enzimas oxidativas que atuam com participação do gás oxigênio e com o objetivo de produzir moléculas de trifosfato de adenosina (ATP).

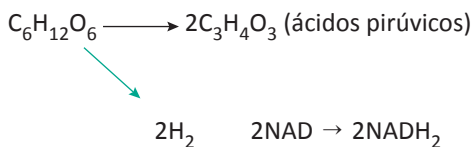
### ETAPAS DA RESPIRAÇÃO CELULAR

- Glicólise (ou fase piruvato) – ocorre no citosol (ou hialoplasma) e é uma fase que não depende do gás  $O_2$ ;
- Fase intermediária – ocorre quando os ácidos pirúvicos entram na mitocôndria;
- Ciclo de Krebs – ocorre na matriz mitocondrial e se inicia com a reação do acetil-Coa com o ácido oxalacético;
- Cadeia respiratória – ocorre nas cristas mitocondriais e corresponde a um transporte de elétrons que gera energia protomotriz para bombear íons  $H^+$  (prótons) para a região intermembranar;
- Quimiosmose ou fluxo retrógrado de prótons – ocorre no trajeto: matriz mitocondrial – região intermembranar – crista mitocondrial.

### DETALHANDO AS ETAPAS DA RESPIRAÇÃO CELULAR

- Glicólise:** nessa etapa a molécula de glicose é quebrada e gera duas moléculas de ácido pirúvico. No processo inicial há um investimento de duas moléculas de ATP. Entretanto, ocorre liberação de energia suficiente para a síntese de 4 ATP e portanto há um rendimento de 2ATP.

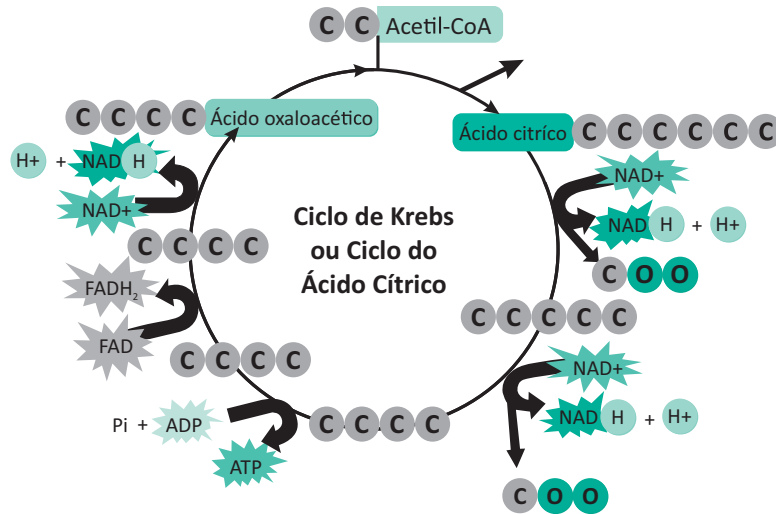
Veja:



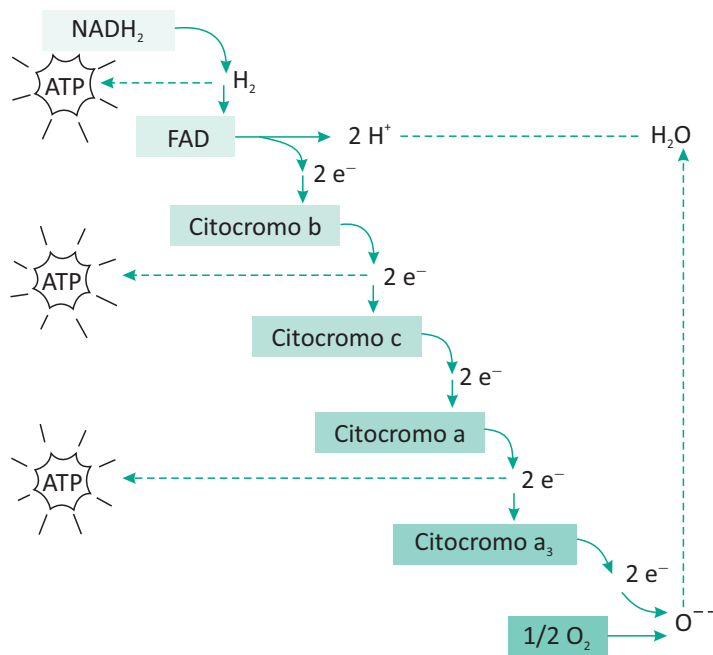
NAD – Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo (aceptora intermediária de hidrogênio).

- Fase intermediária** – os ácidos pirúvicos são “lançados” dentro da mitocôndria e dentro dela são convertidos em ácidos acéticos, que ao serem ativados pela coenzima A são transformados em acetilCo-A. Com a desidrogenação são formadas mais duas moléculas de  $NADH_2$ .

c) **Ciclo de Krebs** – é o ciclo do ácido cítrico, nele o ácido cítrico é degradado progressivamente para formar  $6\text{NADH}_2$  e  $2\text{FADH}_2$ .



d) **Cadeia respiratória** – nessa etapa os elétrons dos hidrogênios das  $\text{NADH}_2$  (ou  $\text{NADH}$ ) e  $\text{FADH}_2$  passam pela cadeia de citocromos e são finalmente recebidos pelo oxigênio. A energia gerada pelo transporte de elétrons, bombeia os prótons da matriz mitocondrial para a região intermembranar.



e) **Quimiosmose** – os prótons da região intermembranar voltam para dentro da mitocôndria e ativam o complexo ATP sintase, que então sintetiza as moléculas de ATP.

**Fermentação:** é um processo de obtenção de energia anaeróbio incompleto, pois nesse processo não há ciclo de Krebs e nem cadeia respiratória e Quimiosmose.

**Observação:**

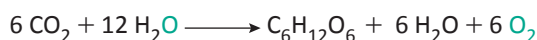
Pode ocorrer fermentação láctica ou alcoólica, apenas nessa última há liberação de  $\text{CO}_2$ . Nos seres humanos a fermentação láctica pode ocorrer nos músculos quando não ocorre suprimento de  $\text{O}_2$  suficiente para a produção necessária de ATP ao organismo.

## FOTOSSÍNTESE E QUIMIOSSÍNTESE

### FOTOSSÍNTESE

É um processo de conversão de energia luminosa em energia química e de transformação de matéria inorgânica em matéria orgânica realizado por seres autótrofos, que portanto são produtores (algas, plantas e algumas bactérias).

### EQUAÇÃO GERAL DA FOTOSSÍNTESE



#### Observação:

O “O<sub>2</sub>” liberado é sempre proveniente da água.

### ETAPAS DA FOTOSSÍNTESE

#### 1) Fase clara (ou fotoquímica)

Nesta fase ocorrem:

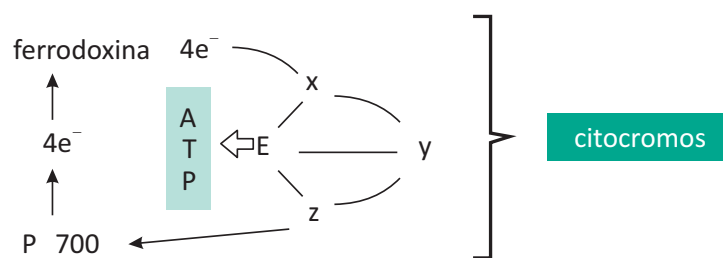
- A fotofosforilação cíclica;
- A fotofosforilação acíclica;
- A fotólise da água.

#### 2) Fase escura (ou química)

É o ciclo das pentoses.

## A FOTOFOSFORILAÇÃO CÍCLICA

Nessa etapa, a luz excita a clorofila A no fotossistema de 700 nanômetros (P<sub>700</sub>) e os elétrons da última camada eletrônica são liberados e captados por uma substância aceptora de elétrons denominada “ferrodoxina”. Os elétrons instáveis passam pelos citocromos (x, y, z) e voltam para o P<sub>700</sub> de onde haviam saído. Com o movimento dos elétrons, há produção de ATP que será utilizado na fase escura para a síntese de glicose.



- **Fotofosforilação acíclica e fotólise da água: nessas etapas há participação do P<sub>700</sub> e do P<sub>680</sub>.**

Nos transportes de elétrons, há formação de ATP e de NADPH<sub>2</sub>, ambos serão utilizados na fase escura para que ocorra a síntese de glicose.

- **Fase escura da fotossíntese**

Nessa fase, o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é oceptor final de hidrogênio e com isso haverá formação de carboidrato.

As moléculas na fase clara, fornecem energia para a síntese de matéria orgânica.

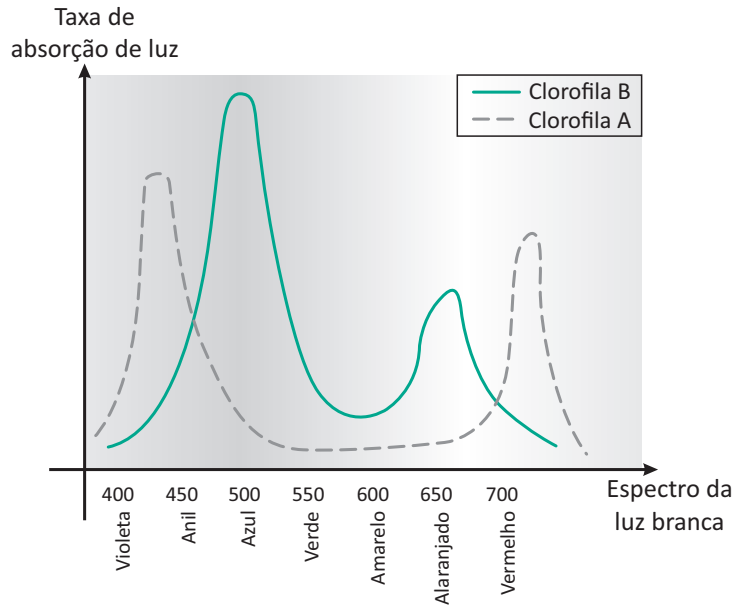
A fase clara da fotossíntese ocorre na região do grana, nas lamelas e nas membranas intergranares dos cloroplastos, e a fase escura ocorre no estroma.

▪ **Fatores limitantes da fotossíntese**

Os fatores externos que influenciam a atividade fotossintética são: a concentração de gás carbônico, a luz e a temperatura.

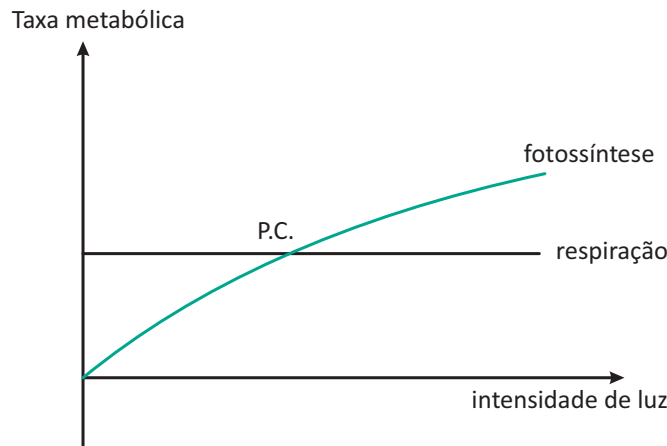
Cada um desses fatores pode inibir a fotossíntese por estar em menor intensidade do que os outros fatores no processo fotossintético.

**Gráfico da absorção de luz em função dos comprimentos de onda de cada cor:**



**PONTO DE COMPENSAÇÃO FÓTICA**

Representa o momento em que a atividade metabólica referente à respiração celular, consome gás oxigênio na mesma quantidade daquilo que é produzido na fotossíntese.



P.C = Ponto de Compensação Fóptica

**QUIMIOSSÍNTESE**

Processo análogo à fotossíntese. Entretanto, os organismos que realizam quimiossíntese utilizam energia liberada pela oxidação de substâncias inorgânicas (ex: amônia e enxofre) para sintetizarem substâncias orgânicas.

**R** EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01| UERJ** O monóxido de carbono é um gás que, ao se ligar à enzima citocromo C oxidase, inibe a etapa final da cadeia mitocondrial de transporte de elétrons.

Considere uma preparação de células musculares à qual se adicionou monóxido de carbono. Para medir a capacidade de oxidação mitocondrial, avaliou-se, antes e depois da adição do gás, o consumo de ácido cítrico pelo ciclo de Krebs.

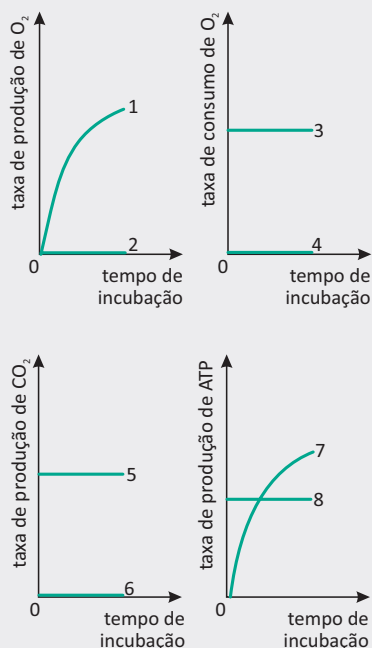
Indique o que ocorre com o consumo de ácido cítrico pelo ciclo de Krebs nas mitocôndrias dessas células após a adição do monóxido de carbono. Justifique sua resposta.

**Resolução:**

*O consumo diminui.*

*Ao cessar o transporte de elétrons pela cadeia respiratória mitocondrial, a acumulação das coenzimas de oxidação na forma reduzida inibe a atividade das enzimas desidrogenases.*

**02| UERJ** Uma amostra de mitocôndrias e outra de cloroplastos foram colocadas em meios de incubação adequados ao metabolismo normal de cada organela. As amostras, preparadas na ausência de luz, foram iluminadas do início até o final do experimento. Os gráficos abaixo indicam os resultados obtidos, para cada uma das organelas, nos quatro parâmetros medidos no experimento.



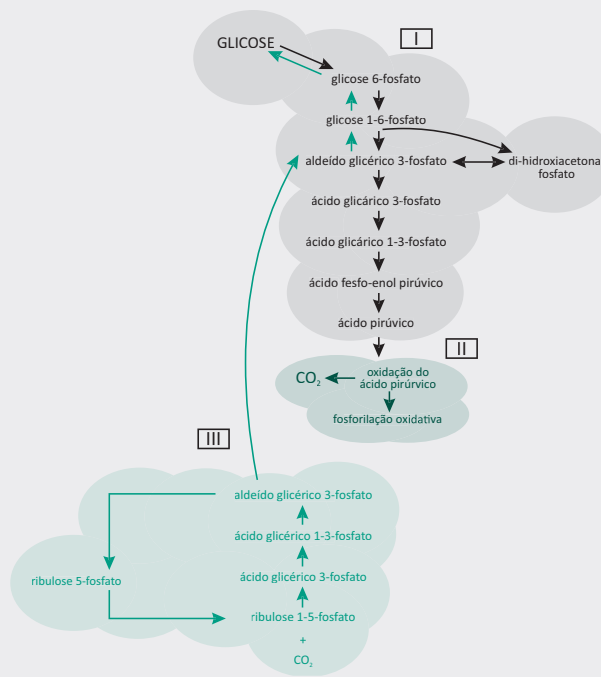
Identifique, por seus números, as curvas que correspondem às amostras de mitocôndrias e as que correspondem às amostras de cloroplastos, justificando sua resposta.

**Resolução:**

*Mitocôndrias: 2, 3, 5 e 8. As mitocôndrias não produzem oxigênio e mantêm inalteradas as taxas de produção de gás carbônico e ATP, independentemente da luminosidade.*

*Cloroplastos: 1, 4, 6 e 7. Os cloroplastos não produzem oxigênio e ATP na ausência de luz e não produzem gás carbônico.*

**03| UERJ** Algumas funções metabólicas opostas são realizadas por células eucariotas específicas. Nos compartimentos I, II e III de uma dessas células, ilustrados no esquema abaixo, ocorrem reações que levam tanto à degradação de glicose, gerando CO<sub>2</sub>, quanto à síntese desse carboidrato, a partir do CO<sub>2</sub>.



Nomeie os compartimentos celulares I, II e III. Em seguida, identifique o compartimento que mais produz ATP e o que mais consome ATP.

**Resolução:**

*I. citosol*

*II. mitocôndria*

*III. cloroplasto*

*Produção: mitocôndria (II)*

*Consumo: cloroplasto (III)*

**04| UERJ** Considere uma molécula de DNA sem qualquer mutação e que apresente 16% de bases nitrogenadas de citosina.

Determine os percentuais de guanina e de timina encontrados nessa molécula, justificando suas respostas.

**Resolução:**

*Guanina – 16%*

*A citosina e a guanina ocorrem em quantidades iguais no DNA.*

*Timina – 34%*

*Como a adenina e a timina ocorrem em quantidades iguais no DNA, a quantidade de timina é igual à metade dos 68% restantes de bases nitrogenadas.*

**05| UERJ** Em células eucariotas, o antibiótico actinomicina D atua bloqueando o mecanismo de transcrição da informação gênica, impedindo a síntese de RNA. Já o antibiótico puromicina é capaz de bloquear o processo de tradução da informação e, portanto, a síntese de proteínas.

Considere um experimento em que a actinomicina D foi adicionada a uma cultura de células eucariotas, medindo-se, em função do tempo de cultivo, a concentração de três diferentes proteínas, A, B e C, no citosol dessas células. Em experimento similar, esse antibiótico foi substituído pela puromicina, sendo medidas as concentrações das mesmas proteínas.

A tabela abaixo mostra os resultados dos dois experimentos.

Antibiótico	Tempo de cultivo (min)	Concentração das proteínas no citosol ( $\mu\text{M}$ )		
		A	B	C
Actinomicina D	0	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$
	30	$15 \times 10^{-4}$	$12 \times 10^{-3}$	$18 \times 10^{-3}$
	60	$2 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-3}$	$16 \times 10^{-3}$
	90	$5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-3}$	$14 \times 10^{-3}$
Puromicina	0	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$
	10	$15 \times 10^{-4}$	$15 \times 10^{-4}$	$15 \times 10^{-4}$
	30	$8 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-5}$	$8 \times 10^{-5}$
	60	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$

Considere que a meia-vida de uma molécula na célula é igual ao tempo necessário para que a concentração dessa molécula se reduza à metade.

Estabeleça a ordem decrescente dos tempos de meia-vida dos RNA mensageiros das proteínas A, B e C.

Compare, também, o tempo de meia-vida dessas proteínas e estabeleça a relação entre esses tempos.

**Resolução:**

*C – B – A*

*As meias-vidas são iguais.*

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01|** A molécula de DNA armazena informação genômica que é transcrita e traduzida por mecanismos elegantes como os de transcrição e tradução. Entretanto, entre os distintos indivíduos biológicos construídos por mensagem contida no DNA, há uma singularidade biológica que se repete, mas se diferencia pelo modo como esta é organizada.

A que corresponde a descrição acima?

**02|** Diversos mecanismos importantes para a manutenção da vida na Terra estão relacionados com interações químicas. De que tipo é a ligação de interação química envolvida tanto no pareamento correto de bases nitrogenadas no DNA quanto no controle de variações extremas de temperatura na água?

**03|** Em abril de 1953, James Watson e Francis Crick agitaram a comunidade científica com um elegante modelo de dupla-hélice para a estrutura do DNA, o ácido desoxirribonucléico, cuja “linguagem” química codifica a in-

formação hereditária. Sobre uma fita de DNA em dupla hélice que apresenta 10% de bases do tipo adenina, qual a concentração de bases do tipo guanina?

**04| UEL** De acordo com a hipótese heterotrófica, o primeiro ser vivo do planeta Terra obtinha energia para seu metabolismo por meio de um processo adequado às condições existentes na atmosfera primitiva. Qual é a sequência ordenada dos processos energéticos, desde o surgimento do primeiro ser vivo do planeta?

**05|** Complete as frases abaixo:

- A** A respiração \_\_\_\_\_ é o processo de extração de energia de compostos orgânicos sem a utilização do  $\text{O}_2$  comoceptor final de elétrons.
- B** A quebra da \_\_\_\_\_ através da fermentação produz \_\_\_\_\_ATPs como saldo energético.
- C** Ao contrário da fermentação \_\_\_\_\_, a fermentação \_\_\_\_\_ não produz  $\text{CO}_2$ .

**T ENEM E VESTIBULARES**

**01| UERJ** As bases nitrogenadas, quando oxidadas, podem causar emparelhamento errôneo durante a replicação do DNA. Por exemplo, uma guanina oxidada (G\*) pode passar a se emparelhar, durante a divisão celular, com timina (T) e não com citosina (C). Esse erro gera células mutadas, com uma adenina (A) onde deveria haver uma guanina (G) normal.

Considere uma célula bacteriana com quatro guaninas oxidadas em um trecho do gene que codifica determinada proteína, conforme mostra a sequência:

G\*CG\* – CCC – TG\*T – ACG\* – ATA

Após certo tempo, essa célula, ao dividir-se, dá origem a uma população de bactérias mutantes.

O número máximo de aminoácidos diferentes que poderão ser substituídos na proteína sintetizada por essas bactérias, a partir da sequência de DNA apresentada, é igual a:

- A** 0
- B** 1
- C** 2
- D** 3

**02| FAMECA** Um pesquisador identificou em uma bactéria uma molécula A e outra B, como sendo de DNA e RNA, respectivamente. É correto afirmar que a molécula A

- A** apresenta uracila e citosina; já a B apresenta timina e guanina.
- B** possui fosfato e ribose; já a B apresenta uma base nitrogenada e desoxirribose.
- C** apresenta a razão  $\frac{C}{G}$ , caso seja dupla hélice, igual a 1,0; já a B apresenta normalmente razão diferente de 1,0.
- D** é um polímero de nucleotídeos; já a B é um polímero de aminoácidos.
- E** possui três tipos diferentes de bases nitrogenadas; já a B possui quatro tipos.

**03| UECE** No mecanismo da transcrição, uma das fitas do DNA (a fita molde) é transcrita em RNA mensageiro pela ação de

- A** um peptídeo sinalizador iniciador.
- B** dois RNAs ribossômicos acoplados.
- C** uma enzima denominada RNA polimerase dependente de DNA.
- D** uma associação de RNAs ribossômicos com vários RNAs transportadores.

**04| UEFS** Em uma investigação, pesquisadores da UFSCar estão analisando bactérias e arqueias coletadas em mais de dez pontos de rios da bacia do rio Amazonas.

A abordagem usada na pesquisa é a metagenômica, que permite a análise de uma mistura complexa de DNA obtida de vários organismos, diferenciando-se da análise genômica, feita a partir de DNA isolado de um único exemplar.

Os resultados obtidos até agora mostram que, enquanto alguns micro-organismos aparecem apenas em certos locais devido a características, como salinidade, pH e temperatura, outros são encontrados em todos os pontos analisados.

(MICROBIOTA do Amazonas, 2013, p. 53).

MICROBIOTA do Amazonas. *Ciência Hoje*, São Paulo: SBPC, n. 307, v. 52, set. 2013. Adaptado.

A molécula de DNA é um material de amplo uso em estudos de identificação dos seres vivos.

Sobre a organização e as propriedades do DNA, analise as afirmativas e marque com **V** as verdadeiras e com **F**, as falsas.

- ( ) A estrutura em dupla hélice torna dispensáveis processos de reparo que reduziriam a ocorrência de substituições e deleções de nucleotídeos.
- ( ) O pareamento específico entre bases nitrogenadas determina uma desproporção numérica entre as púricas e as pirimídicas.
- ( ) As moléculas-filha guardam identidade com a molécula-mãe em consequência da replicação semi-conservativa.
- ( ) A estrutura polinucleotídica permite identificar sequências específicas que diferenciam os organismos.

A alternativa que indica a sequência correta, de cima para baixo, é a

- A** F F V V
- B** F V F V
- C** F V V F
- D** V V F F
- E** V F V F



**05| UEG** A oxidação de carboidratos e lipídeos gera energia química armazenada temporariamente sob a forma de ATP e, posteriormente, transformada em trabalho biológico. Cerca de 30% dessa energia tem como subproduto o aumento fisiológico da temperatura corporal, o que chamamos de termogênese. Alguns alimentos têm a atividade termogênica reconhecida, tais como a pimenta vermelha, o chá verde, a canela, o gengibre, o chá de hibisco e alimentos com ômega 3. Sobre os alimentos termogênicos, verifica-se que

- A** beneficiam a saúde em intensidade diretamente proporcional à quantidade ingerida.
- B** aumentam o gasto calórico do organismo durante a digestão e o processo metabólico.
- C** contribuem para o ganho de massa muscular quanto mais acelerado for o metabolismo.
- D** dificultam a digestão, portanto, são incompatíveis com a prática regular de exercícios físicos.

**06| PUC** Em uma célula vegetal, o gás carbônico liberado a partir de reações que ocorrem em uma organela (I) é utilizado em reações que ocorrem em outra organela (II).

No trecho acima, a organela indicada por I é

- A** a mitocôndria e o gás carbônico liberado é utilizado na organela II para a realização da respiração celular.
- B** a mitocôndria e o gás carbônico liberado é utilizado na organela II para a realização da fotossíntese.
- C** o cloroplasto e o gás carbônico liberado é utilizado na organela II para a realização da respiração celular.
- D** o cloroplasto e o gás carbônico liberado é utilizado na organela II para a realização da fotossíntese.
- E** o cloroplasto e a indicada por II, a mitocôndria, onde ocorrem, respectivamente, a respiração celular e a fotossíntese.

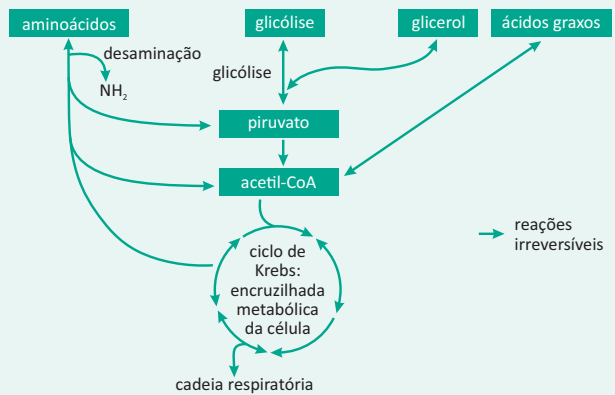
**07| UEA** Classificadas de acordo com o produto final obtido no processo, as fermentações podem ser alcoólica, láctica e acética. A figura mostra, de forma esquemática e simplificada, as principais etapas de cada uma das fermentações.



Quando realizada pela levedura adequada, o tipo de fermentação que leva a massa do pão a inflar e tornar-se macia é aquela representada

- A** pela produção de ácido láctico.
- B** pela produção de ácido acético.
- C** pela produção de álcool etílico.
- D** pela produção de ácido pirúvico.
- E** pelas produções de ácidos láctico e acético.

**08| FAMECA** Algumas substâncias orgânicas podem ser utilizadas no metabolismo energético. O esquema mostra rotas bioquímicas que podem ocorrer em uma célula.

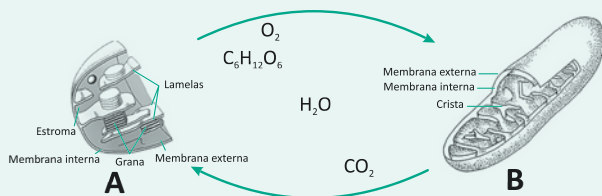


(Sônia Lopes e Sérgio Rosso. *Bio*, 2010. Adaptado.)

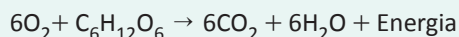
Considerando as informações contidas no esquema e outros conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que

- A** as unidades de carboidratos, lipídios e proteínas são utilizadas para gerar energia, pois podem entrar em alguma etapa da respiração celular.
- B** os ácidos graxos e as proteínas são transformados em carboidratos, os quais são utilizados na cadeia respiratória que ocorre no citosol das células musculares.
- C** as unidades de lipídios, proteínas e carboidratos atuam diretamente no ciclo de Krebs, gerando um elevado saldo de ATP, o qual é prontamente utilizado no metabolismo celular.
- D** as proteínas, os carboidratos e os lipídios podem ser utilizados diretamente na cadeia respiratória para gerar ATP, o qual é prontamente utilizado no metabolismo celular.
- E** os lipídios e os carboidratos são transformados em proteínas, as quais são metabolizadas na glicólise e reservadas nos adipócitos para posterior síntese de energia.

**09| UFPE** Respiração e fotossíntese são fenômenos bioquímicos que interagem sinergicamente, um fornecendo matéria prima para as necessidades do outro. A figura abaixo apresenta esquema de um cloroplasto e uma mitocôndria, participantes desses fenômenos, e uma representação bioquímica da relação entre os dois processos. Sobre esses fenômenos, podemos fazer as afirmações seguintes.



00. O processo bioquímico que ocorre em A é essencial para a função dos organismos produtores na cadeia trófica.
01. O processo bioquímico que ocorre em B é encontrado apenas nas células animais.
02. Embora a relação entre A e B seja cíclica, ela só se mantém com energia externa, que é capturada por A e acrescentada ao sistema.
03. Na figura, o  $C_6H_{12}O_6$  é resultante do processamento de gás carbônico, água e energia solar nas mitocôndrias dos vegetais.
04. A reação química que ocorre em B pode ser resumida pela equação:



**10| FUVEST** A lei 7678 de 1988 define que “vinho é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura”. Na produção de vinho, são utilizadas leveduras anaeróbicas facultativas. Os pequenos produtores adicionam essas leveduras ao mosto (uvas esmagadas, suco e cascas) com os tanques abertos, para que elas se reproduzam mais rapidamente. Posteriormente, os tanques são hermeticamente fechados. Nessas condições, pode-se afirmar, corretamente, que

- A** o vinho se forma somente após o fechamento dos tanques, pois, na fase anterior, os produtos da ação das leveduras são a água e o gás carbônico.
- B** o vinho começa a ser formado já com os tanques abertos, pois o produto da ação das leveduras, nessa fase, é utilizado depois como substrato para a fermentação.
- C** a fermentação ocorre principalmente durante a reprodução das leveduras, pois esses organismos necessitam de grande aporte de energia para sua multiplicação.

- D** a fermentação só é possível se, antes, houver um processo de respiração aeróbica que forneça energia para as etapas posteriores, que são anaeróbicas.
- E** o vinho se forma somente quando os tanques voltam a ser abertos, após a fermentação se completar, para que as leveduras realizem respiração aeróbica.

**11| PUCAMP** O cardiologista John Kheir, do Hospital Infantil de Boston (EUA), liderou um estudo em que coelhos com a traqueia bloqueada sobreviveram por até 15 minutos sem respiração natural, apenas por meio de injeção de oxigênio na corrente sanguínea. A técnica poderá prevenir parada cardíaca e danos cerebrais induzidos pela privação de oxigênio, além de evitar a paralisia cerebral quando há comprometimento de oxigenação fetal.

(Revista Quanta, ano 2, n. 6, agosto e setembro de 2012. p. 19)

O *oxigênio* é usado no processo de respiração celular, sobre o qual foram feitas as seguintes afirmações:

- I. O  $CO_2$  é liberado apenas durante a glicólise.
- II. No ciclo de Krebs há formação de ATP.
- III. O ciclo de Krebs ocorre nas cristas mitocondriais.
- IV. O oxigênio é utilizado apenas na cadeia respiratória.

Está correto o que se afirma APENAS em

- A** I, II e III.
- B** I e II.
- C** II e IV.
- D** I e IV.
- E** III e IV.

**12| UERJ** Denomina-se beta-oxidação a fase inicial de oxidação mitocondrial de ácidos graxos saturados.

Quando esses ácidos têm número par de átomos de carbono, a beta-oxidação produz apenas acetil-CoA, que pode ser oxidado no ciclo de Krebs.

Considere as seguintes informações:

- cada mol de acetil-CoA oxidado produz 10 mols de ATP;
- cada mol de ATP produzido armazena 7 kcal.

Sabe-se que a beta-oxidação de 1 mol de ácido palmítico, que possui 16 átomos de carbono, gera 8 mols de acetil-CoA e 26 mols de ATP.

A oxidação total de 1 mol de ácido palmítico, produzindo  $CO_2$  e  $H_2O$ , permite armazenar sob a forma de ATP a seguinte quantidade de energia, em quilocalorias:

- A** 36
- B** 252
- C** 742
- D** 1008

## REINO MONERA E BACTERIOSES

O Reino monera é um grupo formado por microorganismos que não apresentam membrana celular (células procarióticas), são eles as **bactérias**, **cianobactérias** e **arqueobactérias**.

### BACTÉRIAS

São organismos unicelulares, procariontes que podem ser encontrados em diversos meios: solo, água doce, mar, ar, plantas e animais. Elas tem grande importância para a manutenção da vida, manutenção de vários organismos, em processos de decomposição de material orgânico, no auxílio ao desenvolvimento de medicamentos e substâncias de uso medicinal e na confecção de alguns alimentos, mas também podem provocar doenças em outros organismos.

**Estrutura:** a célula bacteriana apresenta membrana plasmática, ribossomos, hialoplasma e cromatina, que são componentes básicos de qualquer célula. No hialoplasma, que é um substrato gelatinoso, se encontram dispersos os ribossomos, a cromatina, os polissomos e o plasmídeo. Mais externamente envolvendo o hialoplasma fica a membrana plasmática, e ainda mais externamente revestindo a membrana plasmática, fica a parede celular ou membrana esquelética. Em alguns casos, há ainda outro revestimento denominado “cápsula”, que é uma camada protetora formada por glicoproteínas. Essa cápsula pode ampliar o poder de resistência da bactéria a antibióticos.

Doença	Agente causador	Sintomas	Tratamento	Modo de transmissão	Método de prevenção
Tétano	<i>Clostridium tetani</i>	Contrações musculares no rosto, rigidez da mandíbula, dor de garganta, irritabilidade e espasmos musculares.	Soro anti-tetânico, antibióticos e relaxantes musculares.	A entrada da bactéria ocorre geralmente em feridas causadas por objetos contaminados sujos de fezes, terra, ou com ferrugem.	Vacinação antitetânica, cuidados com manipulação de objetos cortantes não esterilizados.
Gonorréia	<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Secreção de pus na uretra.	Antibióticos	Por meio de relação sexual.	Uso de preservativo, evitar contato sexual com pessoas contaminadas.
Sífilis	<i>Treponema pallidum</i>	Formação de cancrs, seguido de dores e lesões na pele, sistema nervoso e circulatório	Antibióticos	Por meio de relação sexual ou contaminação do feto com a transmissão da bactéria pela placenta.	Uso de preservativo, evitar contato sexual com pessoas contaminadas.
Tuberculose	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tosse crônica, dores no peito, secreção excessiva de catarro e escarro com sangue.	Antibióticos.	Tosse, contato com saliva e pessoas contaminadas.	Vacinação BCG.
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Infecção intestinal, diarreia e desidratação	Antibióticos	Ingestão de água e alimentos contaminados, contato com insetos (principalmente moscas)	Saneamento básico.

Doença	Agente causador	Sintomas	Tratamento	Modo de transmissão	Método de prevenção
Leptospirose	<i>Leptospira interrogans</i> e <i>Leptospira biflexa</i>	Icterícia, degradação renal e hepática.	Antibióticos	Contato com urina de roedores contaminados (principalmente ratos)	Saneamento básico.
Meningite	<i>Neisseria meningitidis</i>	Infecção generalizada, manchas na pele, lesões encefálicas e lesões no aparelho digestivo.	Antibióticos	Por meio de contato direto (geralmente com saliva de pessoas infectadas).	Vacinação contra <i>Neisseriameningitidis</i> .

### OS ANTIBIÓTICOS

Como podemos ver na tabela, a maior parte dos tratamentos contra bacterioses se dão por meio do uso de antibióticos. Os principais mecanismos de atuação dos antibióticos sobre as bactérias ocorrem na inibição da síntese da parede bacteriana, na inibição da síntese proteica, com a sintetização de proteínas defeituosas ou por meio de interferências nas reações metabólicas da bactéria.

## REINO FUNGI E MICOSES

É um grupo constituído de diversos tipos de fungos, que apesar de serem na sua grande maioria macroscópicos, também podem ser unicelulares, como é o exemplo do fungo *Saccharomyces cerevisiae*, utilizado na fabricação de pão, combustíveis, cerveja e outras bebidas devido à sua capacidade de realizar fermentação.

Os fungos são seres eucariontes. Heterótrofos, em sua maioria dotados de hifas, micélio e corpo de frutificação, se reproduzem de forma sexuada ou assexuada e preferem ambientes úmidos.

Apesar de terem grande importância ecológica e utilidades industriais, como realizar a decomposição de matéria orgânica, ter diversas aplicações em confecções de produtos alimentícios e alguns até servirem de alimento na sua forma natural (como é o caso do Champignon), os fungos também podem oferecer sérios riscos à saúde. Sua facilidade em se reproduzir muitas vezes os torna um inimigo difícil de ser combatido. Dentre essas doenças fúngicas (micoses), algumas são mais comuns e facilmente tratáveis, outras são mais nocivas e podem afetar tanto animais quanto vegetais.

**Candidíase:** é uma doença causada pelo fungo *Candida albicans*, que ocorre nas regiões de mucosas do corpo como na boca, na vagina, em regiões de maior sudorese como os pés, mãos e virilha. A falta de higienização dessas partes, contato com locais públicos molhados, piscinas, uso prolongado de roupas íntimas molhadas ou úmidas e relações sexuais podem ser os fatores de contração dessa micose. Na boca, se manifesta com o surgimento de pequenas bolhas e vermelhidão, vulgarmente chamados de “sapinho”. Nas partes íntimas pode causar manchas, lesões e coceira. Nos pés, ocorre uma descamação da pele e o surgimento de bolhas com manifestação de coceiras e ressecamento da epiderme, vulgarmente chamada de “pé-de-atleta”.

Muitas vezes esses fungos estão presentes na pele, mas não se manifestam. Dizemos que é uma doença oportunista, pois se manifesta com frequência quando o sistema imunológico do indivíduo encontra-se debilitado.

A prevenção depende de hábitos de higiene básicos como lavar as mãos, enxugar-se bem após o banho e evitar piscinas e chuveiros públicos com os pés descalços.

O tratamento pode ser feito com utilização de remédios antifúngicos em comprimidos ou pomadas aplicadas diretamente sobre o local contaminado.

**Tínea da cabeça:** é uma doença causada pelo fungo *Tinea capitis*, que ocorre com maior frequência em crianças e se manifesta como falhas arredondadas no cabelo, com pequenas lesões no couro cabeludo. É facilmente transmitida, pois ao coçar a região os fungos se alojam nas unhas e dedos e por meio do contato físico com outras pessoas são facilmente transmitidos.

**Blastomicose:** é uma micose causada pelo fungo *Blastomyces dermatidis*, que afeta principalmente os pulmões, causando uma broncopneumonia em que os sintomas comuns são tosses secas, dores no tórax, febre e dispnéia. Em casos mais graves, as leveduras desse fungo podem ser fagocitadas por macrófagos, se espalharem pelo corpo e atingirem regiões como a próstata, tecido ósseo e testículos, tornando-se extremamente nocivas.

**Onicomicose:** é um tipo de micose causada pelo fungo *Trichophyton mentagrophytes*, que se alimenta da queratina presente nas unhas. Esse tipo de micose pode causar vermelhidão na pele ao redor das cutículas, descolamento das unhas, manchas escuras e alterar o espessamento, a velocidade de crescimento e a formação delas.

É um tipo de doença frequente em locais de alta umidade e temperatura elevada, e pode ser tratada com o uso de esmaltes antifúngicos, pomadas e em casos mais avançados, com uso de medicamentos antifúngicos via oral.

## REINO PROTISTA E PROTOZOSES

O Reino protista é composto por um grupo variado de seres unicelulares como algas e protozoários. São formas de vida mais primitivas, porém de uma grande complexidade celular.

Os protozoários são organismos unicelulares eucariotos e heterótrofos. Existem diversos tipos de protozoários, portanto eles são divididos em classes, tendo como o principal critério diferenciador dessas classes a sua estrutura locomotora. Essas classes são: **rizópodes, flagelados, ciliados e esporozoários.**

**Rizópodes:** é uma classe de protozoários que se locomovem por meio de uma estrutura locomotora denominada pseudópode, que consiste em emitir uma projeção celular para frente, e deslocar o conteúdo celular para essa projeção. Apesar de ser essencialmente um mecanismo de locomoção, o pseudópode também é utilizado por alguns protozoários como uma forma de fagocitar os alimentos. A estrutura projetada engloba o alimento, o fagossomo se junta com o lisossomo, que contém enzimas digestoras e então ocorre a digestão dentro da célula. O principal exemplo de pseudópode é a ameba.

**Flagelados:** é uma classe de protozoários que se locomovem por meio de um flagelo, que é um filamento que se movimenta, dando impulso ao protozoário, proporcionando uma movimentação semelhante à que vemos nos espermatozoides. O principal exemplo é o *Trypanossoma cruzi*.

**Ciliados:** é uma classe de protozoários que se locomove como uso de cílios. Esses protozoários possuem uma série evaginações semelhantes aos flagelos, porém mais curtos e mais numerosos, que se movimentam em sincronia, dando assim o impulso necessário para a locomoção do organismo. O principal exemplo é o Paramécio, facilmente encontrado em lagos e lagoas.

**Esporozoários:** é uma classe de protozoários que não possuem nenhuma estrutura locomotora. Os principais exemplos são os Plasmódios.

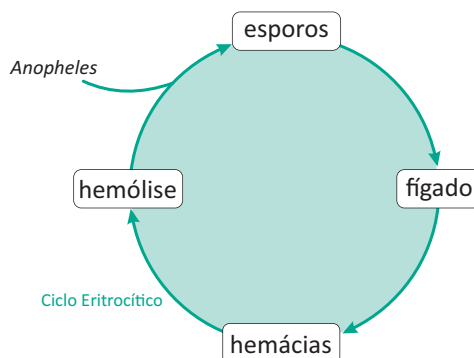
### PROTOZOSES

São as doenças causadas por protozoários parasitas. Comumente alocados na corrente sanguínea e no tubo digestório, os protozoários podem causar diversos tipos de doenças, que variam de doenças gastrointestinais a doenças de pele e mucosas. As principais doenças causadas por protozoários são a Malária, a doença de Chagas, Amebíase, Giardíase, Leishmaniose, Tricomoníase e Toxoplasmose.

Parasitose	Nome	Causador
Sanguínea	Doença de Chagas.	<i>Trypanossoma cruzi</i> .
	Malária.	<i>Plasmodium sp.</i>
Intestinal	Giardíase.	<i>Giardialamblia</i> .
	Amebíase.	<i>Entamoeba histolytica</i> .
De vias genitais	Tricomoníase.	<i>Trichomonas vaginalis</i> .
De pele e mucosas	Leishmaniose	<i>Leishmania braziliensis</i> .
Diversos tecidos e órgãos	Toxoplasmose.	Toxoplasma gondii.

- **Malária:** a doença da malária é causada por um esporozoário, comumente os *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium falciparum* e *Plasmodium ovale*.

A malária é transmitida ao homem por meio da picada do mosquito *Anopheles*. No momento da picada são injetados os esporos na corrente sanguínea e se alojam no fígado. Os esporos permanecem no fígado até passar pelo processo de maturação, e durante esse processo pode-se analisar um quadro de hepatomegalia (o fígado tem grande aumento de tamanho). Após esse processo, os esporos voltam à corrente sanguínea, se instalam nas hemáceas e se reproduzem (reprodução assexuada). Nas hemáceas, os protozoários irão se multiplicar e parasitar até que ocorra o rompimento e a destruição da hemácia (hemólise), devolvendo os protozoários de volta à corrente sanguínea. Quando isso ocorre, juntamente com os protozoários, são liberadas várias toxinas na corrente sanguínea, e esse é o período em que se manifestam as febres terçã e quartã (três dias, quatro dias).



As maneiras de prevenção contra a malária se baseiam em realizar controle biológico dos insetos, tratamento adequado da água, utilização de telas protetoras nas janelas e uso de medicação antimalárica.

- **Amebíase:** a amebíase é uma protozoose causada pelo *Entamoeba histolytica*, que entra no organismo humano por meio da ingestão de água ou alimentos contaminados. A amebíase é comum em regiões com condições precárias de saneamento básico, pois a contaminação ocorre através da ingestão dos cistos, que podem ser liberados nas fezes de um indivíduo contaminado e se espalhar na água ou alimentos, ingeridos sem o devido tratamento ou higienização. Após a ingestão, os cistos chegam ao sistema digestório e dão origem aos trofozoítas, que são pseudópodes que fagocitam bactérias e restos de alimentos presentes no intestino. Os sintomas podem surgir na forma de diarréias constantes, cólicas intestinais, fezes com sangue, febre e calafrios.

Nos casos em que ocorre invasão da parede do intestino grosso (amebíase invasiva), podem ocorrer ulcerações e inflamações intensas (colite). Mas em alguns casos a manifestação da amebíase ocorre de maneira mais branda, podendo levar muitos anos até que haja um comprometimento no estado de saúde do indivíduo.

O tratamento é feito com o uso de antibióticos e a prevenção pode ser feita com hábitos de higiene básica como lavar as mãos, os alimentos, evitar contato com fezes humanas ou redes de esgoto e evitar consumo de água não tratada.

- **Leishmaniose:** É causada por protozoários do gênero *Leishmania*, os mais comuns são o *Leishmania braziliensis*, *Leishmania amazonensis*, *Leishmania guyanensis* e *Leishmania chagasi*. O parasita é transmitido ao homem por meio da picada do mosquito-palha. Os parasitas se hospedam e se reproduzem no interior dos mosquitos e no momento da picada são inoculados, causando ulcerações na pele de difícil cicatrização, onde os parasitas se multiplicam.

Existem formas de tratamento com fármacos antimonialis, e a prevenção pode ser feita com o controle dos insetos transmissores, e o isolamento de pessoas contaminadas, já que o parasita pode ser transmitido de pessoa para pessoa se ocorrer de um mesmo mosquito picar um indivíduo contaminado e depois picar outras pessoas, transmitindo o parasita de um indivíduo para outro.

- **Tricomoníase:** O causador da tricomoníase é o *Trichomonas vaginalis*, que é um protozoário flagelado, geralmente transmitido em relações sexuais. O parasita afeta os órgãos genitais (vagina, útero, uretra, próstata, colo uterino) causando lesões. Nas mulheres é comum a ocorrência de um corrimento, já nos homens é mais comum que não apareçam sintomas.

A prevenção consiste em evitar sexo sem preservativo, compartilhamento de roupas íntimas e toalhas, pois não necessariamente são sexualmente transmitidas.



- **Doença de Chagas:** a doença de Chagas é causada pelo *Trypanossoma cruzi*, um protozoário que é comumente transmitido para o ser humano por meio de mosquitos e insetos hematófagos, como por exemplo, o percevejo ou o barbeiro. Ao sugar o sangue de alguns animais selvagens com o protozoário *Trypanossoma cruzi* já inoculado, o barbeiro ingere o protozoário, que passa a habitar o seu trato digestório. Quando o barbeiro está se alimentando do sangue do indivíduo, ele defeca nas proximidades da ferida, e nas fezes estarão presentes os protozoários anteriormente ingeridos. Ao coçar a região da picada, o protozoário presente nas fezes do barbeiro é espalhado sobre a ferida e cai na corrente sanguínea do indivíduo.

O *Trypanossoma cruzi* irá se alojar nas musculaturas cardíacas, nas paredes do esôfago e intestino e no sistema nervoso entérico que controla o fluxo intestinal, causando lesões progressivas e crônicas que irão causar insuficiência cardíaca, que acarreta uma série de problemas subsequentes. Em decorrência da insuficiência cardíaca, o indivíduo pode apresentar inchaço cardíaco, inchaço nas pernas, má circulação, etc. Ao afetar o sistema nervoso, o funcionamento intestinal também fica comprometido, causando assim um acúmulo de fezes e dilatação do intestino.

A prevenção pode ser feita com o controle de insetos e manutenção das condições de saneamento básico, e a doença pode ser tratada com o uso de medicamentos antiparasitários.

## ALGAS

É um conjunto de diversos microorganismos do reino protista presentes nos ecossistemas aquáticos. Elas, bem como as florestas e matas terrestres, têm um papel de extrema importância na produção e emissão do oxigênio que abastece a biosfera. No geral, são organismos eucariontes, autótrofos fotossintetizantes (produzem o próprio alimento por meio de fotossíntese) e dotados de clorofila.

A fisiologia das algas é variável, visto que existem algas unicelulares, pluricelulares macroscópicas e outras que se organizam em colônias.

Algas unicelulares são responsáveis por aproximadamente 70% da fotossíntese realizada no planeta e, portanto, as maiores responsáveis pelo sequestro de carbono. São elas que compõem o fitoplâncton, que é basicamente uma comunidade de microorganismos que flutuam na água livremente produzindo alimentos orgânicos para outras espécies aquáticas e liberando oxigênio na atmosfera. (ex: *Clamydomonas sp* – algas verdes).

Em contraposição, algas pluricelulares, que apesar de não possuírem tecidos ou órgãos, são algas macroscópicas de diversos tamanhos e formas que geralmente se encontram fixas a algum substrato (solo, rocha ou animais), formando o que chamamos de fitobenton.

## REPRODUÇÃO – ASSEXUADA E SEXUADA

### ASSEXUADA

Divisão binária – característica das formas unicelulares. Ocorre divisão celular através de mitose.

**Zoosporia:** característica das algas pluricelulares aquáticas. Os zoosporos são dispersados no meio e após a germinação, formam um novo filamento que dá origem a uma nova alga.

### SEXUADA

**Ciclo haplobionte:** há produção de gametas que se fundem e originam os zigotos. Os zigotos passam pelo processo de meiose, produzindo 4 zoosporos e cada zoosporo dará origem a um novo indivíduo haplóide.

**Ciclo diplobionte:** o indivíduo adulto diplobionte passa pelo processo de meiose para produzir gametas, estes irão se fundir gerando o zigoto, que dará origem a um novo indivíduo adulto diplóide.

**Há 3 variações de gametas produzidos pelas algas:**

**Isogamia** – gametas masculinos e femininos iguais.

**Heterogamia** – gametas masculinos e femininos móveis, flagelados, entretanto os gametas masculinos gerados são menores do que os femininos.

**Oogamia** – gameta masculino menor e móvel, e gameta feminino maior e imóvel.



## CONJUGAÇÃO

Em algumas espécies de algas filamentosas os indivíduos que se diferenciam em gametas masculinos se alinham em pares, e através de pontes intracelulares passam células inteiras para outro filamento, que se diferenciam em gametas femininos. Ocorre a fecundação e logo após, o zigoto se multiplica, dando origem a um novo filamento. (ex: alga verde – *spirogyra*)

## PRINCIPAIS GRUPOS

**Clorófitas (algas verdes):** possuem clorofilas A e B, que favorecem para que a pigmentação predominante seja a verde. Esse grupo abrange espécies capazes de viver em água salgada e outras que vivem em água doce.

**Rodofíceas (algas vermelhas):** possuem clorofila A e ficobilinas, essa última é responsável pela pigmentação avermelhada. São algas comuns em água salgada, mas existem algumas formas de rodofíceas em água doce, como por exemplo, algas do gênero porphyra.

**Feofíceas (algas pardas):** possuem clorofilas A e C e fucoxantina. São as maiores algas conhecidas, algumas espécies atingem mais de 50m de comprimento, e são comumente marinhas.

**Crisofíceas (algas douradas):** possuem clorofilas A e C e fucoxantina. São unicelulares ou coloniais, providas de escamas entrelaçadas com sílica.

**Bacilariofíceas (diatomáceas):** possuem clorofilas A e C, não apresentam celulose na parede celular, são unicelulares e coloniais. São elas as principais algas que compõem o fitoplâncton.

**Haptofíceas (cocolitoforídeos):** possuem clorofilas A e C e fucoxantinas. Presença do haptonema, estrutura similar a um flagelo com função sensorial. Geralmente apresentam escamas de calcário (cocolitos) que revestem a célula. São unicelulares e coloniais, sendo algumas formas imóveis. Algumas delas são marinhas, outras são de água doce e outras ainda, terrestres. Também são componentes do fitoplâncton.

**Dinofíceas(dinoflagelados):** possuem clorofilas A e C (não sendo regra para todas as espécies), apresentam celulose no revestimento da parede celular. Na maioria, são unicelulares biflagelados, marinhas. Algumas espécies são as causadoras da “maré vermelha”.

**Euglenofíceas (euglenas):** possuem clorofilas A e B, não apresentam parede celular, são unicelulares biflagelados. Apresentam uma película protéica singular, que auxiliam na movimentação e também as permite uma mudança de forma da célula. A maioria é heterotrófica e se alimentam de partículas sólidas presentes na água.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01| UFJF** Os líquenes podem ser usados como bioindicadores de poluição atmosférica por sua capacidade de incorporar muitos dos poluentes dispersos no ar.

Sobre esses organismos, responda:

- A** Quais são os organismos que compõem os líquenes?
- B** Qual é a relação ecológica estabelecida entre os organismos que formam os líquenes e qual a vantagem ecológica obtida nesta associação?
- C** Explique qual a contribuição de cada um dos organismos nessa relação.

### Resolução:

**A** *As algas verdes unicelulares e fungos ou cianobactérias e fungos, geralmente os fungos são ascomicetos.*

**B** *É uma relação mutualística.*

*Ambos organismos (alga e fungo) podem viver em locais que isoladamente não seriam capazes de se estabelecer.*

**C** *A alga verde realiza a fotossíntese produzindo nutrientes os quais o fungo se alimenta. O fungo que é heterótrofo retém umidade e absorve os sais minerais necessários à ambos.*

**02| UNICAMP** Os fungos são organismos eucarióticos heterotróficos unicelulares ou multicelulares. Os fungos multicelulares têm os núcleos dispersos em hifas, que podem ser contínuas ou septadas, e que, em conjunto, formam o micélio.

**A** Mencione uma característica que diferencie a célula de um fungo de uma célula animal, e outra que diferencie a célula de um fungo de uma célula vegetal.

**B** Em animais, alguns fungos podem provocar intoxicação e doenças como micoses; em plantas, podem causar doenças que prejudicam a lavoura, como a ferrugem do cafeeiro, a necrose do amendoim e a vassoura de bruxa do cacau. Entretanto, os fungos também podem ser benéficos. Cite dois benefícios proporcionados pelos fungos.

**Resolução:**

- A** Os fungos têm parede celular, ausente nas células animais, e não apresentam cloroplasto, que está presente nas células vegetais. Outra diferença entre as células de fungos e as vegetais se refere à constituição da parede celular, que é composta por quitina nos fungos e celulose nos vegetais.
- B** Alguns fungos podem ser usados como alimento, outros participam da produção de itens alimentícios dependente do processo de fermentação e outros são usados na obtenção de fármacos. Os fungos são também importantes decompositores de matéria orgânica.

**03| UFRJ** Todos os seres vivos podem ser classificados em espécies e cada espécie pertence a um único reino (Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia). Os taxonomistas já descreveram mais de 10.000 espécies de líquens, seguindo as normas de nomenclatura dos seres vivos, embora os líquens apresentem uma característica que os diferencia das demais espécies.

Explique por que os líquens não podem ser consideradas verdadeiras espécies.

**Resolução:**

Os líquens são associações mutualísticas entre espécies que pertencem a dois ou três reinos. São formados por algas (Reino Protista) associadas a fungos (Reino Fungi) e por vezes a cianobactérias (Reino Monera). Logo, os líquens não são espécies verdadeiras, são um conjunto de espécies que vivem em simbiose.

**04| FUVEST** Os seres humanos são hospedeiros de uma grande diversidade de microrganismos.

- A** Existem microrganismos que fazem parte da microbiota normal dos humanos. Entre esses microrganismos, encontram-se espécies de bactérias do gênero *Staphylococcus*, aeróbias ou anaeróbias, que conseguem resistir à escassez de água, e espécies do gênero *Neisseria*, aeróbias obrigatórias, que não resistem ao ressecamento. Considerando a pele, as vias respiratórias e o intestino grosso, preencha o quadro abaixo, indicando com um X qual(is) ambiente(s) não oferece(m) condições favoráveis à colonização por essas espécies de bactérias.

	Pele	Vias respiratórias	Intestino grosso
<i>Staphylococcus</i>			
<i>Neisseria</i>			

- B** As bactérias do gênero *Helicobacter* vivem em ambientes com pH ao redor de 2; as do gênero *Enterococcus*, num pH ao redor de 4, e as bactérias do gênero *Escherichia* vivem em ambientes com pH próximo de 7. Considerando essas informações, pre-

encha o quadro abaixo, indicando com um X o órgão em que é mais provável encontrar cada um desses gêneros de bactérias.

	Estômago	Duodeno	Intestino grosso
<i>Helicobacter</i>			
<i>Enterococcus</i>			
<i>Escherichia</i>			

**Resolução:**

- A** *Staphylococcus* resiste à escassez de água e sobrevive em condições aeróbias e anaeróbias; pode sobreviver em todos os ambientes citados.

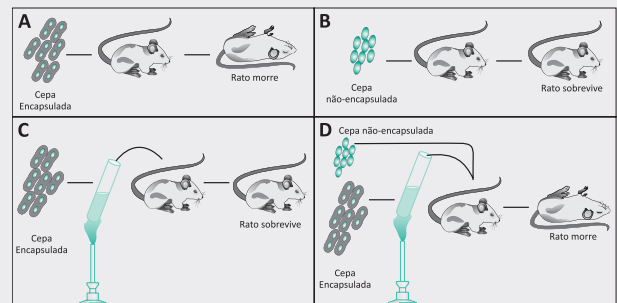
	Pele	Vias respiratórias	Intestino grosso
<i>Staphylococcus</i>			
<i>Neisseria</i>	X		X

- B** Dos órgãos citados, é mais provável encontrar *Helicobacter* no estômago (que apresenta pH em torno de 2) e *Escherichia* no intestino grosso (pH próximo de 7). *Enterococcus* pode ser encontrado em parte do duodeno (sujeito a uma mudança de pH de ácido para básico).

	Estômago	Duodeno	Intestino grosso
<i>Helicobacter</i>	X		
<i>Enterococcus</i>		X	
<i>Escherichia</i>			X

**05| UFF** Em 1928, Griffith relatou em um trabalho que *Pneumococcus* não capsulados podiam começar a apresentar cápsulas quando misturados com *Pneumococcus* capsulados e mortos pelo calor (figura abaixo). Em 1944, Avery e colaboradores demonstraram que o DNA era a molécula envolvida nesse processo.

Posteriormente outros trabalhos mostraram que as bactérias, apesar de não apresentarem reprodução sexual, podem receber genes de outras bactérias por três mecanismos diferentes de recombinação: transformação, transdução e conjugação.



- A Que mecanismo de recombinação foi observado por Griffith? Explique como o DNA está envolvido nesse processo.
- B Em qual dos mecanismos de transferência de material genético é necessário o contato físico entre as células bacterianas? Justifique sua resposta.
- C Em qual dos três mecanismos os vírus bacteriófagos podem servir de vetores na recombinação bacteriana? Justifique sua resposta.

**Resolução:**

- A O mecanismo é **Transformação**. Fragmentos do DNA da bactéria morta chegam ao citoplasma da bactéria

*ria viva e se recombinam com seu material genético, conferindo à bactéria receptora a característica de apresentar cápsula.*

- B O mecanismo é **Conjugação**, pois é necessária a presença do **pilus** interligando as células bacterianas para que possa ocorrer a transferência do material genético.
- C No mecanismo de **Transdução**. O material genético do vírus se integra ao genoma da célula bacteriana, para que o ácido nucleico viral possa ser duplicado. Dessa forma, sequências do DNA bacteriano podem permanecer ligadas ao DNA viral e consequentemente serem transportadas por outra bactéria.

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

01| Complete as frases abaixo:

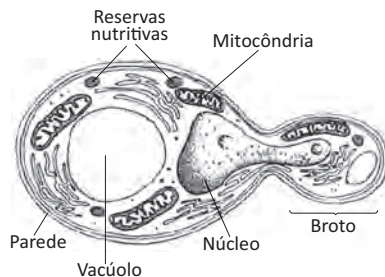
- A As algas pardas possuem os seguintes tipos de talo: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_, sendo representadas somente por espécies pluricelulares.
- B As algas verdes possuem clorofila a e b além de outros pigmentos tais como \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_.

02| O que há em comum entre as células de cianobactérias, as algas e as plantas?

03| O que os Fungos e as algas verdes apresentam de característica comum em relação às angiospermas?

04| A atmosfera terrestre é constituída por vários tipos de gases. O oxigênio, o gás carbônico e o nitrogênio são os mais envolvidos no metabolismo dos seres vivos. A que reino pertencem os únicos organismos capazes de utilizar esses gases diretamente da atmosfera?

05|



A figura acima representa um processo de divisão assexuada por brotamento em que tipo de fungo?

## T ENEM E VESTIBULARES

01| **UECE** Pode-se afirmar corretamente, que o tipo de organismo procarionte que obtém energia por quimiosíntese a partir da energia geotérmica emanada nas profundezas oceânicas, onde a luz do sol não penetra é um(a)

- A protista.
- B arqueobactéria.
- C cianobactéria.
- D eubactéria.

02| **UEPA** A ideia de utilizar organismos vivos e elementos químicos como instrumentos bélicos não é nova. Ao que tudo indica a criatividade, uma incrível faculdade humana, trabalha há muito tempo a serviço da maldade. Desde o século XIV, na época em que a peste bubônica eliminou quase um quarto da população europeia, cadáveres humanos eram catapultados para dentro dos muros das cidades para causar contaminações. Entre os organismos patogênicos causadores de doença destacam-se os pertencentes aos grupos de Vírus, Monera e Protistas.

(Texto Modificado de Bio, Sônia Lopes, 2008.)

Quanto aos grupos destacados no texto, assinale a alternativa que contempla as características de cada grupo, respectivamente:

- A** presença de capsídeo; ausência de carioteca; são autótrofos e heterótrofos.
- B** presença de capsídeo; são pluricelulares filamentosos; presença de nucleóide.
- C** são unicelulares; possuem citoesqueleto; reprodução por esporulação.
- D** são unicelulares; ausência de carioteca; reprodução por conjugação.
- E** são autótrofos; gram positivo e negativo; nutrição heterotrófica.

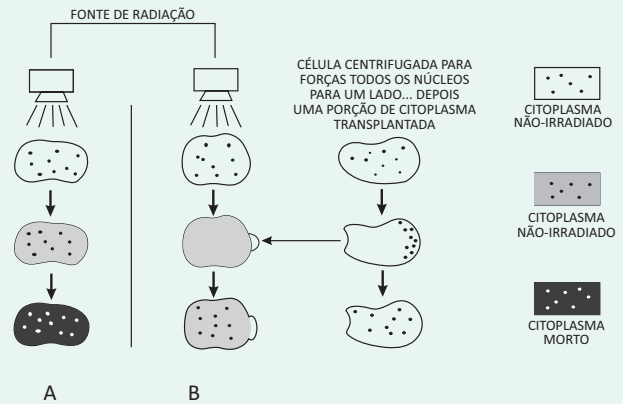
**03 | IFGO** São exemplos de representantes dos grupos Protista, Fungi e Monera, respectivamente;

- A** algas, bolores e bactérias.
- B** bacilos, amebas e algas.
- C** leveduras, cogumelos e cianobactérias.
- D** amebas, bactérias e fitoplâncton.
- E** paramécios, algas e bacilos.

**04 | FMJ** Quando uma ameba engloba uma partícula grande ou sólida, forma-se um

- A** pinossomo, que se funde com um lisossomo, proveniente do retículo endoplasmático agranular, e a digestão do alimento é realizada pelas hidrolases.
- B** fagossomo, que se funde com um peroxissomo, proveniente do retículo endoplasmático agranular, e a digestão do alimento é realizada pelas catalases.
- C** fagossomo, que se funde com um glioxissomo, proveniente do retículo endoplasmático granular, e a digestão do alimento é realizada pelas proteases.
- D** fagossomo, que se funde com um lisossomo, proveniente do complexo golgiense, e a digestão do alimento é realizada por várias enzimas digestivas.
- E** pinossomo, que se funde com um peroxissomo, proveniente do complexo golgiense, e a digestão do alimento é realizada pelas fosfatases.

**05 | FCM**



O esquema acima representa uma experiência realizada com Protozoários multinucleados, onde os organismos usados receberam uma mesma quantidade de radiações.

Com base nos resultados observados, é possível afirmar:

- A** O citoplasma não irradiado e transplantado protege o DNA das radiações.
- B** Quanto maior o volume do citoplasma, menor o efeito da radiação.
- C** A radiação afeta mais o núcleo da célula que seu citoplasma.
- D** O organismo A é mais sensível à radiação que o B.

**06 | IFRS** Sobre a importância ecológica das algas, é correto afirmar que

- A** algumas algas unicelulares são endoparasitas de animais marinhos e são muito importantes para o controle populacional destas espécies.
- B** são a base da cadeia alimentar dos ambientes aquáticos e as responsáveis pela maior parte da fotossíntese realizada no planeta. A maior porcentagem de oxigênio presente na atmosfera é proveniente da fotossíntese das algas.
- C** mantêm relações mutualísticas com cupins e ruminantes. As algas digerem a celulose ingerida por estes animais e, em contrapartida, recebem proteção e alimento dos mesmos.
- D** a maré vermelha, composta por algas do Filo Dinophyta, é um fenômeno marinho muito importante para o aumento da população de várias espécies de peixes e crustáceos, pois o aumento da população destas algas disponibiliza grande quantidade de alimentos para estes animais.
- E** as diatomáceas são algas unicelulares recobertas por uma carapaça. Em certas regiões do fundo marinho estas carapaças se acumulam e liberam substâncias tóxicas, matando muitas espécies animais que ali vivem.

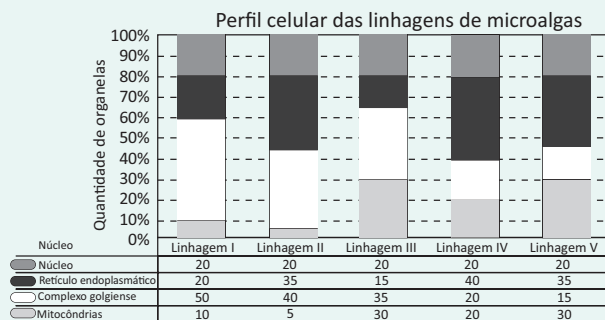
**07| PUCAMP** Um estudante, ao comparar o *levedo de cerveja* com algas verdes unicelulares, apresentou as seguintes conclusões:

- I. Ambos são organismos autótrofos.
- II. As células de ambos possuem núcleo com carioteca.
- III. Em ambos ocorre o processo da glicólise.
- IV. As células de ambos são circundadas por parede celular com a mesma constituição química.

O estudante acertou APENAS nas conclusões

- A** I e II.
- B** I e III.
- C** I e IV.
- D** II e III.
- E** III e IV.

**08| ENEM** Uma indústria está escolhendo uma linhagem de microalgas que optimize a secreção de polímeros comestíveis, os quais são obtidos do meio de cultura de crescimento. Na figura podem ser observadas as proporções de algumas organelas presentes no citoplasma de cada linhagem.



Qual é a melhor linhagem para se conseguir maior rendimento de polímeros secretados no meio de cultura?

- A** I
- B** II
- C** III
- D** IV
- E** V

**09| ENEM** Há milhares de anos o homem faz uso da biotecnologia para a produção de alimentos como pães, cervejas e vinhos. Na fabricação de pães, por exemplo, são usados fungos unicelulares, chamados de leveduras, que são comercializados como fermento biológico. Eles são usados para promover o crescimento da massa, deixando-a leve e macia.

O crescimento da massa do pão pelo processo citado é resultante da

- A** liberação de gás carbônico.
- B** formação de ácido láctico.
- C** formação de água.
- D** produção de ATP.
- E** liberação de calor.

**10| ENEM** Certas espécies de algas são capazes de absorver rapidamente compostos inorgânicos presentes na água, acumulando-os durante seu crescimento. Essa capacidade fez com que se pensasse em usá-las como biofiltros para a limpeza de ambientes aquáticos contaminados, removendo, por exemplo, nitrogênio e fósforo de resíduos orgânicos e metais pesados provenientes de rejeitos industriais lançados nas águas. Na técnica do cultivo integrado, animais e algas crescem de forma associada, promovendo um maior equilíbrio ecológico.

SORIANO, E. M. Filtros vivos para limpar a água.

Revista Ciência Hoje. V. 37, n° 219, 2005 (adaptado).

A utilização da técnica do cultivo integrado de animais e algas representa uma proposta favorável a um ecossistema mais equilibrado porque

- A** os animais eliminam metais pesados, que são usados pelas algas para a síntese de biomassa.
- B** os animais fornecem excretas orgânicos nitrogenados, que são transformados em gás carbônico pelas algas.
- C** as algas usam os resíduos nitrogenados liberados pelos animais e eliminam gás carbônico na fotossíntese, usado na respiração aeróbica.
- D** as algas usam os resíduos nitrogenados provenientes do metabolismo dos animais e, durante a síntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.
- E** as algas aproveitam os resíduos do metabolismo dos animais e, durante a quimiossíntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.

**11| ENEM** Moradores sobreviventes da tragédia que destruiu aproximadamente 60 casas no Morro do Bumba, na Zona Norte de Niterói (RJ), ainda defendem a hipótese de o deslizamento ter sido causado por uma explosão provocada por gás metano, visto que esse local foi um lixão entre os anos 1960 e 1980.

Jornal Web. Disponível em: <http://www.ournalweb.com>. Acesso em: 12 abr. 2010 (adaptado).



O gás mencionado no texto é produzido

- A como subproduto da respiração aeróbia bacteriana.
- B pela degradação anaeróbia de matéria orgânica por bactérias.
- C como produto da fotossíntese de organismos pluri-celulares autotróficos.
- D pela transformação química do gás carbônico em condições anaeróbias.
- E pela conversão, por oxidação química, do gás carbônico sob condições aeróbias.

**12| ENEM** Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais como, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns casos, ausência de olhos.

Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que

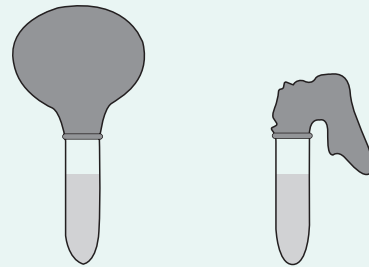
- A as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.
- B a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.
- C o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.
- D as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitida aos descendentes.
- E as características citadas no texto foram adquiridas por meio de mutações e depois, ao longo do tempo, foram selecionadas por serem mais adaptadas ao ambiente em que os organismos se encontram.

**13| UFMG** As leveduras são fungos unicelulares que participam de processos biológicos importantes. Evidências da ação desses micro-organismos podem ser identificadas no experimento a seguir descrito.

Em dois tubos de ensaio, foram colocados 2 ml de uma solução que contém fermento biológico – leveduras vivas – e 4 ml de suco de uva. Na extremidade aberta de ambos os tubos, colocou-se um balão de borracha. Isso feito, cada tubo foi submetido a uma destas condições:

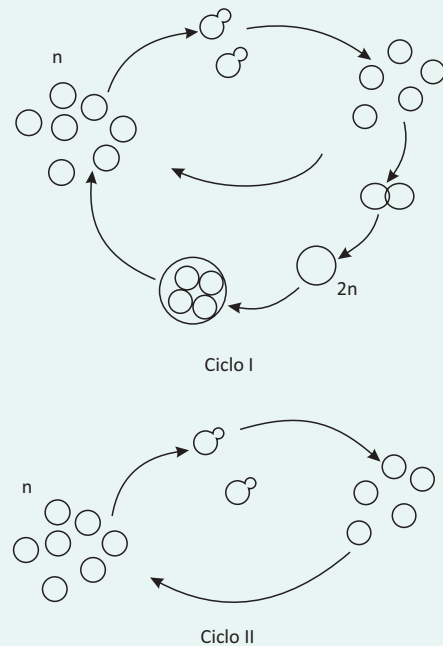
- 60 min na geladeira, a 10 °C;
- 60 min em estufa, a 30 °C.

Os resultados obtidos estão mostrados nestas figuras:



Tubo I                      Tubo II

1. Com base nos resultados desse experimento e em outros conhecimentos sobre o assunto, **INDIQUE** o tubo – I ou II – que foi colocado na estufa e **EXPLIQUE** o resultado obtido, considerando o processo metabólico envolvido.
2. Analise estas figuras, em que estão representados os ciclos reprodutivos de duas espécies de leveduras:



Com base nas informações dessas figuras e em outros conhecimentos sobre o assunto, faça o que se pede.

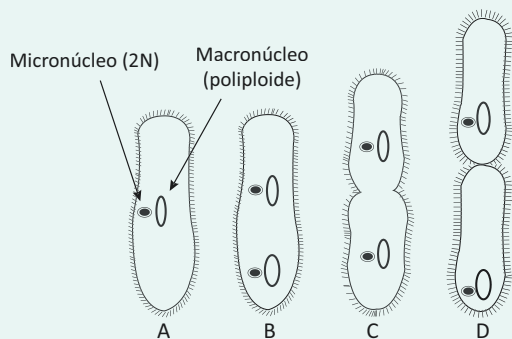
- A **CITE** os tipos de divisão celular envolvidos no ciclo de vida de **cada uma** das espécies de leveduras representadas.
- B Leveduras com ciclo de vida semelhante à representada em II são, preferentemente, utilizadas na indústria alimentícia ou química.

**EXPLIQUE** o porquê dessa preferência.

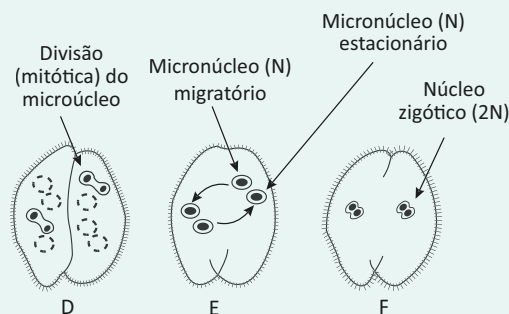
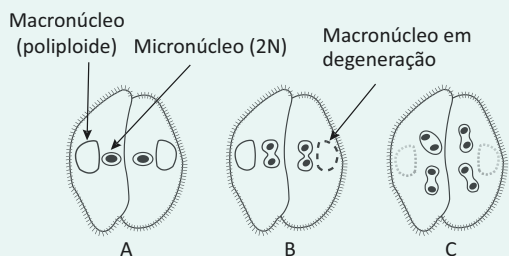
**14| UNICAMP** Com a ausência de oxigênio e uma atmosfera com característica redutora, os primeiros seres vivos desenvolveram um metabolismo exclusivamente anaeróbio. A transição para o processo aeróbio aconteceu entre 2,7 bilhões e 1,6 bilhão de anos atrás com o surgimento das primeiras algas azuis, as cianobactérias, capazes de utilizar a água como doador de elétrons e liberar oxigênio na atmosfera terrestre.

- A** Cite um organismo que poderia ter existido há 3 bilhões de anos e uma possível fonte de energia para a manutenção do metabolismo desse organismo.
- B** Explique as diferenças entre os tipos de respiração celular das espécies atualmente existentes.

**15| UFMG** Protistas ciliados podem ser facilmente reconhecidos pela sua cobertura ciliar e pela presença de macronúcleo (regula o metabolismo) e micronúcleo (participa do processo reprodutivo sexuado). A figura abaixo ilustra os dois tipos de reprodução em *Paramecium sp.*



Fissão Binária



Conjugação

Fonte: <www.biology-resources.com/drawing-paramecium-reproduction> e <www.infoescola.com/reinoprotista/ciliados> Adaptado. Acesso: 3 set. 2012.

Considere um experimento conduzido em dois tubos de ensaio com cultivo axênico (culturas puras) de *Paramecium sp.* com genomas idênticos, em que não ocorrem fenômenos mutagênicos. No tubo 1, os protistas se reproduzem por fissão binária e, no tubo 2, por fissão binária e por conjugação.

Com base na figura e em seus conhecimentos sobre o tema,

1. **CITE** o(s) tipo(s) de divisão celular que ocorre(m) nos tubos:

Tubo 1:

Tubo 2:

2. **INDIQUE** se, mantidas as mesmas condições de cultivo, é esperada alguma diferença entre a quantidade/densidade de indivíduos nos tubos 1 e 2, após cinco dias.

**JUSTIFIQUE** sua resposta.

Sim.  Não.

Justificativa:

3. **APRESENTE** um argumento **contrário** à seguinte afirmativa:

Por serem culturas puras, os paramécios dos tubos 1 e 2 constituem populações clonais.

4. **INDIQUE** se a população do tubo 2 está sujeita à ocorrência de endogamia.

**JUSTIFIQUE** sua resposta.

Sim.  Não.

Justificativa:

**16| UFG** Os protozoários são organismos unicelulares e predominantemente heterotróficos, com maioria devida aquática e apresentam diversificadas relações com os demais seres vivos. Esses organismos, embora unicelulares, são complexos, pois desempenham todas as funções de animais pluricelulares, como a respiração, a alimentação e a reprodução. Em uma experiência laboratorial, protozoários coletados em uma represa foram colocados num recipiente com água do mar. Dessa forma, explique:

- A** o que acontecerá a esses protozoários;
- B** o mecanismo celular relacionado a essa experiência.



## SISTEMA NERVOSO HUMANO

O Sistema nervoso é constituído de células da Glia, de neurônios e células altamente especializadas para realizarem a transmissão do impulso elétrico necessário à coordenação de diversas atividades fisiológicas do corpo.

O Sistema Nervoso Humano é dividido em duas partes: sistema nervoso central e sistema nervoso periférico.

### SISTEMA NERVOSO CENTRAL

É constituído de Encéfalo e Medula Espinhal. O Encéfalo é formado pelos seguintes órgãos: **cérebro, cerebelo, mesencéfalo, ponte e bulbo raquidiano**. A ponte, o bulbo e o mesencéfalo formam o **'Tronco Encefálico'**.

**Cérebro:** é o maior órgão do encéfalo, sendo a sede da memória, do processamento de pensamentos, respostas sensoriais e está relacionado com a inteligência. Anatomicamente está dividido em dois hemisférios que estão conectados por milhões de fibras nervosas no corpo caloso. O hemisfério direito se relaciona mais com atividades artísticas, inteligência espacial e o hemisfério esquerdo com a capacidade dedutiva, raciocínio lógico e com a interpretação e domínio da linguagem matemática. Na região mais superficial do cérebro se encontra o córtex cerebral que é essencialmente constituído de corpos celulares de neurônios. Nas partes mais internas denominadas medulares, há maiores concentrações de axônios.

**Cerebelo:** é a parte do encéfalo posicionada abaixo do cérebro que se relaciona com a manutenção do tônus muscular e com a manutenção do equilíbrio do corpo.

**Bulbo:** é também conhecido como medula oblonga. Controla os batimentos cardíacos, o ritmo respiratório e a pressão sanguínea. Também se relaciona com o controle da tosse, da deglutição e do vômito.

**Diencéfalo:** é formado essencialmente pelo hipotálamo e pelo tálamo. O hipotálamo controla a temperatura do corpo, o apetite, o sono e a libido. É o hipotálamo que detecta alterações fisiológicas que o faz liberar os neurotransmissores que atuam sobre a glândula hipófise, que por sua vez pode liberar ou inibir a secreção de seus hormônios reguladores de diversas atividades metabólicas. O Tálamo é composto de massa cinzenta encaixada na base do cérebro. Várias mensagens sensoriais passam pelo tálamo para atingir o córtex cerebral. Ele funciona como estação integradora e retransmissora de impulsos nervosos que se dirigem para o córtex cerebral. Pesquisas recentes indicam que ele deve se relacionar com os estados de consciência e com o grau de atenção do indivíduo.

**Ponte:** é formada por fibras nervosas que comunicam o córtex cerebral com o cerebelo. Colabora com o tônus muscular do indivíduo.

**Medula Espinhal:** na sua parte mais interna está a substância que corresponde aos corpos celulares dos neurônios e em volta está a substância branca constituída de fibras mielinizadas que conduzem informações às regiões superiores do sistema nervoso central. No cérebro a disposição da substância cinzenta e branca é o contrário da medula espinhal.

### SISTEMA NERVOSO PERIFÉRICO

Localiza-se fora do encéfalo e da medula espinhal. É formado por gânglios, nervos e receptores sensoriais.

O Sistema Nervoso Periférico pode ser dividido em Sistema Nervoso Somático e Sistema Nervoso Autônomo.

#### SISTEMA NERVOSO SOMÁTICO

É formado por nervos sensitivos, motores e mistos. Existem doze pares de nervos cranianos e trinta e um pares de nervos raquidianos ligados à Medula Espinhal.

#### SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

Esse sistema controla as atividades involuntárias, como digestão, respiração, excreção e reprodução que não dependem de esforços conscientes. Esse Sistema é dividido em Simpático e Parassimpático.

Os centros que controlam o Simpático estão na medula e os que controlam o parassimpático estão nas partes do encéfalo próximas da medula (bulbo) e na região sacra da medula.

## O ARCO REFLEXO

Trata-se do trajeto percorrido pelo estímulo recebido pelos neurônios sensitivos até a medula espinhal e o impulso elétrico da medula até o órgão efector, por meio dos nervos motores. Dentro da medula há um neurônio associativo que faz a conexão dos neurônios sensitivos com os neurônios motores.

## ÓRGÃOS DO SENTIDO

### OLFATO

Nas papilas gustatórias localizadas na superfície da língua estão as células capazes de detectar o paladar.

Existem quatro tipos de papilas gustatórias: as filiformes, as foliáceas, as fungiformes e as circunvaladas. As filiformes se relacionam exclusivamente às sensações tácteis, as outras podem detectar os sabores doce, amargo, azedo e salgado.

No teto das cavidades nasais se encontra o epitélio olfatório, ele é formado por células especializadas denominadas quimiorreceptores de olfato, que estão mergulhadas na camada de muco que reveste a cavidade nasal.

### Observação:

Quando saboreamos um alimento existem estímulos tanto das células gustatórias quanto das células olfativas que estão envolvidas.

### AUDIÇÃO

A orelha é dividida em orelha externa, orelha média e orelha interna. Ondas nervosas provocam vibração dentro do canal da orelha e essa vibração é transmitida para a membrana timpânica, membrana que separa a orelha externa da média. Dentro da orelha média os ossos martelo, bigorna e estribo amplificam a transmissão da vibração sonora para dentro da orelha interna. Nessa parte mais interna está a cóclea, um longo tubo análogo à concha de um caracol. As células fonoreceptoras estão localizadas na parte mediana da cóclea. A partir dessas células os estímulos auditivos alcançam o nervo auditivo e daí seguem para o córtex cerebral.

### VISÃO

Os olhos são bolsas membranosas ricas em líquidos que estão embutidos em cavidades ósseas do crânio denominadas órbitas oculares. Neles existem células especializadas para a captação de estímulos luminosos – os fotorreceptores. Na retina, camada interna que reveste a câmara ocular, existem dois tipos de células sensíveis à luz, os bastonetes e os cones.

Os bastonetes não distinguem as cores. As células cone apesar de serem menos sensíveis à luz do que os bastonetes são capazes de distinguir os diferentes comprimentos de onda e, portanto, dão a visão em cores. A visão humana é estereoscópica.

### TATO

Esse sentido não possui localização específica no corpo. Em quase todas as regiões da pele existem os mecanoreceptores, que são células capazes de perceberem as variações de pressão e conseqüentemente a detecção do toque.

A pele possui células sensoriais especializadas na detecção da dor e no aumento ou diminuição da temperatura. Pesquisas recentes sugerem que as terminações nervosas livres na derme são quimiorreceptores, que são estimulados por substâncias liberadas quando as células são danificadas.

### DROGAS

Quando uma substância é introduzida no organismo e provoca alteração física ou mental causando problemas fisiológicos ou de ordem psicológica, pode ser considerada uma droga.

## DROGAS QUE ATUAM NO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

**Alucinógenos:** trata-se de qualquer agente que cause psicose. Ex.: LSD, Tetra-hidro-canabinois, mescalina, psilocibina.

**Tranquilizante:** droga capaz de bloquear perturbações e comportamentos psicológicos. Ex.: Derivados da Fenotiazina.

**Calmante:** droga que alivia a tensão nervosa. Ex.: Diazepam.

**Hipnótico:** droga para induzir o sono. Ex.: Barbitúrico.

**Sedativo:** induz ao efeito relaxante, mas nem sempre acarreta sonolência. Ex.: Dopamina e acetilcolina.

### ALGUMAS DROGAS

**Heroína:** é semissintética e obtida em laboratório a partir da morfina. Não possui aplicação terapêutica e é uma droga ilegal. Dependentes de opiáceos como morfina e heroína possuem grande compulsão pela droga, que causa dependência física.

**Cocaína:** é extraída de folhas de uma planta do sul da Bolívia, Peru e Colômbia conhecida como Planta de Coca. Nessas regiões os nativos mascam as folhas, o que é denominado 'coquear'. O coqueio causa inibição da fome e reduz a fadiga. A droga pode se apresentar na forma de pasta de coca, de sal e ainda como o crack.

**Crack:** é uma forma impura da cocaína. Resulta da combinação da pasta de cocaína com o bicarbonato de sódio ou outro carbonato. O resíduo do carbonato, causa ao ser queimado, estalos típicos, resultando daí o termo 'crack'.

**Merla:** é obtida a partir da pasta da coca em laboratórios improvisados de fundo de quintal. No produto há ácido sulfúrico, querosene, metanol, benzina, aspirina, ou seja, a droga possui alta concentração de produtos tóxicos. Normalmente é consumida adicionada à maconha ou ao tabaco.

**Anfetamina:** é um estimulante do Sistema Nervoso Central e aumenta a atividade física e mental. Combate a fadiga, a sonolência e diminui o apetite. Depois desse efeito, a pessoa entra em estado de prostração. São também referidas como 'rebite' ou 'bolinha'.

Substâncias com o nome de anoréticos são usadas nas preparações de medicamentos para diminuir o apetite, nos casos de obesidade. Farmacologicamente são anfetaminoides.

**Barbitúricos:** substâncias hipnóticas que agem sobre o hipotálamo. Resultam da combinação de uréia com ácido malônico que produzem o ácido barbitúrico. Os mais conhecidos são o Luminal, Prominal, Pentotal e Amytal.

**L.S.D (Di-Etil Amida do Ácido Lisérgico):** produto sintético obtido a partir do esporão do centeio. O Ácido Lisérgico é um alcalóide que é transformado em Di-Etil – Amida em laboratório. Provoca distorções dos sentidos (visão, audição, olfato e tato) e aumento da pressão arterial e da temperatura corporal. Provoca alterações cromossômicas que podem resultar no nascimento de crianças com defeitos físicos.

**Lança Perfume:** droga produzida a partir de solventes químicos à base de cloreto de etila. A versão caseira conhecida como 'loló' é produzida a partir de éter, clorofórmio e álcool de cereais. Pode causar morte por problemas cardiorespiratórios, além de destruir neurônios. Pode ocorrer também visão embaralhada, dores de cabeça, falta de coordenação nervosa, náuseas e depressão.

**Tabaco:** é o maior causador de doenças que poderiam ser evitadas. Um dos seus principais alcalóides é a nicotina. Entre muitas substâncias presentes na sua composição podemos destacar o benzopireno, a nicotina, o monóxido de carbono, hidrocarbonetos, nitrosaminas, alcatrão, substâncias cianídricas, carbono 14 e polônio 210. Esses dois últimos são altamente cancerígenos, potencialmente causadores de câncer na boca, laringe, esôfago, pâncreas, bexiga, rins, útero e pulmões. Pode acarretar também o enfisema pulmonar que se caracteriza pela ruptura de alvéolos, e aumentar o risco de infarto do miocárdio.

**Anabolizantes Esteroides:** são versões sintéticas do hormônio testosterona. Aceleram a síntese de proteína, reduzem o catabolismo e aumentam a massa muscular. Geram graves efeitos colaterais como reações alérgicas, necrose tecidual e infecções generalizadas, que em muitos casos acarretam em óbito.

**Álcool:** produto resultante da fermentação da glicose. Quando ingerido sofre oxidação e produz acetaldeído que é eliminado pela respiração. É o chamado 'Bafo de onça'. Tanto o acetaldeído como outras impurezas da bebida, geram a chamada ressaca. As células hepáticas são lesionadas (hepatócitos), o que pode levar a um processo crônico de cirrose. O alcoolismo é uma grave enfermidade mundial, pois é a terceira doença que mais mata no mundo, superada apenas pelo câncer e por doenças cardíacas.

**Maconha (Haxixe, Marijuana):** é fumada ou ingerida e causa congestão da mucosa ocular, alteração na noção de tempo espaço, aumento da frequência cardíaca e redução da capacidade de concentração.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01 | UFBA** O olho humano é um órgão extremamente complexo; atua como uma câmera, coletando, focando e convertendo a luz em um sinal elétrico traduzido em imagens pelo cérebro. [...] Mesmo Charles Darwin admitiu, em *A Origem das Espécies*, que pode parecer absurdo pensar que a estrutura ocular se desenvolveu por seleção natural. No entanto, apesar da falta de evidências de formas intermediárias naquele momento, Darwin acreditava que o olho evoluíra dessa maneira. Não foi fácil encontrar evidências para essa teoria, mas os cientistas já têm uma visão clara de como surgiram nossos olhos tão complexos.

(LAMB, 2011, p. 46).

Considerando as informações do texto e os conhecimentos sobre a estrutura e a fisiologia do olho humano,

- A** justifique a dificuldade de se encontrar evidências diretas da evolução do olho humano e apresente uma abordagem que possa ter contribuído para os cientistas obterem uma visão clara da evolução desse órgão;
- B** apresente as estruturas envolvidas na focalização e conversão da luz “em um sinal elétrico traduzido em imagens pelo cérebro”.

### Resolução:

- A** *A ausência de evidências diretas da evolução do olho humano, que seriam registros fósseis, se justifica pelo fato de que tecidos moles dificilmente fossilizam. Uma abordagem científica que supera esta dificuldade inclui estudos comparativos da estrutura do olho entre espécies existentes e análises de embriões em desenvolvimento, com especial atenção para a comparação das estruturas, aliando contribuições da Genética, da Evolução e da Embriologia.*
- B** *A focalização é realizada por um sistema de lentes – cristalino e suas interfaces com as câmaras do bulbo ocular – humor aquoso e humor vítreo. O cristalino – principal lente – é uma estrutura transparente, de natureza proteica em forma de uma lente biconvexa que confere nitidez e foco à imagem luminosa coletada. O humor aquoso é um meio líquido que preenche a cavidade anterior do olho e o humor vítreo constitui um meio gelatinoso que ocupa a cavidade posterior do olho, constituindo o seu maior volume. Esses meios transparentes funcionam como lentes líquidas que contribuem para focalizar a luz na retina.*

*A conversão da luz em “um sinal elétrico traduzido em imagens pelo cérebro” é realizada na retina, que*

*forma a camada mais interna do olho e se constitui de várias camadas de neurônios e fotorreceptores – cones e bastonetes. Os estímulos captados pelos fotorreceptores são direcionados pelo nervo óptico até o centro da visão, na parte posterior do cérebro, que decodifica os sinais, com a percepção da imagem.*

**02 | UNICAMP** Na Olimpíada de Pequim ocorreram competições de tiro ao alvo e de arco-e-flecha. O desempenho dos atletas nessas modalidades esportivas requer extrema acuidade visual, além de outros mecanismos fisiológicos.

- A** A constituição do olho humano permite ao atleta focar de maneira precisa o objeto alvo. Como a imagem é formada? Quais componentes do olho participam dessa formação?
- B** Os defeitos mais comuns na acomodação visual são miopia e hipermetropia. Por que as imagens não são nítidas no olho de uma pessoa míope e de uma pessoa hipermetrópe? Como os óculos podem corrigir esses dois problemas?

### Resolução:

- A** *A imagem nítida se forma em posição invertida na retina pelo fato de o cristalino ser uma lente biconvexa que torna o feixe de luz convergente. O feixe luminoso atravessa a córnea, o humor aquoso, o cristalino, o humor vítreo e chega na retina onde existem células fotorreceptoras que captam a luz e enviam o sinal nervoso ao córtex visual.*
- B** *No míope, que tem olho mais alongado, a imagem é formada antes da retina. O hipermetrópe tem olho mais curto e portanto, em seu olho, a imagem é formada após a retina. Os óculos corrigem a miopia com lentes divergentes e a hipermetropia com lentes convergentes.*

**03 | UFTM** Um derivado de uma substância chamada especfalina, extraída da “cássia-do-nordeste”, planta arbórea, pode ser a mais nova esperança contra o mal de Alzheimer, doença degenerativa que afeta as células nervosas e leva à perda de memória, da coordenação motora e das faculdades mentais. Esse composto atua inibindo a ação da enzima acetilcolinesterase, que destrói o neurotransmissor acetilcolina, fundamental para o mecanismo de formação da memória. Com o aumento da longevidade e a diminuição da taxa de mortalidade, o Alzheimer está se tornando mais frequente, a ponto de ser considerado a doença do século 21.

(Ciência Hoje, março de 2005. Adaptado.)

- A** Qual região é afetada pela doença, o sistema nervoso central ou periférico? Justifique sua resposta.
- B** Com a inibição da enzima acetilcolinesterase pela espectralina, explique, sucintamente, a contribuição do neurotransmissor para melhoria da memória.

**Resolução:**

- A** *O Alzheimer é uma doença que afeta o Sistema Nervoso Central devido à progressiva degeneração dos neurônios encefálicos. Encéfalo e medula compõem o sistema nervoso central, nervos e gânglios nervosos constituem o sistema nervoso periférico.*
- B** *Conforme mencionado no texto, a enzima acetilcolinesterase destrói o neurotransmissor acetilcolina, fundamental para o mecanismo de formação da memória. Nos portadores de Alzheimer, a transmissão dos impulsos no cérebro é interrompida, prejudicando o armazenamento e a recuperação da memória. Assim, a utilização de inibidores da acetilcolinesterase, como a espectralina, aumentam a disponibilidade de acetilcolina, substância importante na transmissão dos impulsos nervosos, melhorando o quadro sintomático da doença.*

**04| UFG** O texto que se segue foi extraído de *Xadrez, truco e outras guerra*, de José Roberto Torero. Servimo-nos de algumas de suas estruturas, para introduzir as questões desta prova.

Os abutres, sábios animais que se alimentavam do mais farto dos pastos, já começavam a sobrevoar a ala dos estropiados quando o General mandou que acampassem.

Naquela tarde assaram trinta bois, quantidade ínfima

para abastecer os homens que ainda sobravam... O plano dos comandantes era assaltar fazendas da região e tomar-lhes o gado...

À noite a ração foi ainda mais escassa, e, para enganar a fome, fizeram-se fogueiras para assar as últimas batatas e umas poucas raízes colhidas pelo caminho. Como o frio também aumentava, surgiu um impasse: quem ficaria perto do fogo: os coléricos, que logo morreriam, ou os sãos, que precisavam recuperar as forças para a luta?

**À noite a ração foi ainda mais escassa, e, para enganar a fome, fizeram-se fogueiras (...)**

Uma ração adequada pode evitar a fome e fornecer matéria-prima para o metabolismo corporal.

- A** Relacione fome e sistema nervoso central.
- B** Diferencie anabolismo de catabolismo.

**Resolução:**

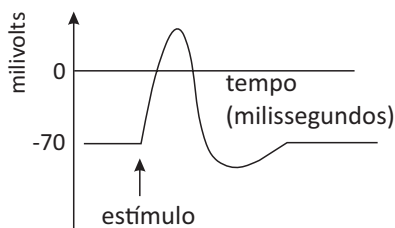
- A** *O sistema nervoso central é constituído pelo encéfalo e medula espinhal. O encéfalo, por sua vez, é dividido em: cérebro, regiões talâmicas, cerebelo, ponte e bulbo. O hipotálamo é constituído por dois centros: o centro da fome e o da sociedade, quando, por exemplo, os níveis de glicose no sangue for baixo, o centro da fome é excitado, levando o indivíduo à vontade de comer.*
- B** *Anabolismo: são reações químicas envolvidas na formação de substâncias complexas a partir de outras mais simples.*

**Catabolismo:** São reações envolvidas na degradação de substâncias complexas até substâncias mais simples.

**F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO**

**01|** A criatividade está relacionada à região interna dos hemisférios cerebrais, conhecida como substância branca. Quanto menor sua quantidade maior a criatividade. Nesse contexto, para ser criativo, o que é preciso, em menor quantidade, que o cérebro apresente?

**02|** Analise o gráfico a seguir.



Disponível em: <<http://www.vestibulandoweb.com.br/biologia>>. Acesso em: 22 set. 2014.

Qual é o processo fisiológico que está representado no gráfico?

**03| UFG** Um exemplo do uso incorreto de agrotóxico aconteceu em março de 2006, em Lucas do Rio Verde, Mato Grosso, onde as pessoas foram intoxicadas devido à pulverização aérea de um agrotóxico. O produto que era destinado à produção agrícola foi levado pelos ventos para cidade. Esse incidente extrapolou os riscos para além da unidade produtiva rural, com provável contaminação do ar, do solo, das plantas, dos animais e da população da cidade.

Disponível em: CIÊNCIA E SAÚDE COLETIVA, v.; 12, n.1. Rio de Janeiro, jan-mar 2007. Acesso em: 15 abr. 2014. (Adaptado).

O agrotóxico, citado no texto, tem como mecanismo de ação inibir a enzima acetilcolinesterase, responsável por degradar a acetilcolina. Essa inibição promove a hiperestimulação do sistema nervoso parassimpático. Explique o efeito da intoxicação por esse agrotóxico sobre o sistema digestório humano.

**04|** Complete o texto abaixo:

O sistema nervoso autônomo é formado por fibras simpáticas e parassimpáticas que atuam nos órgãos viscerais de maneira antagônica. A liberação de adrenalina pelo sistema nervoso simpático promove o \_\_\_\_\_ do ritmo cardíaco e a \_\_\_\_\_ dos vasos sanguíneos periféricos.

**05| UERJ** Em um experimento no qual se mediu a velocidade de condução do impulso nervoso, foram observados diferentes resultados para as fibras nervosas mielinizadas e para as não mielinizadas.

Cite o tipo de fibra nervosa na qual a velocidade de condução do impulso é maior. Em seguida, identifique o fator que explica a diferença de transmissão do impulso nervoso nos dois tipos de fibras.

**06| UNICAMP** Com a manchete “O Voo de Maurren”, *O Estado de São Paulo* noticiou, no dia 23 de agosto de 2008, que a saltadora Maurren Maggi ganhou a segunda medalha de ouro para o Brasil nos últimos Jogos Olímpicos. No salto de 7,04 m de distância, Maurren utilizou a força originada da contração do tecido muscular estriado esquelético. Para que pudesse chegar a essa marca, foi preciso contração muscular e coordenação dos movimentos por meio de impulsos nervosos.

- A** Explique como o neurônio transmite o impulso nervoso ao músculo.
- B** Para saltar, é necessária a integração das estruturas ósseas (esqueleto) com os tendões e os músculos. Explique como ocorre a integração dessas três estruturas para propiciar à atleta a execução do salto.

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UFU** Em outubro de 2004 faleceu o ator cinematográfico Christopher Reeve, que ficou famoso por interpretar o “Super-Homem”. Reeve, que ficou tetraplégico em 1995 ao cair de um cavalo, era um ativista a favor das pesquisas com clonagem terapêutica para obtenção de células tronco.

Com relação ao assunto abordado, analise as afirmativas a seguir.

- I. Após um acidente como o ocorrido com Reeve, se houver suspeita de lesão na coluna vertebral, o acidentado deve ser imobilizado na horizontal e utilizar um colar cervical para ser transportado até um hospital, porque no interior da coluna vertebral está a medula óssea vermelha, cuja lesão pode levar à paralisia.
- II. A utilização do colar cervical não evita lesões no sistema nervoso periférico, apenas no sistema nervoso central. O sistema nervoso periférico poderá ficar inativo, após um acidente, se houver comprometimento no sistema nervoso central.
- III. A clonagem terapêutica por transferência nuclear permite a obtenção de blastocistos, de onde são retiradas células da massa celular interna (células tronco) que têm capacidade de regenerar órgãos lesados.

Marque a alternativa correta.

- A** I e II são corretas.

- B** I e III são corretas.
- C** II e III são corretas.
- D** Apenas III é correta.

**02| ENEM** Diversos comportamentos e funções fisiológicas do nosso corpo são periódicos; sendo assim, são classificados como ritmo biológico. Quando o ritmo biológico responde a um período aproximado de 24 horas, ele é denominado ritmo circadiano. Esse ritmo diário é mantido pelas pistas ambientais de claro-escuro e determina comportamentos como o ciclo do sono-vigília e o da alimentação. Uma pessoa, em condições normais, acorda às 8 h e vai dormir às 21 h, mantendo seu ciclo de sono dentro do ritmo dia e noite. Imagine que essa mesma pessoa tenha sido mantida numa sala totalmente escura por mais de quinze dias. Ao sair de lá, ela dormia às 18 h e acordava às 3 h da manhã. Além disso, dormia mais vezes durante o dia, por curtos períodos de tempo, e havia perdido a noção da contagem dos dias, pois, quando saiu, achou que havia passado muito mais tempo no escuro.

BRANDÃO, M. L. *Psicofisiologia*. São Paulo: Atheneu, 2000 (adaptado).

Em função das características observadas, conclui-se que a pessoa

- A** apresentou aumento do seu período de sono contínuo e passou a dormir durante o dia, pois seu ritmo biológico foi alterado apenas no período noturno.



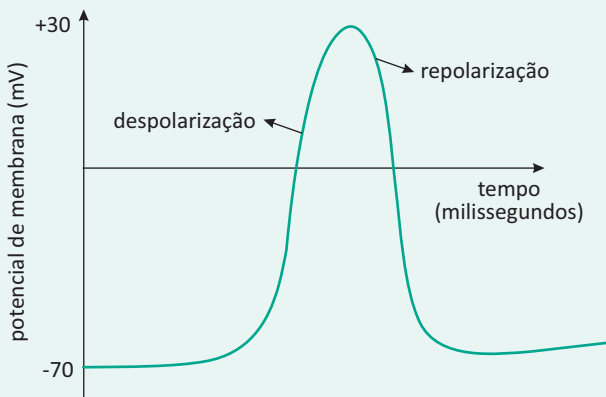
- B** apresentou pouca alteração do seu ritmo circadiano, sendo que sua noção de tempo foi alterada somente pela sua falta de atenção à passagem do tempo.
- C** estava com seu ritmo já alterado antes de entrar na sala, o que significa que apenas progrediu para um estado mais avançado de perda do ritmo biológico no escuro.
- D** teve seu ritmo biológico alterado devido à ausência de luz e de contato com o mundo externo, no qual a noção de tempo de um dia é modulada pela presença ou ausência do sol.
- E** deveria não ter apresentado nenhuma mudança do seu período de sono porque, na realidade, continua com o seu ritmo normal, independentemente do ambiente em que seja colocada.

**03| ENEM** Para que todos os órgãos do corpo humano funcionem em boas condições, é necessário que a temperatura do corpo fique sempre entre 36 °C e 37 °C. Para manter-se dentro dessa faixa, em dias de muito calor ou durante intensos exercícios físicos, uma série de mecanismos fisiológicos é acionada.

Pode-se citar como o principal responsável pela manutenção da temperatura corporal humana o sistema

- A** digestório, pois produz enzimas que atuam na quebra de alimentos calóricos.
- B** imunológico, pois suas células agem no sangue, diminuindo a condução do calor.
- C** nervoso, pois promove a sudorese, que permite perda de calor por meio da evaporação da água.
- D** reprodutor, pois secreta hormônios que alteram a temperatura, principalmente durante a menopausa.
- E** endócrino, pois fabrica anticorpos que, por sua vez, atuam na variação do diâmetro dos vasos periféricos.

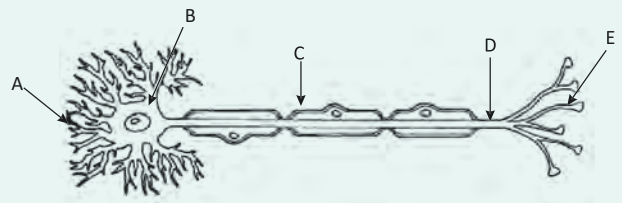
**04| FMJ** O gráfico mostra a formação de um potencial de ação em um neurônio.



Após aplicar um estímulo na célula nervosa, ocorre uma fase de despolarização e, em seguida, ocorre a fase de repolarização, retornando ao estado de “repouso”. A alteração de polaridade é conhecida como potencial de ação, que permite a propagação do impulso nervoso. Assim, de acordo com o gráfico, após ocorrer o estímulo, a despolarização consiste na

- A** saída de íons sódio por transporte passivo.
- B** entrada de íons potássio por transporte ativo.
- C** saída de íons cloro por difusão.
- D** saída de íons potássio por transporte ativo.
- E** entrada de íons sódio por difusão.

**05| MACK**



Assinale a alternativa correta a respeito da célula representada acima.

- A** A seta A indica os dendritos, responsáveis por emitir impulsos nervosos para outra célula.
- B** A bainha de mielina está apontada pela seta C e tem como função acelerar a condução dos impulsos nervosos.
- C** A estrutura D é mais abundante na substância cinza do sistema nervoso.
- D** A seta B é o principal componente dos nervos.
- E** Em E ocorre a produção dos neurotransmissores.

**06| UFT** O metilfenidato, conhecido como Ritalina, é um fármaco estimulante do Sistema Nervoso Central indicado para portadores de transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH). Seu mecanismo de ação não está totalmente elucidado, mas acredita-se que seja o mesmo das anfetaminas e da cocaína, ou seja, aumenta a concentração de dopamina nas sinapses.

Fonte: [www.unicamp.br/unicamp/noticias/2013/08/05/ritalina-e-os-riscos-de-um-genocidio-do-futuro](http://www.unicamp.br/unicamp/noticias/2013/08/05/ritalina-e-os-riscos-de-um-genocidio-do-futuro) (Acesso em 23-01-2014).  
[pt.wikipedia.org/wiki/Metilfenidato](http://pt.wikipedia.org/wiki/Metilfenidato) (Acesso em 23-01-2014).

Em relação aos neurônios e à transmissão dos impulsos nervosos, analise as afirmativas abaixo e assinale a alternativa **CORRETA**.

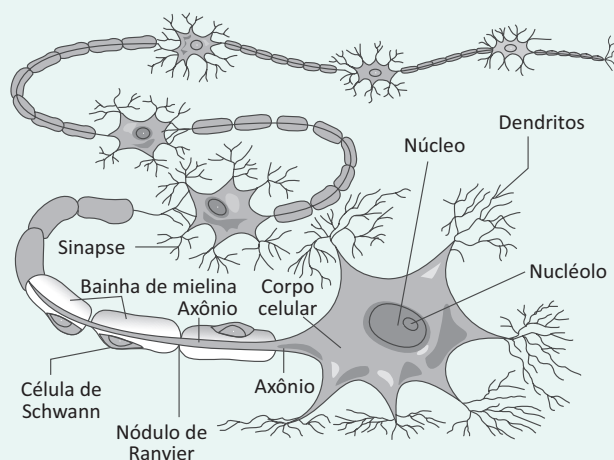


- I. Nas sinapses, ocorre a passagem do impulso nervoso de um neurônio para outro e este processo é caracterizado pela continuidade do citoplasma de um neurônio com o citoplasma do próximo neurônio.
- II. Quando um neurônio está em repouso encontra-se polarizado, apresenta maior concentração de potássio no meio extracelular e no meio intracelular existe maior concentração de sódio.
- III. A recepção e transmissão de estímulo nervoso ocorrem através de fibras nervosas, que podem ser mielínicas e conduzem o impulso nervoso com maior velocidade ou amielínicas, que conduzem o impulso nervoso de forma mais lenta.

- A** Somente a afirmativa I está correta.
- B** Somente a afirmativa II está correta.
- C** Somente a afirmativa III está correta.
- D** As afirmativas I e II estão corretas.
- E** As afirmativas II e III estão corretas.

**07| FGV** O tecido nervoso do ser humano é composto por bilhões de células, desempenhando diversas funções, entre elas a condução do impulso nervoso.

A figura ilustra uma organização sequencial de neurônios nos quais a sinapse é química, e mediada por neurotransmissores.



([www.sobiologia.com.br/conteudos/Histologia/epitelio27.php](http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Histologia/epitelio27.php))

Tal organização é fundamental, pois o percurso celular de um impulso nervoso, neste caso, é

- A** unidirecional em todos os neurônios, e também em suas terminações.
- B** bidirecional em todos os neurônios, e também em suas terminações.

- C** reversível na maioria dos neurônios, não o sendo em suas terminações.
- D** unidirecional, dependendo de seu estímulo inicial em suas terminações.
- E** bidirecional, dependendo de seu estímulo inicial em suas terminações.

**08| FUVEST** Num ambiente iluminado, ao focalizar um objeto distante, o olho humano se ajusta a essa situação. Se a pessoa passa, em seguida, para um ambiente de penumbra, ao focalizar um objeto próximo, a íris

- A** aumenta, diminuindo a abertura da pupila, e os músculos ciliares se contraem, aumentando o poder refrativo do cristalino.
- B** diminui, aumentando a abertura da pupila, e os músculos ciliares se contraem, aumentando o poder refrativo do cristalino.
- C** diminui, aumentando a abertura da pupila, e os músculos ciliares se relaxam, aumentando o poder refrativo do cristalino.
- D** aumenta, diminuindo a abertura da pupila, e os músculos ciliares se relaxam, diminuindo o poder refrativo do cristalino.
- E** diminui, aumentando a abertura da pupila, e os músculos ciliares se relaxam, diminuindo o poder refrativo do cristalino.

**09| UECE** Os discos de Merkel são estruturas ligadas à percepção do(a)

- A** visão.
- B** audição.
- C** tato.
- D** paladar.

**10| UNIOESTE** Sobre a estrutura do olho pode-se afirmar que

- A** há maior quantidade de bastonetes na fóvea.
- B** além dos bastonetes, a retina possui os cones que são as células mais numerosas da retina.
- C** os bastonetes são as células responsáveis pela visão em cores e são menos numerosos que os cones.
- D** os cones são responsáveis, principalmente, pela visão no escuro e são mais numerosos que os bastonetes.
- E** rodopsina é a substância química que se decompõe ao ser exposta à luz; neste processo, as fibras nervosas, que deixam o olho, são excitadas.

## ARTRÓPODES

O filo dos artrópodes é composto por seres dotados de articulações específicas nos membros locomotores e exoesqueleto formado de quitina. Esse filo inclui os crustáceos, aracnídeos, insetos, quilópodes e diplópodes.

### CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os artrópodes em geral possuem um revestimento de sustentação externo, isto é, um exoesqueleto e por isso o seu desenvolvimento e crescimento é dado em etapas, ou fases, que ocorrem na medida em que o exoesqueleto é trocado. Esse processo de troca é chamado de **ecdise**, e ocorre de tempos em tempos, quando o animal inicia uma nova fase de crescimento. Possuem simetria bilateral, tubo digestório completo, sistema circulatório aberto e a segmentação corporal de cada classe é o que basicamente os diferencia.

### CRUSTÁCEOS

São artrópodes que têm na estrutura física um cefalotórax (cabeça e tórax fundidos num mesmo segmento), dois pares de antenas, cinco ou mais pares de patas. A função essencial das patas é a locomoção, porém algumas espécies utilizam algumas delas para a manipulação dos alimentos. A reprodução ocorre no encontro de fêmeas e machos em que é realizada a fecundação interna (a fêmea carrega ovos). Dos ovos surgem larvas que permanecem na costa litorânea até se desenvolverem e depois de desenvolvidas partem para regiões mais profundas. (ex: camarão, siri, caranguejo, lagosta).

**Respiração:** a respiração é branquial. A água penetra por brânquias bilaterais na porção segmentar do cefalotórax, onde ocorrem as trocas gasosas.

**Sistema digestivo:** é completo, formado pela boca, esôfago, estômago, intestino médio, tubular e ânus. O estômago se divide em uma câmara cardíaca e uma câmara pilórica. Muitos dos crustáceos são conhecidos como “filtradores”, pois se alimentam de detritos presentes na água, que são captados por cerdas ou cílios e levados até a boca.

**Sistema excretor:** a excreção é feita por “glândulas verdes” que possuem uma bexiga, um canal nefridal que leva a um labirinto contendo um saco celomático e produz ao final do processo digestivo uma excreta nitrogenada composta principalmente por amônia.

**Sistema nervoso e sensorial:** é composto por estatocistos, olhos, proprioceptores, receptores táteis e quimiorreceptores.

### INSETOS

Os insetos possuem cabeça, tórax e abdômen separados em segmentos diferentes, um par de antenas, três pares de patas e a oxigenação celular não é feita pelo sistema circulatório.

O sistema circulatório é aberto e no geral, o sangue que circula no corpo é chamado de hemolinfa, e as trocas de nutrientes ocorrem por pequenos orifícios nas extremidades dos tecidos (óstios). Alguns insetos podem possuir asas ou não, como no caso das baratas. (ex: formigas, baratas, abelhas, gafanhotos)

**Respiração:** a respiração é traqueal. A entrada do ar ocorre por pequenos orifícios na região do tórax e abdômen, que se ramificam até penetrar nas células e são “bombeados” por movimentos de contração muscular para que haja constante renovação do ar dentro dos tubos.

**Sistema digestório:** o sistema digestório é completo, o tubo digestório é revestido por uma camada quitinosa e dividido em três partes. Na parte anterior ocorre o processamento mecânico do alimento, basicamente atua na movimentação do alimento até a parte média, onde há atuação de enzimas que farão a digestão química e em seguida, na parte posterior, ocorrerá reabsorção de substâncias provenientes dos alimentos e a formação das fezes.

**Sistema excretor:** entre o intestino médio e o intestino posterior encontram-se os tubos de Malpighi, que “filtram” o alimento em processamento e separam as impurezas para que sejam eliminadas junto com as fezes.

**Sistema nervoso e sensorial:** o sistema nervoso dos insetos é composto por gânglios que se localizam na região dorsal e ventral do esôfago (gânglios cerebróides) e por uma cadeia ganglionar ventral que se forma a partir dos gânglios cerebróides e se estendem por outros segmentos do corpo.

## ARACNÍDEOS

São artrópodes com cefalotórax (cabeça e tórax fundidos num mesmo segmento), não possuem antenas e possuem quatro pares de patas. Alguns aracnídeos podem ser venenosos, como no caso de algumas aranhas e escorpiões. (ex: carrapatos, aranhas, escorpiões, ácaros).

**Respiração:** traqueal e filotraqueal. Em algumas espécies as trocas gasosas ocorrem em filotraqueias, que são fendas presentes na região abdominal por onde entra o oxigênio, e lá ocorre atuação da hemolinfa presente no tecido para que ocorram as trocas gasosas. Quando a respiração é traqueal, ocorre de maneira muito semelhante aos insetos e as trocas gasosas não dependem do sistema circulatório.

**Sistema excretor:** a excreção é feita por túbulos de malpighi, de modo muito semelhante à dos insetos e por glândulas coxais, que ficam na base das coxas e a excreção produz uma substância chamada guanina.

**Sistema nervoso:** o sistema nervoso em aranhas é bastante complexo. As aranhas possuem 8 olhos disposto no segmento do cefalotórax, cerdas táteis (pelos sensoriais ao longo do corpo) e pequenas fissuras nas patas que lhes permitem perceber vibrações e movimentações de presas ao seu redor.

## QUILÓPODES

São artrópodes de corpo alongado, com grande número de segmentos e patas locomotoras, dotados de um único par de antenas e um par de olhos. Possuem apenas um par de patas por segmento e no primeiro segmento, apresentam garras inoculadoras de veneno. Vivem em regiões pluviais, canalizações subterrâneas e troncos de árvores em decomposição. (ex: centopeias, lacraias)

**Respiração:** a respiração é traqueal.

**Sistema excretor:** a excreção é feita por meio do tubo de Malpighi e produz ácido úrico.

**Sistema nervoso:** sistema nervoso ganglionar, ventral e sua visão se dá por meio de ocelos.

## DIPLÓPODES

São artrópodes de corpo alongado, com vários segmentos e são muito semelhantes aos quilópodes, porém, apresentam dois pares de patas por segmento e não possuem garras inoculadoras de veneno. A reprodução é sexuada, os sexos são separados e são ovíparos. A fêmea coloca ovos em um “ninho” e nos ovos nascem larvas, que se desenvolvem até a fase adulta. (ex: piolho-de-cobra)

**Respiração:** traqueal.

**Sistema digestivo:** o sistema digestivo é completo, composto por um intestino anterior (boca, faringe, esôfago, papo, moela), intestino médio (estômago, cecos gástricos) e intestino posterior (túbulos de malpighi, glândula retal e ânus).

**Sistema excretor:** a excreção é feita por meio do tubo de Malpighi

**Sistema nervoso:** é ganglionar e ventral, possuem cerdas táteis e órgãos sensoriais.

## EQUINODERMOS

O filo dos equinodermos é composto por seres com a pele revestida por espinhos, que são na verdade, projeções de um endoesqueleto de cálcio. São seres marinhos com estrutura simétrica pentarradial (múltiplos de 5), possuem boca na face oral localizada na parte inferior e ânus na parte superior.

### Exemplo:

Ouriços-do-mar, pepinos-do-mar, estrela-do-mar, serpentes-do-mar, lírios-do-mar, bolachas-do-mar.

**Além dos espinhos, os equinodermos possuem outras projeções corpóreas importantes, como:**

- **Pés ambulacrais:** são projeções tubulares de um sistema hidráulico interno que permitem que esses animais se locomovam e se fixem nas rochas, como é o caso dos ouriços-do-mar, estrelas-do-mar e pepinos-do-mar.
- **Pediceláreas:** são projeções em forma de pinças que exercem função de proteção nesses animais. Essas “pinças” removem agregados, sujeiras e vestígios que caem ou se prendem sobre a superfície do animal.
- **Pápulas:** são pequenas projeções em forma de dedos que aumentam a superfície corporal e são altamente permeáveis, auxiliando nas trocas gasosas e excretas desses animais.

**Sistema digestivo:** é completo, composto por boca, esôfago, estômago e a digestão é extracelular. Podem ser tanto herbívoros quanto carnívoros.

**Sistema respiratório:** a respiração ocorre por meio da difusão dos gases pelos pés ambulacrários, mas em alguns casos existem árvores respiratórias próximas à região anal (ex: pepino-do-mar).

**Sistema excretor:** não possuem sistema excretor, as excretas são eliminadas por difusão.

**Reprodução:** os equinodermos têm sexos separados e a fecundação ocorre externamente pela liberação dos gametas na água. Os embriões se desenvolvem e originam uma larva, que sofre uma metamorfose e origina o animal adulto, com simetria diferente da forma larval.

## CORDADOS

O filo dos cordados é o filo mais importante, pois é o filo em que se encontram os seres humanos, além de aves, répteis, mamíferos, anfíbios, peixes, agnatos, etc. Dentre os grupos de cordados, temos os vertebrados e os protocordados.

**Características gerais:** os cordados apresentam quatro características básicas que os identifica como sendo desse filo, são elas:

- **Notocorda:** é uma espécie de bastão fibroso situado ao longo do dorso do animal, que tem função essencial de sustentação do corpo (nos seres humanos, presente na fase embrionária);
- **Tubo nervoso dorsal:** desenvolve-se o sistema nervoso em tubos localizados sobre o dorso, como no caso dos seres humanos (medula espinhal);
- **Cauda-pós anal:** prolongamento da notocorda e do tubo nervoso que se estende além do ânus;
- **Fendas faríngeas:** são aberturas na região da faringe.

Todos os cordados apresentam essas quatro características em pelo menos uma fase da vida.

Os cordados são divididos em três subfilos: Urochordata, Cephalochordata e Vertebrata.

Nos Protocordados estão inclusos os cefalocordados e os urocordados, também conhecidos como “tunicados” por apresentarem um envoltório corporal à base de tunicina. São cordados invertebrados ainda primitivos, nos quais não ocorre a substituição da notocorda por uma coluna vertebral, e comumente se assemelham a anelídeos.

Um importante exemplo é o dos anfioxos, cujo desenvolvimento se assemelha muito ao desenvolvimento embriológico humano, porém, nos seres humanos ocorre a formação da coluna vertebral enquanto nos anfioxos a notocorda é permanente e não há formação craniana e nem de coluna vertebral. Os anfioxos são animais pequenos, de estrutura corporal semelhante à de um peixe, mas não apresentam elementos esqueléticos e nadam através de contrações de blocos musculares ao longo do corpo.

## PEIXES

### CARACTERÍSTICAS GERAIS

Os peixes são animais aquáticos que podem ser tanto de água salgada, quanto de água doce. São seres ectotermos (temperatura corpórea varia de acordo com o ambiente), de respiração branquial e possuem sistema circulatório fechado e completo, composto por um coração com duas cavidades (um átrio e um ventrículo), vasos sanguíneos e brânquias. Possuem sistema digestório completo.

Os peixes são divididos entre Condrictes (cartilaginosos) e Osteíctes (ósseos).

### CONDRÍCTES

São peixes que possuem esqueleto formado por cartilagem. Os peixes cartilaginosos possuem maior agilidade e mobilidade, devido à flexibilidade e leveza das cartilagens, o que favorece a ação predatória, além de possuírem uma boca ventral (localizada na parte inferior da cabeça) e mandíbulas revestidas de fileiras de dentes. A circulação é fechada e eles não possuem bexiga natatória, portanto a regulação da profundidade e equilíbrio é feita por meio de movimentos corporais. Os peixes condrictes possuem também, linhas laterais com terminações nervosas que captam estímulos do ambiente. A pele é geralmente alisada, com revestimento de pequenas escamas esmaltadas.

**Reprodução:** ocorre por sexos separados, a fecundação é interna, podendo ocorrer o desenvolvimento embrionário em ovos (em espécies ovíparas), ou no interior do corpo materno (em espécies ovovivíparas).

**Respiração:** é branquial (5 pares de brânquias visíveis bilaterais), ao entrar pelas brânquias o oxigênio da água é absorvido ao preencher os sacos branquiais. Em tubarões, as brânquias permanecem abertas durante sua movimentação pela água e assim a oxigenação é constante, por esse motivo, quando eles se prendem em redes de pesca a oxigenação reduz a intensidade e ocorre um afogamento ou insuficiência respiratória.

**Sistema digestivo:** o sistema digestivo é composto por uma boca ventral, faringe, estômago, intestino, pâncreas, fígado e uma válvula espiral. Os alimentos que não são absorvidos são excretados pela cloaca.

**Sistema nervoso:** O tubo nervoso é bastante desenvolvido, tubarões, por exemplo, contam com um encéfalo protegido por uma caixa craniana, possuem olhos e narinas, linhas laterais e terminações nervosas que captam estímulos externos. Possuem estruturas chamadas de Ampolas de Lorenzini, que detectam sinais elétricos provenientes da movimentação de outros animais. Em alguns casos, como no tubarão martelo, existem terminações sensíveis a estímulos magnéticos que os permite detectar presas enterradas no fundo do oceano. Ex: tubarões, arraias, cações, etc.

## OSTEÍCTES

São peixes que possuem a estrutura esquelética formada por ossos.

Os Osteíctes também vivem tanto em água salgada quanto em água doce. Possuem boca terminal (localizada na parte posterior da cabeça), sua pele é predominantemente escamosa e também apresentam linhas laterais.

Os Osteíctes apresentam bexiga natatória, que se enche de ar, auxiliando-os no equilíbrio e controle de profundidade. A circulação é fechada, bem como a dos Condríctes. Esses peixes podem se subdividir entre *Sarcopterygii* e *Actinopterygii*.

Os *Sarcopterygii* são peixes com nadadeiras lobadas, já os *Actinopterygii* são peixes com barbatanas e/ou nadadeiras raiadas.

**Respiração:** é geralmente traqueal, porém algumas espécies são “pulmonadas”, nos quais ocorre uma reserva de oxigênio em “sacos pulmonares primitivos”. Nesses peixes, a respiração é simultaneamente traqueal e a absorção do oxigênio ocorre pela entrada de água nas brânquias.

**Sistema nervoso:** é constituído por um encéfalo protegido pelo crânio, olhos, ouvidos, narinas e a linhas laterais compõem a rede sensorial dos osteíctes.

**Sistema digestivo:** é completo, muito semelhante ao dos condrictes, porém possuem cecos pilóricos e um canal retal com ânus e não cloaca.

Os peixes ósseos apresentam um sistema excretor aparelhado de rins mesonefros, bexiga urinária e produzem principalmente amônia em sua excreção.

**Reprodução:** a reprodução é sexuada e a fecundação ocorre externamente, na maior parte dos casos. Os gametas são liberados na água e após a fecundação forma-se o zigoto. Em algumas espécies o desenvolvimento ocorre passando por fases larvais comumente chamadas de “alevinos”.

## AGNATOS

Os agnatos são chamados de “peixes primitivos”, por não possuírem mandíbulas. Possuem estrutura esquelética formada por cartilagens e corpos alongados, com pele lisa e sem escamas. São também chamados de “ciclostomados”, devido ao formato circular da boca. A respiração é feita por meio de brânquias laterais (entre 6 e 16 pares de brânquias). O principal exemplo são as lampréias, que são ectoparasitas de peixes e possuem uma fase larval denominada “amocete”, portanto o desenvolvimento é indireto. Após a fase adulta, a sustentação continua a ser executada pela notocorda, que é envolvida por arcos neurais que contribuem para a sustentação do corpo. Ex: lampréias, peixe-bruxa.

**Sistema digestivo:** é completo, a boca é ligada à faringe que se liga ao esôfago, o intestino possui tifossoles (válvulas espirais) e fígado.

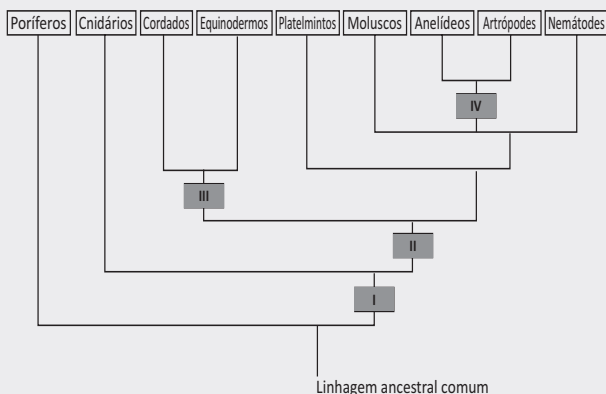
**Sistema excretor:** é composto por rins mesonefros ou pronefros, que excretam principalmente amônia.

**Sistema nervoso:** possuem um encéfalo ligado a nervos e medula. Possuem olhos, narina, orelha interna, linha lateral e células táteis na epiderme.

**Reprodução:** ocorre com fecundação externa e desenvolvimento direto (ex: feiticeiras) ou indireto (ex: lampréias). Passam por uma fase larval em que são chamadas de amocetes e se desenvolvem até a fase adulta.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01| FUVEST** O diagrama abaixo representa uma das hipóteses sobre a evolução dos animais metazoários. Nele, os retângulos com os números I, II, III e IV correspondem ao surgimento de novas características morfológicas. Isso significa que os grupos de animais situados acima desses retângulos são portadores da característica correspondente.



- A** Liste as características morfológicas que correspondem, respectivamente, aos retângulos com os números I, II, III e IV.
- B** Ordene as seguintes características dos cordados, de acordo com seu surgimento na história evolutiva do grupo, da mais antiga à mais recente: pulmões, ovo amniótico, coluna vertebral, endotermia, cérebro.

### Resolução:

- A** *Dentre as possibilidades de respostas, podemos admitir as seguintes:*

*I = tecidos verdadeiros/cavidade digestória/células nervosas*

*II = triblásticos/simetria bilateral*

*III = deuterostomia/endoesqueleto*

*IV = segmentação corporal (ou metameria)*

- B** *Cérebro — coluna vertebral — pulmões — ovo amniótico — endotermia.*

**02| FUVEST** Os equinodermos são animais deuterostômios marinhos que apresentam simetria radial na fase adulta e bilateral na fase de larva.

- A** A palavra deuterostômio deriva do grego: *deute-*ros= segundo, secundário; *stoma*= boca. Que característica justifica denominar os equinodermos

como deuterostômios? Cite outro filo animal com o qual essa característica é compartilhada.

- B** No desenvolvimento dos equinodermos, verifica-se a transição de simetria bilateral para simetria radial. Essa sequência reflete o que ocorreu com a simetria ao longo da evolução dos metazoários invertebrados? Justifique sua resposta.

### Resolução:

- A** *Ao longo do desenvolvimento embrionário dos equinodermos, o blastóporo dá origem ao ânus; a boca forma-se posteriormente. O filo dos cordados compartilha a deuterostomia com os equinodermos.*
- B** *Não, a mudança de simetria ao longo do desenvolvimento dos equinodermos não reflete o que ocorreu na evolução dos metazoários invertebrados. Isso ocorre porque grupos de animais que surgiram primeiro ao longo da evolução (como poríferos e cnidários) apresentam simetria radial. A simetria bilateral é uma aquisição evolutiva posterior, como a que se deu a partir de platelmintos. Assim, a mudança de simetria entre os invertebrados ocorreu de modo contrário ao que se processa ao longo do desenvolvimento dos equinodermos.*

**03| UNICAMP** Um zoólogo recebeu um animal marinho encontrado em uma praia. Ao tentar identificá-lo com o auxílio de uma lupa, o pesquisador notou, na superfície corporal do animal, a presença de espinhos e de estruturas tubulares, identificadas como pés ambulacrais.

- A** Com base nesses elementos da anatomia externa, determine o filo a que pertence o animal em análise. Nomeie uma classe desse filo e dê um exemplo de um animal que a represente.
- B** Explique como ocorre a reprodução dos animais pertencentes a esse filo.

### Resolução:

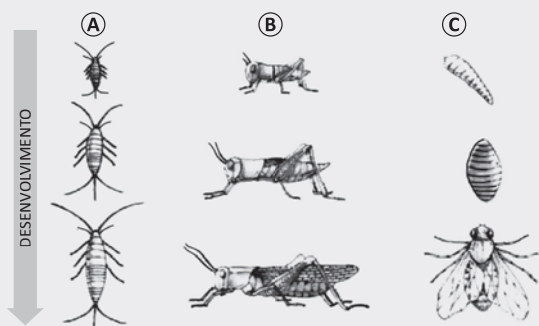
- A** *Os pés ambulacrais são estruturas externas típicas do filo Echinodermata. As classes desse filo são: Asteroidea (estrelas-do-mar), Crinoidea (lírios-do-mar), Echinoidea (ouriços-do-mar e bolachas-da-praia), Holothuroidea (pepinos-do-mar) e Ophiuroidea (serpentes-do-mar). Qualquer*



combinação de duas dessas classes, com exemplificação adequada, responde a essa parte da questão.

- B** Os equinodermos têm sexo separado, ou seja, são dioicos e podem se reproduzir assexuadamente, por regeneração, ou sexuadamente. Na reprodução sexuada, os óvulos e espermatozoides são eliminados na água, ocorrendo, portanto, fecundação externa. O desenvolvimento é indireto, podendo haver uma ou mais formas larvais.

**04| UEG** Os insetos têm grande importância ecológica como elos fundamentais em cadeias alimentares, ora sendo pragas agrícolas causando prejuízos à pecuária e à agricultura, ora sendo agentes polinizadores de plantas cultivadas causando benefícios ao homem. Exercendo diferentes funções, possuem durante seu desenvolvimento, fases distintas até atingir a vida adulta, conforme ilustrado abaixo:



AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia dos organismos: classificação, estrutura e função nos seres vivos*. São Paulo: Moderna, 2000. p.262.

- A** Com base na análise das figuras, identifique os tipos de desenvolvimento representados em A, B e C.
- B** Explique a diferença representada em B e C.
- C** A que filo pertence os grupos representados (A, B e C)?

**Resolução:**

- A**
- A. Desenvolvimento direto, sem metamorfose (ametábolo)
  - B. Desenvolvimento indireto, com metamorfose incompleta (hemimetábolo)
  - C. Desenvolvimento indireto, com metamorfose completa (holometábolo)
- B** Em B, as formas jovens, as ninfas, já têm alguma semelhança com o adulto. A cada muda, a seme-

lhança se torna maior. As mudanças ocorrem gradualmente até atingir a fase adulta.

Em C, o indivíduo que eclode do ovo é pequeno e possui corpo segmentado, que pode ou não apresentar patas, e não tem olhos e asas, fase larval. O organismo passa por sucessivas mudas, até atingir a fase de pupa ou crisálida. Uma vez formado, o adulto rompe a cutícula pupal e emerge.

- C** Filo Arthropoda

**05| PUC** “Os zoólogos estimam que existam aproximadamente um bilhão de artrópodes vivendo na Terra. Mais de um milhão de espécies de artrópodes já foram descritas. De fato, duas de cada três espécies conhecidas são artrópodes, e os membros desse filo podem ser encontrados em quase todos os habitats da biosfera. Pelo critério de diversidade de espécies, distribuição e números absolutos, os artrópodes devem ser considerados como os mais bem sucedidos de todos os filos animais.”

(trecho retirado de Campbell et al. *Biologia*. Porto Alegre: Artmed, 2010)

Discorra sobre as principais características dos artrópodes e as adaptações que permitiram o enorme sucesso evolutivo do grupo.

**Resolução:**

Artrópodes são animais triblásticos e celomados com simetria bilateral. Apresentam corpo segmentado formando tagmas (regiões distintas, como cabeça, tórax ou abdômen, formadas pela fusão de segmentos), um exoesqueleto formado por quitina e apêndices articulados acionados por músculos de contração rápida. O grande sucesso evolutivo do grupo se deve principalmente à presença de um exoesqueleto com função de proteção do corpo contra predadores e patógenos e de impermeabilização nas formas terrestres, impedindo a desidratação e a especialização de segmentos, regiões e apêndices. Os artrópodes foram capazes de colonizar um grande número de habitats muito em função da multifuncionalidade dos seus apêndices (usados para a locomoção terrestre ou aquática, para respiração, para mastigação, para sucção de néctar e sangue etc.) e do desenvolvimento de asas (para a utilização do espaço aéreo).

Artrópodes terrestres, como insetos, quilópodes e diplópodes, desenvolveram estruturas respiratórias chamadas traqueias, que diminuem a perda de água durante o processo respiratório.



## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01 | UFJF** A tirinha abaixo ilustra um diálogo entre uma forma imatura e uma forma adulta de uma espécie de borboleta (Lepidoptera).



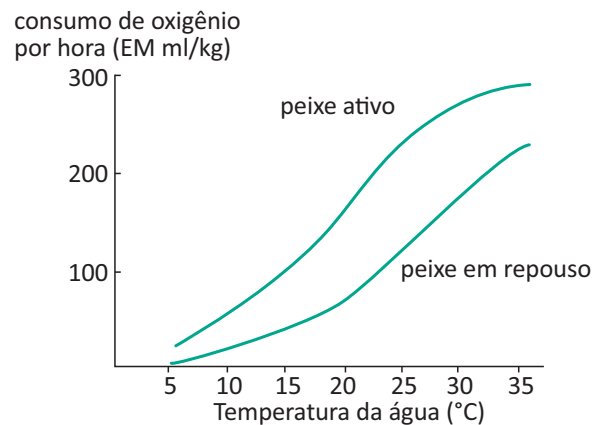
- A** O tipo de desenvolvimento ilustrado na tirinha é denominado holometabolia ou metamorfose completa. Qual a consequência desse tipo de desenvolvimento apresentado pelos insetos?
- B** Diferencie o desenvolvimento direto e a metamorfose incompleta.
- C** Em função de possuírem exoesqueleto, com constituição de quitina, o crescimento dos insetos ocorre de maneira diferente. Explique.

**02 | UNICAMP** Um zoólogo recebeu um animal marinho encontrado em uma praia. Ao tentar identificá-lo com o auxílio de uma lupa, o pesquisador notou, na superfície corporal do animal, a presença de espinhos e de estruturas tubulares, identificadas como pés ambulacrais.

- A** Com base nesses elementos da anatomia externa, determine o filo a que pertence o animal em análise. Nomeie uma classe desse filo e dê um exemplo de um animal que a represente.
- B** Explique como ocorre a reprodução dos animais pertencentes a esse filo.

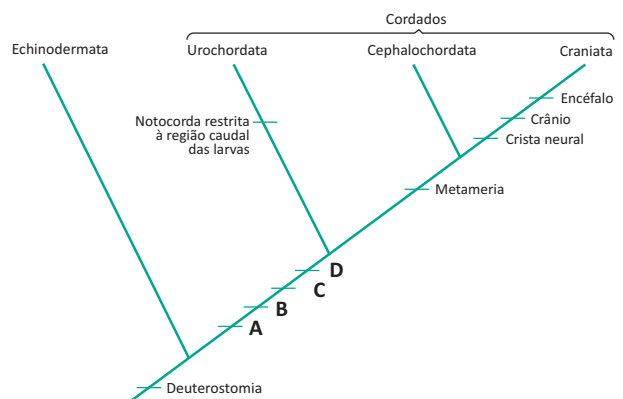
**03 | UFG** Os mamíferos surgiram a partir da evolução de um grupo de répteis primitivos entre 245 e 208 milhões de anos atrás. Atualmente, ocupam os mais diversos ambientes e estão distribuídos em três grupos: prototérios, metatérios e eutérios. Com base no desenvolvimento embrionário, explique a diferença entre esses três grupos, citando exemplo de cada grupo.

**04 | UDESC** Os peixes são considerados animais pecilotérmicos e sofrem a influência direta da temperatura ambiental. O gráfico a seguir representa a relação entre o consumo de oxigênio de um peixe – primeiramente em repouso e, posteriormente, em atividade – e a temperatura da água.



Comente como podemos comprovar que os peixes são pecilotérmicos e não homeotérmicos, de acordo com os dados do gráfico.

**05 | UEG** Na evolução dos deuterostômios, uma linhagem derivou para o grupo dos equinodermos e outra, para o grupo dos hemicordados e dos cordados, conforme representado no cladograma abaixo:



LOPES, S.; ROSSO, S. *Bio*. São Paulo: Saraiva, 2010. p. 384. (Adaptado).

Após a análise do cladograma e considerando os conhecimentos sobre os cordados, responda ao que se pede.

- A** Quais características representadas em A, B, C e D que são exclusivas do filo Chordata?
- B** Por que o desenvolvimento da mandíbula durante a evolução dos cordados foi uma das inovações mais significativas desse grupo?

**06| UFJF** “O leitor já presenciou um encontro do mineiro com o mar? Eu já. E não quero ver de novo.

Abandona-se tudo, roupas pelo caminho, carro na calçada, mãe no hospital, tudo passa, na lógica sedenta de sal, a ser secundário e pouco importante, frente às azuis possibilidades marítimas.

É, velho mar, eu te admiro e canto, mas de longe. Não que eu não queira você por perto. Quero, juro que sim. Mas acontece que você, sei lá porque, não quis salgar Minas. E eu (confesso baixinho), eu não tenho talento para ser feliz fora daqui. Até já tentei, mas minha alegria fixou residência entre as montanhas e disse que não sai, daqui ninguém me tira. Que posso fazer? Você compreende, não posso abandonar minha alegria, visita tão rara. Longe do mar, mas perto de mim. Que suas ondas, doces e eternas, me abençoem e perdoem essa inclinação da gratidão.”

Crônica de Felipe Peixoto Braga Netto

(alagoano), extraída do livro *As Coisas Simpáticas da Vida* (Editora Landy, 2007).

- A** Considerando o imperdoável erro de a geopolítica ter negado a Minas Gerais um tiquinho de mar, apresente um filo de invertebrados atuais que não tem representantes naturais (não ocorre naturalmente) no território mineiro.
- B** Por outro lado, as planárias têm representantes marinhos, de água doce e terrestres, e alguns desses podem ser encontrados em Minas Gerais. Uma característica distintiva da planária é seu sistema urinário (excretor), composto por células – flama ou solenócitos. Descreva essa estrutura e explique qual o seu papel no processo de excreção.
- C** Na grande maioria, os invertebrados marinhos são isosmóticos (ou isotônicos) em relação ao meio. Os peixes marinhos (ou de água doce), ao contrário, são obrigados a osmorregular, com gasto energético. Por que um peixe ósseo marinho precisa osmorregular e como ele realiza esse processo?

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| ENEM** As fêmeas de algumas espécies de aranhas, escorpiões e de outros invertebrados predam os machos após a cópula e inseminação. Como exemplo, fêmeas canibais do inseto conhecido como louva-a-deus, *Tenoderaaridofolia*, possuem até 63% da sua dieta composta por machos parceiros. Para as fêmeas, o canibalismo sexual pode assegurar a obtenção de nutrientes importantes na reprodução. Com esse incremento na dieta, elas geralmente produzem maior quantidade de ovos.

BORGES, J. C. **Jogo mortal**. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 1 mar. 2012 (adaptado).

Apesar de ser um comportamento aparentemente desvantajoso para os machos, o canibalismo sexual evoluiu nesses táxons animais porque

- A** promove a maior ocupação de diferentes nichos ecológicos pela espécie.
- B** favorece o sucesso reprodutivo individual de ambos os parentais.
- C** impossibilita a transmissão de genes do macho para a prole.
- D** impede a sobrevivência e reprodução futura do macho.
- E** reduz a variabilidade genética da população.

**02| ENEM** Diferente do que o senso comum acredita, as lagartas de borboletas não possuem voracidade generalizada. Um estudo mostrou que as borboletas de asas

transparentes da família *Ithomiinae*, comuns na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica, consomem, sobretudo, plantas da família *Solanaceae*, a mesma do tomate. Contudo, os ancestrais dessas borboletas consumiam espécies vegetais da família *Apocinaceae*, mas a quantidade dessas plantas parece não ter sido suficiente para garantir o suprimento alimentar dessas borboletas. Dessa forma, as solanáceas tornaram-se uma opção de alimento, pois são abundantes na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica.

Cores ao vento. Genes e fósseis revelam origem e diversidade de borboletas sul-americanas.

Revista Pesquisa FAPESP. N° 170, 2010 (adaptado).

Nesse texto, a ideia do senso comum é confrontada com os conhecimentos científicos, ao se entender que as larvas das borboletas *Ithomiinae* encontradas atualmente na Mata Atlântica e na Floresta Amazônica, apresentam

- A** facilidade em digerir todas as plantas desses locais.
- B** interação com as plantas hospedeiras da família *Apocinaceae*.
- C** adaptação para se alimentar de todas as plantas desses locais.
- D** voracidade indiscriminada por todas as plantas existentes nesses locais.
- E** especificidade pelas plantas da família *Solanaceae* existentes nesses locais.

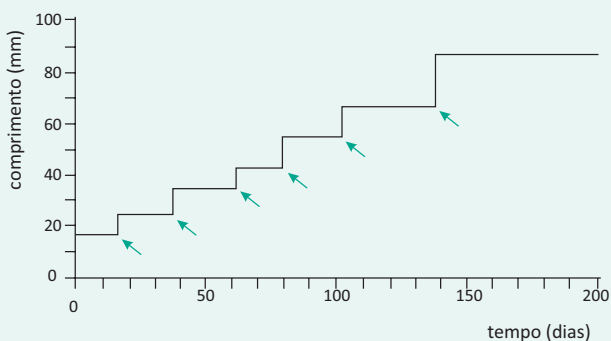
**03| ENEM** As estrelas-do-mar comem ostras, o que resulta em efeitos econômicos negativos para criadores e pescadores. Por isso, ao se depararem com esses predadores em suas dragas, costumavam pegar as estrelas-do-mar, parti-las ao meio e atirá-las de novo à água. Mas o resultado disso não era a eliminação das estrelas-do-mar, e sim o aumento do seu número.

DONAVEL, D. A bela é uma fera. Super Interessante. Disponível em: <http://super.abril.com.br>. Acesso em: 30 abr. 2010 (adaptado).

A partir do texto e do seu conhecimento a respeito desses organismos, a explicação para o aumento da população de estrelas-do-mar, baseia-se no fato de elas possuírem

- A** papilas respiratórias que facilitaram sua reprodução e respiração por mais tempo no ambiente.
- B** pés ambulacrários que facilitaram a reprodução e a locomoção do equinodermo pelo ambiente aquático.
- C** espinhos na superfície do corpo que facilitaram sua proteção e reprodução, contribuindo para a sua sobrevivência.
- D** um sistema de canais que contribuíram na distribuição de água pelo seu corpo e ajudaram bastante em sua reprodução.
- E** alta capacidade regenerativa e reprodutiva, sendo cada parte seccionada capaz de dar origem a um novo indivíduo.

**04| UERJ** No gráfico, está indicado o tamanho de um animal terrestre ao longo de um determinado período de tempo, a partir de seu nascimento.



Nomeie o filo a que esse animal pertence, justificando sua resposta.

Nos pontos indicados pelas setas, ocorre um processo relevante para o desenvolvimento desse animal até a fase adulta. Nomeie esse processo e aponte a razão de sua importância.

**05| IFSP** Um aluno fez três observações sobre um animal que o professor de ciências deu a ele para estudar. O animal apresenta

- I. o corpo com esqueleto externo.
- II. três pares de patas.
- III. um par de antenas.

A partir das observações acima, conclui-se que o aluno estudava um

- A** inseto.
- B** aracnídeo.
- C** crustáceo.
- D** miriápode.
- E** caramujo.

**06| UEM** Com relação aos animais invertebrados, assinale a(s) alternativa(s) **correta(s)**.

- 01. A maioria das espécies do Filo Porifera é composta por animais sésseis, hermafroditas e marinhos, porém existem algumas espécies terrestres.
- 02. No Filo Mollusca existem espécimes com concha externa, como ostras e mexilhões, e também espécimes sem concha externa, como a lula e o polvo.
- 04. Os anelídeos são animais com o corpo formado por muitos metâmeros e que apresentam sistema excretor com um par de metanefrídeos por segmento.
- 08. As aranhas pertencem ao Subfilo Chelicerata e possuem o corpo marcadamente subdividido em cabeça, tórax e abdômen, com três pares de apêndices locomotores.
- 16. Os insetos apresentam olhos compostos, aparelhos bucais modificados de acordo com o hábito alimentar, e os órgãos excretores são os túbulos de Malpighi.

**07| PUC** No dia 18 de agosto de 1863, presenciava a cidade de Magdeburgo pomposo espetáculo, há muito anunciado no mundo científico da sábia Alemanha.

Era uma sessão extraordinária e solene da Sociedade Geral Entomológica, a qual chamava a postos não só todos os seus membros efetivos, honorários, correspondentes, como muitos convidados de ocasião, a fim de acolher e levar ao capitólio da glória um dos seus mais distintos filhos, um dos mais infatigáveis investigadores dos segredos da natureza, intrépido viajante, ausente da pátria desde anos e

de volta da América Meridional, em cujas regiões centrais por tal forma se embrenhara, que impossível havia sido seguir-lhe o roteiro, até nos mapas e cartas especiais do grande colecionador Simão Schropp.

Revestira-se de mil galas a ciência. Todos os sócios de casaca preta, gravata e luvas brancas, alguns com discursos nos bolsos, enchiam a sala das sessões muito antes da hora marcada; a orquestra executava a sonata n<sup>o</sup> 26 de Luís van Beethoven, e senhoras ostentavam *toilettes* ricas e de aprimorado gosto.

De repente atroou um grito:

Vivat Meyer! Hurrah! Vivat!

E, ao passo que todos os pescoços se estiravam para ver quem entrava, sacudiam-se no ar com entusiasmo lenços e chapéus.

Acalmada a ruidosa manifestação, levantou-se o presidente da Sociedade Entomológica, um presidente magro como um espeto e ornamentado de ruiva cabeleira que lhe dava aspecto de um projeto de incêndio.

— Sim! exclamou ele depois de ter bebido uns goles d'água açucarada e de haver preparado a garganta; eis enfim, aqui, no meio de nós, o grande, o vencedor, o incomparável Guilherme TembelMeyer!...

E neste gosto falou duas horas seguidas.

No dia seguinte, traziam as gazetas de Magdeburgo extensa relação da festa, transcreviam o discurso do presidente e, como apêndice às notas biográficas relativas a Meyer, enumeravam os prodígios entomológicos que havia recolhido em suas dilatadas peregrinações.

“O que há de mais digno de admiração, dizia *O Tempo (Die Zeit)*, em toda a imensa coleção trazida pelo Dr. Meyer das suas viagens, é sem contestação uma borboleta, gênero completamente novo e de esplendor acima de qualquer concepção. É a *PapilioInnocentia*... (Seguia-se uma descrição de minuciosidade perfeitamente germânica.)

O nome, acrescentava a folha, dado pelo eminente naturalista àquele soberbo espécimen, foi graciosa homenagem à beleza de uma donzela (*Mädchen*) dos desertos da província de Mato Grosso (Brasil), criatura, segundo conta o Dr. Meyer, de fascinadora formosura. Vê-se, pois, que também os sábios possuem coração tangível e podem, por vezes, usar da ciência como meio de demonstrar impressões sentimentais que muitos lhes que-rem recusar...”

Inocência, coitadinha...

Exatamente nesse dia fazia dois anos que o seu gentil corpo fora entregue à terra, no imenso sertão de Santana do Paranaíba, para aí dormir o sono da eternidade.

(TAUNAY, Visconde de. *Inocência*. São Paulo: FTD, 1996, p. 180-181. [Coleção Grandes Leituras.]

O texto faz referência a uma Sociedade Geral Entomológica e enfatiza a existência de ilustres membros, nas mais diversas categorias: efetivos, honorários e correspondentes. Sabendo-se que a Entomologia é a ciência que estuda os insetos sob todos os seus aspectos e relações com o homem, as plantas, os animais e o meio ambiente, assinale a alternativa correta:

- A** Os insetos são invertebrados com exoesqueleto quitinoso, corpo dividido em três segmentos (cabeça, tórax e abdômen), três pares de patas articuladas, olhos compostos e duas antenas.
- B** Os insetos podem ser encontrados em poucos ecossistemas do planeta e apresentam um grande número de espécies que se adaptaram à vida nos oceanos.
- C** **As centopeias, os escorpiões e as aranhas são insetos** da classe Hymenoptera e apresentam metamorfose completa.
- D** **Todos os insetos são ovíparos com fecundação externa** e nascem a partir de ovos depositados por sua genitora em locais propícios ao seu desenvolvimento.

**08 | FGV** Mosquitos psicodídeos são bastante comuns nos banheiros das residências, sendo geralmente inofensivos ao ser humano, exceto quando ocorre o transporte de patógenos em suas pernas, ao pousarem em diferentes locais.

As figuras ilustram o adulto e a larva do inseto conhecido popularmente como “mosca de banheiro”.

**Adulto**



**Larva**



(<http://aramel.free.fr>)

Tanto os adultos como as larvas alimentam-se de matéria orgânica, originada pela proliferação de micro-organismos existentes no ambiente doméstico.

A utilização de produtos de limpeza contendo cloro, como a água sanitária, é uma medida indicada para a higiene domiciliar, pois atua

- A** reduzindo o tamanho populacional, tanto dos insetos como dos micro-organismos patógenos.
- B** interrompendo a metamorfose dos insetos e dos micro-organismos patógenos, impedindo-os de chegarem à fase reprodutiva.
- C** esterilizando as formas larvais e impossibilitando a contaminação dos adultos pelos micro-organismos patógenos.
- D** impedindo o contágio pelos micro-organismos patógenos, através da picada dos insetos adultos em humanos.
- E** descontaminando os insetos adultos, com relação à presença dos micro-organismos patógenos.

**09 | ESCS** A biologia de afídeos é bizarra: as fêmeas podem nascer grávidas. Esses insetos exibem um padrão de reprodução por partenogênese, e os machos, às vezes, não têm boca, o que acarreta a sua morte pouco tempo depois do acasalamento. Uma pesquisa mais recente mostrou que, além de apresentarem essas anomalias, afídeos — *Acyrtosiphon pisum* — podem absorver energia luminosa e transferi-la para um tipo de maquinaria celular envolvida na produção de energia. Nesse estudo, esses insetos passaram por ciclos de exposição em ambientes com e sem luz. Após cada ciclo, foi medida a quantidade de ATP produzida por eles. Quando os pulgões eram colocados em um lugar iluminado, a síntese de ATP era duas vezes maior do que quando colocados em ambientes sem luz.

Internet: <www.oglobo.globo.com> (com adaptações).

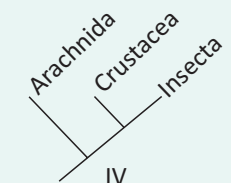
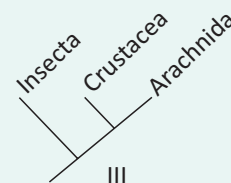
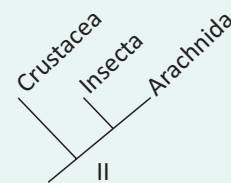
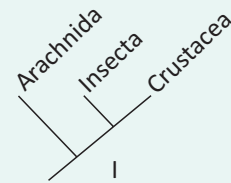
Tendo o texto acima como referência inicial e a respeito dos múltiplos aspectos que ele suscita, assinale a opção correta.

- A** Nos afídeos, o transporte de gases é feito pelo sistema circulatório e atende às necessidades metabólicas desses insetos.

- B** Os insetos referidos no texto apresentam um padrão de reprodução em que as fêmeas não precisam ser fecundadas para dar origem a outras fêmeas.
- C** O processo de produção de energia referido no texto é a fotossíntese, por meio da qual afídeos utilizam o oxigênio como matéria-prima, além de eliminarem o dióxido de carbono.
- D** Assim como as plantas, os afídeos produzem glicose a partir do ATP obtido na alimentação.

**10 | PUC** Analise o texto e os diagramas a seguir.

Entomologia, carcinologia e aracnologia são ramos da Biologia que estudam os insetos, os crustáceos e os aracnídeos, respectivamente. Dois desses grupos incluem organismos mais aparentados evolutivamente um com o outro do que com o terceiro, por compartilharem a condição de possuírem antenas e mandíbulas.



Os diagramas que representam corretamente a relação de parentesco mencionada no texto são apenas

- A** I e II.
- B** I e III.
- C** I e IV.
- D** II e IV.
- E** II, III e IV.



## ENERGIA E TRABALHO



Não podemos imaginar nossa realidade sem energia, desde a energia elétrica em nossas casas, a mais essencial de todas, até a Solar, no entanto, muitas vezes, não sabemos discernir sequer o que é energia, como ela surge ou é transformada e como podemos nos beneficiar desta transformação.

Estes pontos serão, ao menos parcialmente, discutidos neste tópico.

## ENERGIA

Energia é um termo que deriva do grego “ergos” cujo significado original é trabalho. Energia na Física está associado à capacidade de qualquer corpo produzir trabalho, ação ou movimento. Ela apresenta-se sob diversas formas: mecânica, elétrica, térmica, nuclear, etc. É possível que ocorra a transformação de um tipo de energia em outra, mas o total de energia do sistema considerado se mantém constante.

Assim, trabalho é basicamente algo que se realiza sobre um corpo enquanto que energia é algo que o corpo (ou o sistema) possui. A unidade utilizada para energia é Joule (J).

### AS MODALIDADES PRINCIPAIS DE ENERGIA DAS QUAIS IREMOS TRATAR SÃO

**Energia Potencial:** é a energia armazenada em um corpo devido a sua posição ou configuração.

**A Energia Potencial pode ser de várias modalidades:** Potencial Elétrica, Potencial Gravitacional e Elástica.

#### Energia Potencial Gravitacional

É a energia que corresponde ao trabalho que a força Peso realiza.

É obtida quando consideramos o deslocamento de um corpo na vertical, tendo como origem o nível de referência (solo, chão de uma sala, ...).

$$E_{pG} = P.h = m.g.h$$

A medida em que o corpo cai, ele vai ficando mais rápido, ganhando Energia Cinética e, como a altura diminui, ele perde Energia Potencial Gravitacional.

## COMENTÁRIO DE FEYNMAN



Abaixo está a definição de energia que foi apresentada pelo físico Richard Feynman. Essa definição também aborda o princípio da conservação de energia:

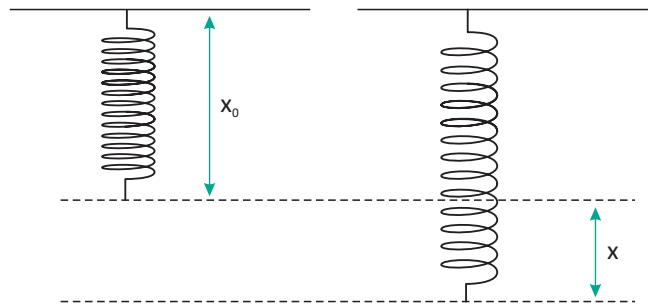
"Trata-se de uma ideia extremamente abstrata, por ser um princípio matemático; diz que há uma quantidade numérica que não se altera quando algo acontece.

Não é a descrição de um mecanismo ou de algo concreto; é apenas o fato estranho de que podemos calcular certo número e, quando terminamos de observar a natureza em suas peripécias e calculamos o número de novo, ele é o mesmo."

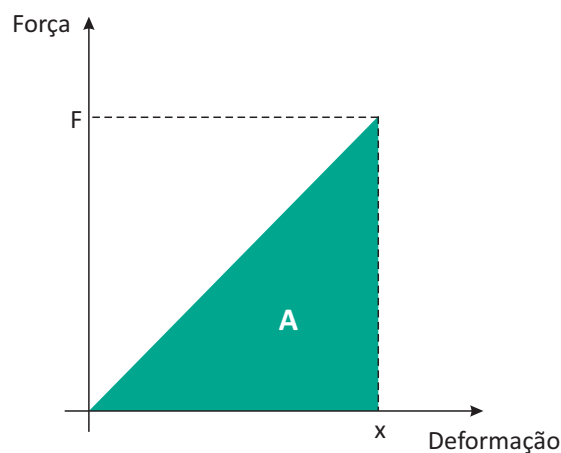
<http://fisicadodebom.blogspot.com.br/2009/10/energia-e-trabalho-no-dia-dia-o-termo.html>

### Energia Potencial Elástica

Corresponde ao trabalho que a força Elástica realiza.



Como a força elástica é uma força variável, seu trabalho é calculado através do cálculo da área do seu gráfico, cuja Lei de Hooke diz ser:



Como a área de um triângulo é dada por:

$$A = \frac{\text{Base} \times \text{Altura}}{2}$$

Então:

$$\tau_{\text{Fel}} = E_{\text{el}} = \frac{\text{deformação} \times \text{altura}}{2}$$

$$E_{\text{el}} = \frac{K \cdot x \cdot x}{2} = \frac{K \cdot x^2}{2}$$

### ENERGIA CINÉTICA

É a energia que está relacionada ou associada ao movimento dos corpos.

Essa equação vem baseada em outras três fórmulas, as de Torricelli, Princípio da Dinâmica e Fórmula do trabalho, como veremos adiante.

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

### QUADRO DE UNIDADES PARA ENERGIA

	ENERGIA	MASSA	VELOCIDADE
No SI	joule	kg	m/s
No CGS	erg	g	cm/s
No MK*S	kgm	utm	m/s



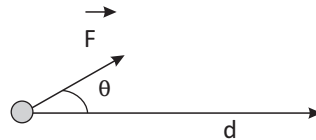
**TRABALHO DE UMA FORÇA ( $\tau$ )**

O trabalho de uma força é a sua componente, na direção do movimento, multiplicado pela distância percorrida.

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

Onde:

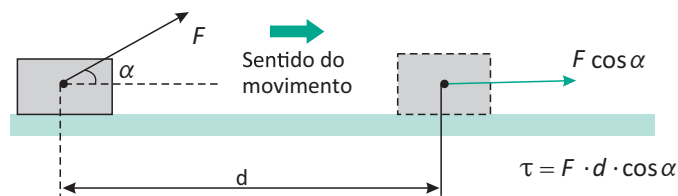
- $F$  é a força aplicada ao corpo;
- $d$  é o deslocamento do corpo;
- $\theta$  é o ângulo entre a aplicação da força e o deslocamento.



**CASOS IMPORTANTES**

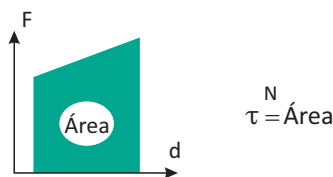
$\cos 0^\circ = 1$	$\tau = F \cdot d$	
$\cos 90^\circ = 0$	$\tau = 0$	
$\cos 180^\circ = -1$	$\tau = -F \cdot d$	

**TRABALHO DE UMA FORÇA CONSTANTE**

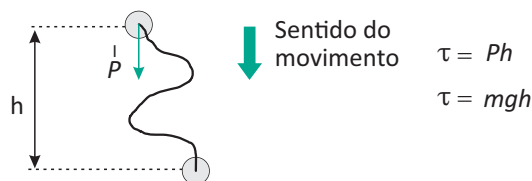


O trabalho realizado por uma força constante será sempre positivo se a componente da força for no mesmo sentido do movimento e negativo se for no sentido contrário, como vimos nos casos importantes apresentados acima.

**GRÁFICO DE UMA FORÇA VARIÁVEL EM FUNÇÃO DA DISTÂNCIA**



**TRABALHO DA FORÇA PESO**



O trabalho da força peso independe da trajetória

### RELAÇÃO ENTRE TRABALHO E ENERGIA

$$\tau = F \cdot \Delta S$$

$$\tau = m \cdot a \cdot \Delta S$$

Utilizando a equação de Torricelli teremos:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S$$

$$\Delta S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

Substituindo no cálculo do trabalho:

$$\tau = m \cdot a \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

$$\tau = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\tau = \Delta E_c$$

### POTÊNCIA MÉDIA

Define-se potencia como sendo o tempo gasto para se realizar determinado trabalho.

Matematicamente a relação entre trabalho e tempo fica:

$$Pot_m = \frac{\tau}{\Delta t} = F \cdot v_m \cdot \cos \theta$$

Em que  $P_{ot}$  é a potência média,  $\Delta t$  é o intervalo de tempo gasto para a realização do trabalho e  $\tau$  é o trabalho realizado pelo corpo. Note-se que a Potência Média usa a velocidade média do corpo. A unidade de potência no Sistema Internacional é o watt, representado pela letra W. Esta foi uma homenagem ao matemático e engenheiro escocês James Watt. As outras medidas de potência são o cavalo-vapor e o horse-power. O termo cavalo-vapor foi dado por James Watt (1736-1819), que inventou a primeira máquina a vapor. James queria mostrar a quantos cavalos correspondia a máquina que ele produzira. Assim sendo, ele observou que um cavalo podia erguer uma carga de 75 kgf, ou seja,  $75 \cdot 9,8 \text{ N} = 735 \text{ N}$  a um metro de altura, em um segundo.

$$P = 735 \text{ N} \cdot 1\text{m}/1\text{s} = 735 \text{ W}$$

Feito tal observação, ele denominou que cavalo-vapor (cv) seria a potência de 735 W.

### POTÊNCIA INSTANTÂNEA

Quando o tempo gasto for infinitamente pequeno teremos a potência instantânea, ou seja:

$$Pot_i = F \cdot v \cdot \cos \theta$$

### RENDIMENTO

No dia a dia é comum falarmos em rendimento, seja na escola, no trabalho ou, até mesmo, quando queremos saber quantos quilômetros um automóvel faz com um litro de combustível. No estudo da Física, a noção de rendimento está ligada à energia e à potência.

Todas as vezes que uma máquina realiza um trabalho, parte de sua energia total é dissipada, por falha ou devido ao atrito. Lembrando que, essa energia dissipada não é perdida, ela é transformada em outros tipos de energia (Lei de Lavoisier). Assim sendo, considera-se a seguinte relação para calcular o rendimento:

$$\eta = \frac{P_u}{P_t}$$

Onde:

- $\eta$  é o rendimento da máquina;
- $P_u$  é a potência utilizada pela máquina;
- $P_t$  é a potência total recebida pela máquina.
- A potência total é a soma das potências útil e dissipada.

$$P_t = P_u + P_d$$

**R** EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01|** Um vaso de 2,0kg está pendurado a 1,2m de altura de uma mesa de 0,4m de altura. Sendo  $g = 10\text{m/s}^2$ , determine a energia potencial gravitacional do vaso em relação à mesa e ao solo.

**Resolução:**

$$m = 2\text{kg}$$

$$h_{vm} = 1,2\text{m (altura do vaso até a mesa)}$$

$$h_{ms} = 0,4\text{m (altura da mesa até o solo)}$$

$$h_{vs} = h_{vm} + h_{ms} = 1,6\text{m}$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

*A energia potencial gravitacional do vaso com relação à mesa.*

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h_{vm}$$

$$E_{pg} = 2 \cdot 10 \cdot 1,2 = 20 \cdot 1,2 = 24\text{J}$$

*A energia potencial gravitacional do vaso com relação ao solo.*

$$E_{pg} = m \cdot g \cdot h_{vs}$$

$$E_{pg} = 2 \cdot 10 \cdot 1,6 = 20 \cdot 1,6 = 32\text{J}$$

**02| FUVEST** No rótulo de uma lata de leite em pó lê-se “valor energético: 1509kj por 100g (361kcal)”. Se toda energia armazenada em uma lata contendo 400g de leite fosse utilizada para levantar um objeto de 10kg, a altura máxima atingida seria de aproximadamente ( $g = 10\text{m/s}^2$ )

**Resolução:**

$$100\text{g equivalem a } 1509\text{kJ}$$

$$1509 \times 4 = 6036\text{kJ} = 6036 \cdot 10^3\text{J que equivalem a } 400\text{g}$$

$$m = 10\text{kg}$$

$$g = 10\text{m/s}^2$$

*Como toda energia do leite será utilizada para elevar o objeto, podemos dizer que toda ela será convertida em energia potencial gravitacional.*

$$E_{\text{leite}} = E_{\text{potencial}}$$

$$E_{\text{leite}} = m \cdot g \cdot h$$

$$6036 \cdot 10^3 = 10 \cdot 10 \cdot h$$

$$h = 6036 \cdot 10$$

$$h = 60,36 \cdot 10^3\text{m}$$

$$h = 60,36\text{km}$$

**03|** Qual a potência média que um corpo desenvolve quando aplicada a ele uma força horizontal com intensidade igual a 12N, por um percurso de 30m, sendo que o tempo gasto para percorrê-lo foi 10s?

**Resolução:**

$$Pot_M = \frac{\tau}{\Delta t}$$

$$Pot_M = \frac{F \cdot \Delta s}{\Delta t} = \frac{12 \cdot 30}{10} = 36\text{W}$$

*E a potência instantânea no momento em que o corpo atingir 2m/s?*

$$Pot = F \cdot v = 12 \cdot 2 = 24\text{W}$$

**04|** Uma mola é deslocada 10cm da sua posição de equilíbrio; sendo a constante elástica desta mola equivalente à 50N/m, determine a energia potencial elástica associada a esta mola em razão desta deformação.

**Resolução:**

$$x = 10\text{cm} = 0,1\text{m}$$

$$k = 50\text{N/m}$$

$$E_{pel} = kx^2/2$$

$$E_{pel} = 50 \cdot 0,1^2/2$$

$$E_{pel} = 0,25\text{J}$$

**F** EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01|** Um bloco de massa igual a 1kg encontra-se preso sobre uma mola vertical que está deformada 10cm com relação à sua posição de equilíbrio. Após o bloco ser solto, ele é arremessado verticalmente para cima. Sendo o sistema livre de forças dissipativas e a constante elástica da mola equivalente à 50N/m, determine a altura máxima que o bloco alcançará em cm. (obs.: considere a massa da mola desprezível).

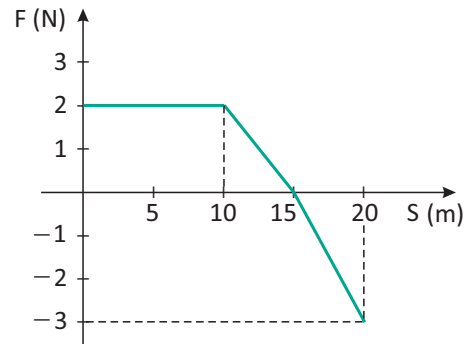
**02| FUND. CARLOS CHAGAS** Uma mola elástica ideal, submetida a ação de uma força de intensidade  $F = 10\text{N}$ , está deformada de 2,0cm. Calcule a energia elástica armazenada na mola.

**03| FUVEST** Um veículo para competição de aceleração (drag racing) tem massa  $M = 1100\text{kg}$ , motor de potência máxima  $P = 2,64 \cdot 10^6\text{W}$  (~ 3 500 cavalos) e possui um aerofólio que lhe imprime uma força aerodinâmica

vertical para baixo,  $F_a$ , desprezível em baixas velocidades. Tanto em altas quanto em baixas velocidades, a força vertical que o veículo aplica à pista horizontal está praticamente concentrada nas rodas motoras traseiras, de 0,40 m de raio. Os coeficientes de atrito estático e dinâmico, entre os pneus e a pista, são iguais e valem  $\mu = 0,50$ . Determine:

- A** A máxima aceleração do veículo quando sua velocidade é de 120 m/s, (432 km/h), supondo que não haja escorregamento entre as rodas traseiras e a pista. Despreze a força horizontal de resistência do ar.
- B** O mínimo valor da força vertical  $F_a$ , aplicada ao veículo pelo aerofólio, nas condições da questão anterior. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .
- C** A potência desenvolvida pelo motor no momento da largada, quando: a velocidade angular das rodas traseiras é  $\omega = 600 \text{ rad/s}$ , a velocidade do veículo é desprezível e as rodas estão escorregando (derrapando) sobre a pista.

- 04** O gráfico ao lado representa a ação de uma força sobre um corpo de massa 3 kg que se move em linha reta. Na posição  $S=0$ , ele está em repouso. Calcule sua velocidade em  $S=20 \text{ m}$ .



- 05** Uma caixa d'água localizada no décimo andar de um prédio está a 32 m de altura. Quando cheia, a caixa tem 4.500 de água. Calcule a energia potencial da porção de água em relação ao solo.

## T ENEM E VESTIBULARES

**01** **ENEM** Considere a ação de se ligar uma bomba hidráulica elétrica para captar água de um poço e armazená-la em uma caixa d'água localizada alguns metros acima do solo. As etapas seguidas pela energia entre a usina hidroelétrica e a residência do usuário podem ser divididas da seguinte forma:

- I. na usina: água flui da represa até a turbina, que aciona o gerador para produzir energia elétrica.
- II. na transmissão: no caminho entre a usina e a residência do usuário a energia elétrica flui por condutores elétricos.
- III. na residência: a energia elétrica aciona um motor cujo eixo está acoplado ao de uma bomba hidráulica e, ao girar, cumpre a tarefa de transferir água do poço para a caixa.

As etapas I, II e III acima mostram, de forma resumida e simplificada, a cadeia de transformações de energia que se processam desde a fonte de energia primária até o seu uso final. A opção que detalha o que ocorre em cada etapa é:

- A** Na etapa I, energia potencial gravitacional da água armazenada na represa transforma-se em energia potencial da água em movimento na tubulação, a qual lançada na turbina, causa a rotação do eixo do gerador elétrico e a correspondente energia cinética, dá lugar ao surgimento de corrente elétrica.

- B** Na etapa I, parte do calor gerado na usina se transforma em energia potencial na tubulação, no eixo da turbina e Joule no circuito interno do gerador.
- C** Na etapa II, elétrons movem-se nos condutores que formam o circuito entre o gerador e a residência: nessa etapa, parte da energia elétrica transforma-se em energia térmica por efeito Joule nos condutores e parte se transforma em energia potencial gravitacional.
- D** Na etapa III, a corrente elétrica é convertida em energia térmica, necessária ao acionamento do eixo da bomba hidráulica, que faz a conversão em energia cinética ao fazer a água fluir do poço até a caixa, com ganho de energia potencial gravitacional pela água.
- E** Na etapa III, parte da energia se transforma em calor devido a forças dissipativas (atrito). Na tubulação; e também por efeito Joule no circuito interno do motor; outra parte é transformada em energia cinética da água na tubulação e potencial gravitacional na caixa d'água.

- 02** **UDESC** Na realização de um experimento verificou-se a existência de uma constante de proporcionalidade entre a energia potencial gravitacional e a altura até onde um objeto era erguido. Neste caso, em termos

dimensionais, essa constante de proporcionalidade é equivalente a:

- A trabalho
- B potência
- C velocidade
- D aceleração
- E força

**03| UEPA** As conhecidas estrelas cadentes são na verdade meteoritos (fragmentos de rocha extraterrestre) que, atraídos pela força gravitacional da Terra, se aquecem ao atravessar a atmosfera, produzindo o seu brilho. Denotando a energia cinética por  $E_C$ , a energia potencial por  $E_P$  e a energia térmica por  $E_t$ , a sequência de transformações de energia envolvidas desde o instante em que o meteorito atinge a atmosfera são, nesta ordem:

- A  $E_C \rightarrow E_P$  e  $E_C \rightarrow E_t$
- B  $E_C \rightarrow E_P$  e  $E_P \rightarrow E_t$
- C  $E_P \rightarrow E_C$  e  $E_C \rightarrow E_t$
- D  $E_P \rightarrow E_t$  e  $E_t \rightarrow E_C$
- E  $E_t \rightarrow E_P$  e  $E_t \rightarrow E_C$

**04| UNIP** Uma pedra é lançada verticalmente para cima, de um ponto A, com velocidade de módulo  $V_1$ . Após um certo intervalo de tempo a pedra retorna ao ponto A com velocidade de módulo  $V_2$ . A respeito dos valores de  $V_1$  e  $V_2$  podemos afirmar:

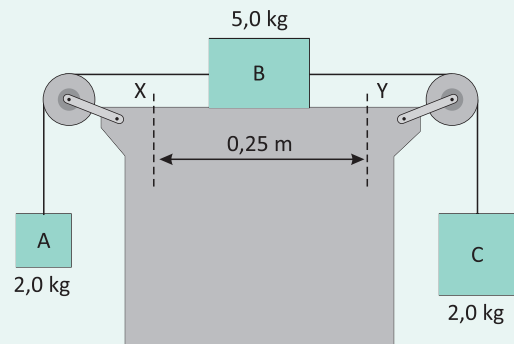
- I. Necessariamente  $V_1 = V_2$ .
- II. Desprezando o efeito do ar:  $V_1 = V_2$ .
- III. Levando em conta o efeito do ar:  $V_1 > V_2$ .
- IV. Levando em conta o efeito do ar:  $V_1 < V_2$ .

Responda mediante o código:

- A apenas I está correta
- B apenas II e IV estão corretas
- C apenas II e III estão corretas
- D apenas III está correta
- E apenas IV está correta

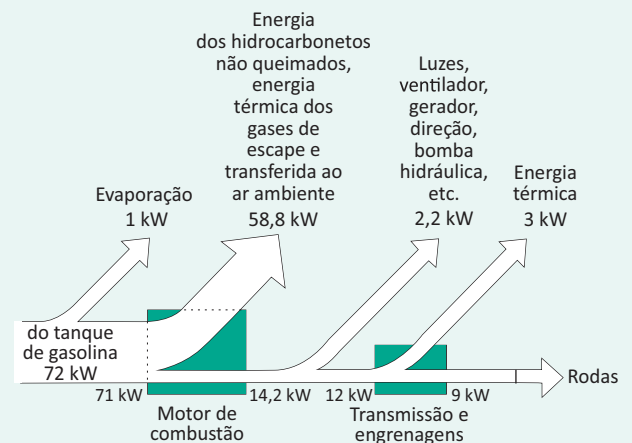
**05| MACK** No conjunto abaixo, os fios e as polias são ideais e o coeficiente de atrito cinético entre o bloco B e a mesa é igual a 0,2. Num dado instante, esse corpo passa pelo

ponto X com velocidade 0,50 m/s. No instante em que ele passar pelo ponto Y, a energia cinética do corpo A será:



- A 0,125J
- B 1,25J
- C 11,25J
- D 12,5J
- E 17J

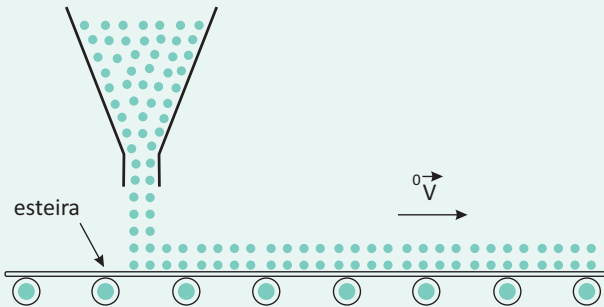
**06| ENEM** O esquema abaixo mostra, em termos de potência (energia/tempo), aproximadamente, o fluxo de energia, a partir de uma certa quantidade de combustível vinda do tanque de gasolina, em um carro viajando com velocidade constante.



O esquema mostra que, na queima da gasolina, no motor de combustão, uma parte considerável de sua energia é dissipada. Essa perda é da ordem de:

- A 80%
- B 70%
- C 50%
- D 30%
- E 20%

**07| ITA** Deixa-se cair continuamente areia de um reservatório a uma taxa de  $3,0 \text{ kg/s}$  diretamente sobre uma esteira que se move na direção horizontal com velocidade  $V$ . Considere que a camada de areia depositada sobre a esteira se locomove com a mesma velocidade  $V$ , devido ao atrito. Desprezando a existência de quaisquer outros atritos, conclui-se que a potência em watts, requerida para manter a esteira movendo-se a  $4,0 \text{ m/s}$ , é:



- A** 0
- B** 3
- C** 12
- D** 24
- E** 48

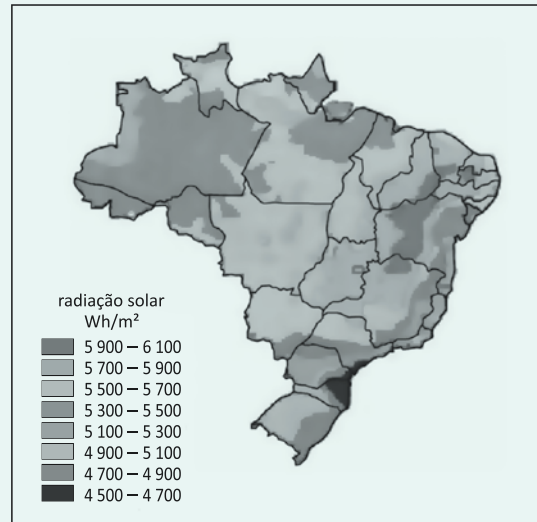
**08| UDESC** Três homens, João, Pedro e Paulo, correm com velocidades horizontais constantes de  $1,0 \text{ m/s}$ ,  $1,0 \text{ m/s}$  e  $2,0 \text{ m/s}$  respectivamente (em relação a O, conforme mostra a figura abaixo). A massa de João é  $50 \text{ Kg}$ , a de Pedro é  $50 \text{ kg}$  e a de Paulo é  $60 \text{ Kg}$ .



As energias cinéticas de Pedro e Paulo em relação a um referencial localizado em João são:

- A**  $0 \text{ J}$  e  $30 \text{ J}$
- B**  $25 \text{ J}$  e  $120 \text{ J}$
- C**  $0 \text{ J}$  e  $0 \text{ J}$
- D**  $100 \text{ J}$  e  $270 \text{ J}$
- E**  $100 \text{ J}$  e  $120 \text{ J}$

**09| UFTM** Analise a figura que apresenta a distribuição de incidência de radiação solar no Brasil em  $\text{wh/m}^2$ .



(Fernando Cabral e Alexandre Lago. Física 1, 2004. Adaptado.)

Considere que, num período de 10 horas, a energia solar coletada em um metro quadrado na região do Triângulo Mineiro seja igual ao limite inferior do intervalo indicado na figura. Ao erguer nesse local uma carga de  $2000 \text{ kg}$ , utilizando essa quantidade de energia solar coletada, poderíamos elevá-la a uma altura máxima, em metros, de

- A**  $10 000$ .
- B**  $10 260$ .
- C**  $11 550$ .
- D**  $12 250$ .
- E**  $15 000$ .

**10| ENEM** A energia geotérmica tem sua origem no núcleo derretido da Terra, onde as temperaturas atingem  $4.000^\circ\text{C}$ . Essa energia é primeiramente produzida pela decomposição de materiais radiativos dentro do planeta. Em fontes geotérmicas, a água, aprisionada em um reservatório subterrâneo, é aquecida pelas rochas ao redor e fica submetida a altas pressões, podendo atingir temperaturas de até  $370^\circ\text{C}$  sem entrar em ebulição. Ao ser liberada na superfície, à pressão ambiente, ela se vaporiza e se resfria, formando fontes ou gêiseres. O vapor de poços geotérmicos é separado da água e é utilizado no funcionamento de turbinas para gerar eletricidade. A água quente pode ser utilizada para aquecimento direto ou em usinas de dessalinização.

Roger A. Hinrichs e Merlin Kleinbach. Energia e meio ambiente. Ed. ABDR (com adaptações).

Depreende-se das informações acima que as usinas geotérmicas

- A** utilizam a mesma fonte primária de energia que as usinas nucleares, sendo, portanto, semelhantes os riscos decorrentes de ambas.
- B** funcionam com base na conversão de energia potencial gravitacional em energia térmica.
- C** podem aproveitar a energia química transformada em térmica no processo de dessalinização.
- D** assemelham-se às usinas nucleares no que diz respeito à conversão de energia térmica em cinética e, depois, em elétrica.
- E** transformam inicialmente a energia solar em energia cinética e, depois, em energia térmica.

**11 | FUVEST** Um homem de massa igual a 100Kg sobe 3 andares de um edifício. Qual é a ordem de grandeza da variação de sua energia potencial gravitacional, em joules?

Use os três andares como sendo aproximadamente iguais a 10m.

- A**  $10^1$
- B**  $10^2$
- C**  $10^3$
- D**  $10^4$
- E**  $10^5$

## ENERGIA MECÂNICA E SUA CONSERVAÇÃO

Dando continuidade ao tópico sobre energia, é muito importante lembrar que um pilar universal das ciências e do pensamento racional nos fala sobre o equilíbrio de tudo na natureza, assim, temos a fundamentação dos princípios de conservação.

O princípio da conservação se aplica desde o Momento Linear e Rotacional, passando pela Conservação das Cargas Elétricas, culminando na Energia, dentre elas a Mecânica responsável por transformações que geram o trabalho.

### ENERGIA MECÂNICA

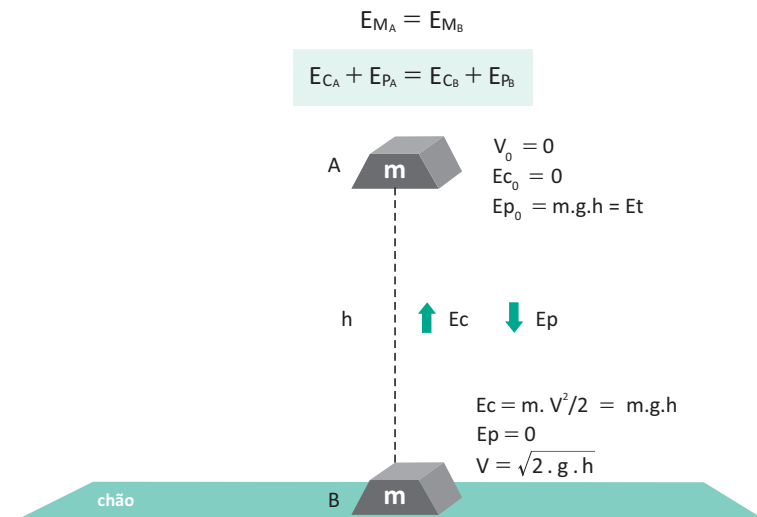
A energia mecânica, como dissemos acima, está associada a capacidade de se realizar trabalho mecânico. Desta forma, quando um objeto estiver em movimento ou com capacidade de realizar movimento, há então uma certa quantidade de energia mecânica associada a esta condição inicial.

#### CONSERVAÇÃO DA ENERGIA MECÂNICA

A energia mecânica ( $E_{mec}$ ) de um sistema é a soma da energia cinética e da energia potencial.

Quando um objeto está a uma altura  $h$ , ele possui energia potencial; à medida que está caindo, desprezando a resistência do ar, a energia potencial gravitacional do objeto que ele possui no topo da trajetória vai se transformando em energia cinética e quando atinge o nível de referência a energia potencial é totalmente transformada em energia cinética. Este é um exemplo de conservação de energia mecânica.

Na ausência de forças dissipativas, a energia mecânica total do sistema se conserva, ocorrendo transformação de energia potencial em cinética e vice-versa.





Uma excelente demonstração de como a energia em todas as suas modalidades é conservada e transformada, é descrita no texto de divulgação científica abaixo, acompanhe.

### CRISTAL DE LUZ CAPTURA ENERGIA SOLAR E ILUMINA-SE POR INTEIRO

As células solares de perovskita vieram para ficar, ainda mais que esse material pouco conhecido pode funcionar como célula solar de dia e tela à noite.

A perovskita é uma família de semicondutores com a fórmula  $(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{PbX}_3$ , onde o X pode ser iodo, bromo ou cloro. Imagine um painel solar feito de cristais puros e simples, visualmente sem diferença alguma de um pedaço plano de vidro – sem junções semicondutoras, sem transistores ou nenhum outro dispositivo parecido com as tradicionais células solares.

A luz atinge a superfície desse cristal e é absorvida, empurrando elétrons ao longo do material. Esses elétrons viajam facilmente através do cristal, até chegar a contatos elétricos instalados na sua parte inferior, onde são recolhidos na forma de corrente elétrica. Em outras palavras, um painel solar absolutamente "elegante", simples e transparente. Dong Shi e seus colegas das universidades de Toronto (Canadá) e Rei Abdullah (Arábia Saudita) desenvolveram uma técnica para cultivar cristais de perovskita grandes e puros, o que permitiu estudar pela primeira vez em detalhes o que ocorre quando os elétrons movem-se pelo material, seja acionados pelos fótons e saindo como eletricidade, seja entrando como eletricidade e produzindo fótons.

As células solares de perovskitas, em configurações mais complexas, já alcançaram a faixa dos 20% de eficiência, o que as coloca nos calcanhares das células solares de silício.

A equipe afirma que agora vai tentar bater novos records de eficiência juntando cristais de perovskita, excelentes absorvedores de luz visível, com pontos quânticos, excelentes absorvedores de luz infravermelha, de forma a aproveitar melhor todo o espectro da luz solar.

Outra área de atuação deverá ser o desenvolvimento de técnicas para ampliar a produção dos cristais de perovskita de grandes áreas, para que as promessas relatadas pela equipe possam começar a sair do laboratório.

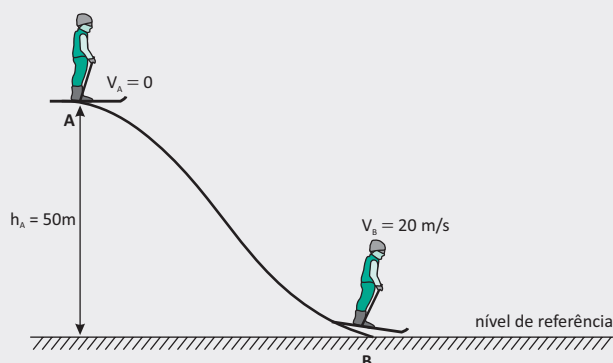


Redação do Site Inovação Tecnológica – 06/02/2015

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=cristais-de-luz&id=010115150206#VNzEJHF964>

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Um esquiador de massa 60 kg desliza de uma encosta, partindo do repouso, de uma altura de 50 m. Sabendo que sua velocidade ao chegar no fim da encosta é de 20 m/s, calcule a perda de energia mecânica devido ao atrito. Adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .



**Resolução:**

$$E_{MA} = E_{MB} + E_{dissipada}$$

$$E_{CA} + E_{PGA} = E_{CB} + E_{PGB} + E_{dissipada}$$

$$0 + mgh_A = \frac{mv_B^2}{2} + 0 + E_{dissipada}$$

$$60 \cdot 10 \cdot 50 = \frac{60 \cdot 20^2}{2} + E_{dissipada}$$

$$E_{DISSIPADA} = 18.000\text{J} = 18\text{kJ}$$

**02** Uma esfera de massa 5 kg é abandonada de uma altura de 45m num local onde  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Calcular a velocidade do corpo ao atingir o solo. Despreze os efeitos do ar.

**Resolução:**

Desprezando a resistência do ar, o sistema é conservativo, logo:

$$E_{MA} = E_{MB}$$

$$E_{CA} + E_{APG} = E_{BC} + E_{BPG}$$

$$\frac{mv_A^2}{2} + mgh_A = \frac{mv_B^2}{2} + mgh_B$$

$$\frac{v_A^2}{2} + gh_A = \frac{v_B^2}{2} + gh_B$$

$$\frac{0^2}{2} + 10 \cdot 45 = \frac{v_B^2}{2} + 10 \cdot 0$$

$$450 = \frac{v_B^2}{2}$$

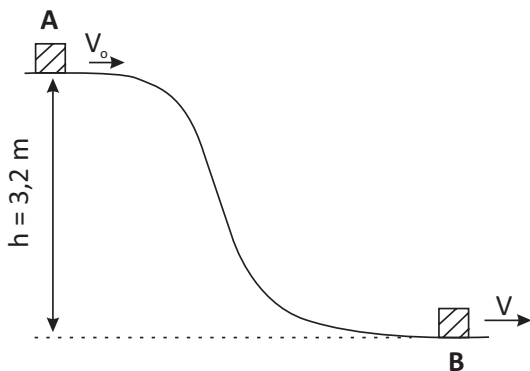
$$900 = v_B^2$$

$$v_B = \sqrt{900}$$

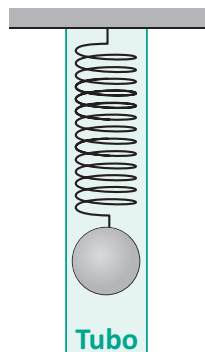
$$v_B = 30 \text{ m/s}$$

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01| Um pequeno bloco, posto em movimento a partir do ponto A com velocidade  $V_0 = 6 \text{ m/s}$ , desliza sem atrito até o ponto B, onde a sua velocidade é  $V$ . O intervalo de tempo de trânsito entre A e B é  $\Delta t = 1,0 \text{ s}$ . Calcule a componente horizontal da aceleração média do bloco, entre os pontos A e B, em  $\text{m/s}^2$ . Despreze a resistência do ar.

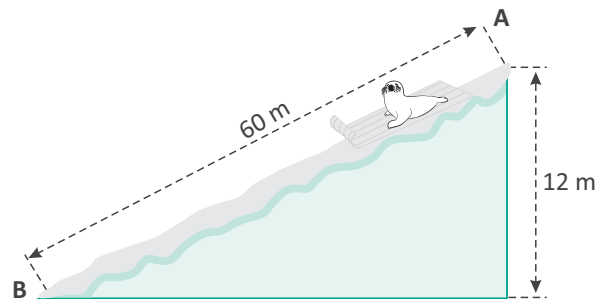


- 02| Uma bolinha de massa  $0,1 \text{ kg}$  está conectada a uma mola ideal de constante elástica igual a  $180 \text{ N/m}$ , como mostrado na figura. A bolinha é largada, a partir do repouso, quando a distensão da mola vale  $10 \text{ cm}$ . Calcule a velocidade da bolinha, em que ela passa pelo ponto onde a mola nem comprimida. Considere que a bolinha se move ao longo de um tubo vertical atrito.

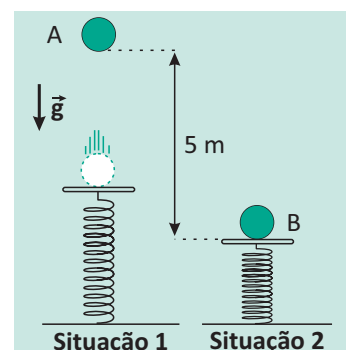


- 03| Uma foca de  $30,0 \text{ kg}$  sobre um trenó de  $5,0 \text{ kg}$ , com uma velocidade escalar inicial de  $4,0 \text{ m/s}$ , inicia a descida de uma montanha de  $60 \text{ m}$  de comprimento e  $12 \text{ m}$  de altura, atingindo a parte mais baixa da montanha com a velocidade escalar de  $10 \text{ m/s}$ . A energia mecânica que é transformada em calor será igual a?

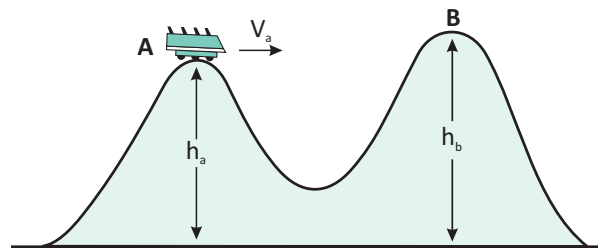
(considere  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ):



- 04| Na situação 1 da figura abaixo, uma esfera de massa  $2 \text{ kg}$  é abandonada do ponto A, caindo livremente e colidindo com o aparador que está ligado a uma mola de constante elástica  $2 \cdot 10^4 \text{ N/m}$ . As massas da mola e do aparador são desprezíveis. Não há perda de energia mecânica. Admita  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Na situação 2, a compressão da mola é máxima. As deformações da mola quando a esfera atinge sua velocidade máxima e quando ela está na posição B (situação 2) valem, respectivamente?

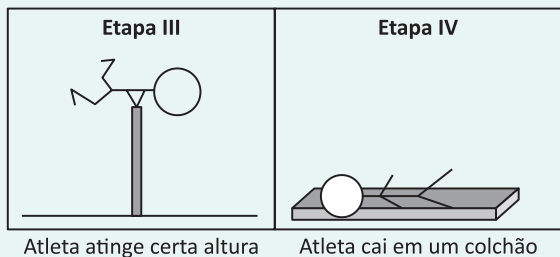
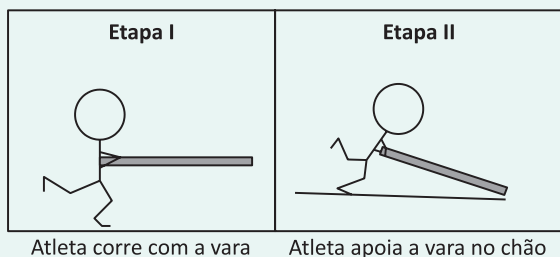


**05|** Nos momentos de lazer, nos parques de diversões, frequentemente, vemos famílias inteiras divertindo-se nos mais variados brinquedos. Um dos que mais chamam a atenção é a montanha-russa. Observe o esquema a seguir. Neste pequeno trecho, o carrinho da montanha-russa passa pelo ponto A com velocidade de 54 km/h. As alturas  $h_a$  e  $h_b$  valem, respectivamente, 15 metros e 25 metros. Desconsiderando toda e qualquer forma de atrito, calcule a velocidade com que o carrinho atingirá o ponto B.



## T ENEM E VESTIBULARES

**01| ENEM** Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:



Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que

- A** a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica representada na etapa IV.
- B** a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.
- C** a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.
- D** a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.
- E** a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III.

**02| UDESC** Uma partícula com massa de 200 g é abandonada, a partir do repouso, no ponto "A" da Figura 1. Desprezando o atrito e a resistência do ar, pode-se afirmar que as velocidades nos pontos "B" e "C" são, respectivamente:

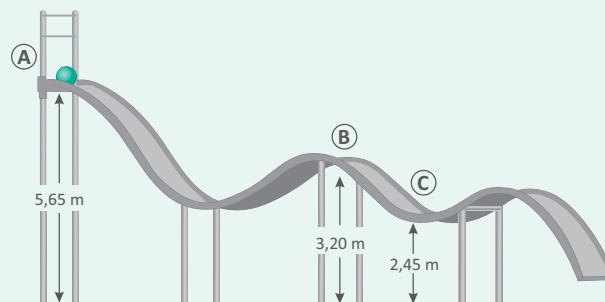


Figura 1

- A** 7,0 m/s e 8,0 m/s
- B** 5,0 m/s e 6,0 m/s
- C** 6,0 m/s e 7,0 m/s
- D** 8,0 m/s e 9,0 m/s
- E** 9,0 m/s e 10,0 m/s

**03| UNIFOR** O Ceará é hoje um dos principais destinos turísticos do país e uma das suas atrações é o Beach Park, um parque temático de águas. O toboágua, um dos maiores da América Latina, é uma das atrações preferidas e mais radicais, com uma altura de 41m. Considere uma criança deslizando desta altura e despreze o atrito. Analise as afirmações:



- I. Quanto maior for o peso da criança, maior a velocidade final alcançada.
- II. A energia cinética da criança, na chegada, depende da altura do toboágua.
- III. O tempo de queda não depende da altura do toboágua.
- IV. Se a descida fosse em linha reta, a velocidade final seria a mesma.

Marque a opção VERDADEIRA:

- A Somente a afirmativa II é correta.
- B As afirmativas II e III são corretas.
- C As afirmativas I e IV são corretas.
- D As afirmativas II e IV são corretas.
- E Somente a afirmativa IV é correta.

**04| FATEC** Uma bola de basquete é solta de uma altura de 1,0 metro e, a cada colisão com o chão, ela dissipa 10% de sua energia mecânica. Após 3 toques no chão, a bola atingirá uma altura de, aproximadamente,

- A 54 cm.
- B 63 cm.
- C 69 cm.
- D 73 cm.
- E 81 cm.

**05| FUVEST** Um esquetista treina em uma pista cujo perfil está representado na figura abaixo. O trecho horizontal AB está a uma altura  $h = 2,4$  m em relação ao trecho, também horizontal, CD. O esquetista percorre a pista no sentido de A para D. No trecho AB, ele está com velocidade constante, de módulo  $v = 4$  m/s; em seguida, desce a rampa BC, percorre o trecho CD, o mais baixo da pista, e sobe a outra rampa até atingir uma altura máxima H, em relação a CD. A velocidade do esquetista no trecho CD e a altura máxima H são, respectivamente, iguais a

NOTE E ADOTE

$g = 10 \text{ m/s}^2$

Desconsiderar:

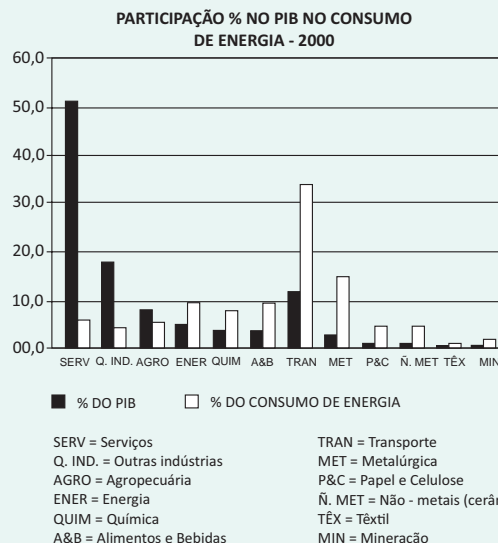
- Efeitos dissipativos.
- Movimentos do esquetista em relação ao esquite.

- A 5 m/s e 2,4 m.
- B 7 m/s e 2,4 m.
- C 7 m/s e 3,2 m.
- D 8 m/s e 2,4 m.
- E 8 m/s e 3,2 m.

**06| UEPB** O físico inglês James P. Joule, ao realizar medidas muito cuidadosas e repetindo-as inúmeras vezes, conseguiu obter uma relação entre energia mecânica e energia térmica. Um problema de aplicação deste tipo de relação é apresentado a seguir: Um projétil de  $1,0 \times 10^{-2}$  kg é disparado e penetra em 500g de um líquido extremamente viscoso de calor específico  $2,5 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$ , que está contido num recipiente de capacidade térmica desprezível a  $10^\circ\text{C}$ . Sabendo-se que, ao penetrar no líquido, o projétil logo vai ao repouso e provoca nesse líquido, uma elevação de temperatura de  $2,5^\circ\text{C}$ , pode-se afirmar que a velocidade com que o projétil penetra no líquido é:

- A 1,50 m/s
- B 55,9 m/s
- C 40,0 m/s
- D 0,50 m/s
- E 0,60 m/s
- F 25,0 m/s

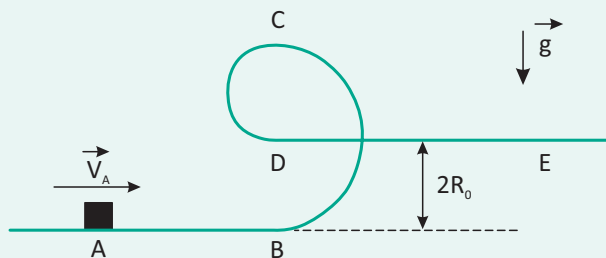
**07| ENEM** No século XXI, racionalizar o uso da energia é uma necessidade imposta ao homem devido ao crescimento populacional e aos problemas climáticos que o uso da energia, nos moldes em que vem sendo feito, tem criado para o planeta. Assim, melhorar a eficiência no consumo global de energia torna-se imperativo. O gráfico, a seguir, mostra a participação de vários setores da atividade econômica na composição do PIB e sua participação no consumo final de energia no Brasil.



Considerando os dados apresentados, a fonte de energia primária para a qual uma melhoria de 10% na eficiência de seu uso resultaria em maior redução no consumo global de energia seria

- A o carvão.
- B o petróleo.
- C a biomassa.
- D o gás natural.
- E a hidroeletricidade.

**08 | COVEST** A figura mostra uma pista que consiste de duas calhas horizontais, AB e DE, e de uma parte vertical. O trecho vertical da pista é formado por duas metades de circunferências de raios diferentes. O trecho BC tem raio  $2R_0$  enquanto o trecho CD tem raio  $R_0 = 1,1$  m. Um objeto é lançado no ponto A com velocidade  $V_A = 12$  m/s. Desprezando o atrito, qual a velocidade do objeto no ponto E?



- A** 12 m/s
- B** 10 m/s
- C** 8,0 m/s
- D** 6,0 m/s
- E** 4,0 m/s

**09 | ENEM** “Quatro, três, dois, um... Vá!” O relógio marcava 9h32min (4h32min em Brasília) na sala de comando da Organização Europeia de Pesquisa Nuclear (CERN), na fronteira da Suíça com a França, quando o narrador anunciou o surgimento de um flash branco nos dois telões. Era sinal de que o experimento científico mais caro e mais complexo da humanidade tinha dado seus primeiros passos rumo à simulação do Big Bang, a grande explosão que originou o universo. A plateia, formada por jornalistas e cientistas, comemorou com aplausos assim que o primeiro feixe de prótons foi injetado no interior do Grande Colisor de Hadrons (LHC—Large Hadrons Collider), um túnel de 27 km de circunferência construído a 100 m de profundidade. Duas horas depois, o segundo feixe foi lançado, em sentido contrário. Os feixes vão atingir velocidade próxima à da luz e, então, colidirão um com o outro. Essa colisão poderá ajudar a decifrar mistérios do universo.

CRAVEIRO, R. “Máquina do Big Bang” é ligada. Correio Braziliense, Brasília, 11 set. 2008, p. 34. (com adaptações).

Segundo o texto, o experimento no LHC fornecerá dados que possibilitarão decifrar os mistérios do universo. Para analisar esses dados provenientes das colisões no LHC, os pesquisadores utilizarão os princípios de transformação da energia. Sabendo desses princípios, pode-se afirmar que

- A** as colisões podem ser elásticas ou inelásticas e, em ambos os casos, a energia cinética total se dissipa na colisão.
- B** a energia dos aceleradores é proveniente da energia liberada nas reações químicas no feixe injetado no interior do Grande Colisor.
- C** o feixe de partículas adquire energia cinética proveniente das transformações de energia ocorridas na interação do feixe com os aceleradores.
- D** os aceleradores produzem campos magnéticos que não interagem com o feixe, já que a energia preponderante das partículas no feixe é a energia potencial.
- E** a velocidade das partículas do feixe é irrelevante nos processos de transferência de energia nas colisões, sendo a massa das partículas o fator preponderante.

**10 | ENEM** A energia geotérmica tem sua origem no núcleo derretido da Terra, onde as temperaturas atingem  $4.000^\circ\text{C}$ .

Essa energia é primeiramente produzida pela decomposição de materiais radiativos dentro do planeta. Em fontes geotérmicas, a água, aprisionada em um reservatório subterrâneo, é aquecida pelas rochas ao redor e fica submetida a altas pressões, podendo atingir temperaturas de até  $370^\circ\text{C}$  sem entrar em ebulição. Ao ser liberada na superfície, à pressão ambiente, ela se vaporiza e se resfria, formando fontes ou gêiseres. O vapor de poços geotérmicos é separado da água e é utilizado no funcionamento de turbinas para gerar eletricidade. A água quente pode ser utilizada para aquecimento direto ou em usinas de dessalinização.

HINRICH, Roger A. Energia e Meio Ambiente. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Sob o aspecto da conversão de energia, as usinas geotérmicas

- A** funcionam com base na conversão de energia potencial gravitacional em energia térmica.
- B** transformam inicialmente a energia solar em energia cinética e, depois, em energia térmica.
- C** podem aproveitar a energia química transformada em térmica no processo de dessalinização.
- D** assemelham-se às usinas nucleares no que diz respeito à conversão de energia térmica em cinética e, depois, em elétrica.
- E** utilizam a mesma fonte primária de energia que as usinas nucleares, sendo, portanto, semelhantes os riscos decorrentes de ambas.



**11| ENEM** Deseja-se instalar uma estação de geração de energia elétrica em um município localizado no interior de um pequeno vale cercado de altas montanhas de difícil acesso. A cidade é cruzada por um rio, que é fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca. Na região, que possui pequena extensão territorial, a incidência solar é alta o ano todo. A estação em questão irá abastecer apenas o município apresentado. Qual forma de obtenção de energia, entre as apresentadas, é a mais indicada para ser implantada nesse município de modo a causar o menor impacto ambiental?

- A** Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.
- B** Eólica, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.
- C** Nuclear, pois o modo de resfriamento de seus sistemas não afetaria a população.
- D** Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.
- E** Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.

## GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

É impossível olhar para os céus e não vislumbrar sua beleza e impressionar.

Desde os primórdios, o Cosmos nos encanta e nos chama a conhecê-lo, assim, grandes filósofos e cientistas dedicaram, e dedicam, suas vidas a conhecer melhor o que nos rodeia, como esta imensidão nos influencia e até onde podemos chegar. “Os céus são o limite”.

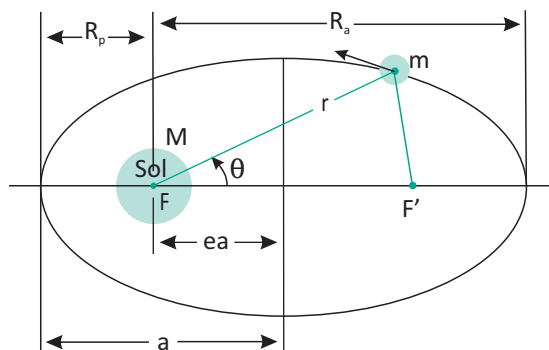
### AS LEIS DE KEPLER

No fim do século XVI, o astrônomo Tycho Brahe catalogou as posições dos planetas no firmamento. Seu principal discípulo, Johannes Kepler, de posse desses dados inestimáveis, enunciou as leis matemáticas para o movimento dos astros, em especial do planeta Marte. Tais leis matemáticas são conhecidas como Leis de Kepler.



### PRIMEIRA LEI DE KEPLER

Após inúmeras tentativas, Kepler conseguiu uma forma de trajetória que melhor se encaixava nos dados catalogados por Tycho Brahe acerca de Marte. Esta trajetória era a elipse:



No diagrama tem-se que a distância  $R_p$  representa a distância mínima do planeta ao Sol. Esta é a distância do periélio, ou seja, no caso da Terra, cuja massa é representada por  $m$ , a distância em que ela está mais próxima do Sol, cuja massa é representada por  $M$ . A distância  $R_a$  representa o raio maior, ou seja, do afélio, como exemplo do que ocorre no planeta Terra, é a distância máxima possível de ser alcançada por estes corpos. Este tipo de movimento acontece com os corpos orbitando em torno do centro de massa. Como a massa do Sol é muito maior que a massa da Terra, o centro de massa deste sistema dentro

do próprio Sol é a posição do foco **F**. O foco **F'** é um ponto localizado simetricamente ao foco **F**, no lado oposto da elipse. Este ponto é também conhecido como "foco vazio".

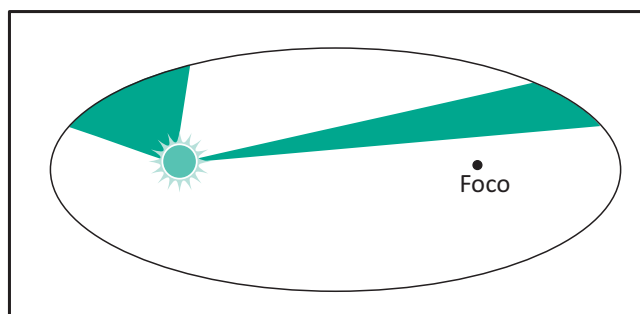
Para a maioria dos planetas, a excentricidade é muito pequena e, conseqüentemente, suas órbitas são aproximadamente circulares.

Vemos que a meia distância entre os dois focos é dada por **ea**, ou seja, **e x a**. Neste caso, se a excentricidade (**e**) for zero, a distância **ea** também será zero, assim teremos o caso especial do movimento circular.

Para a Terra, o Periélio dista 147 milhões de quilômetros do Sol e o Afélio 151 milhões de quilômetros.

### SEGUNDA LEI DE KEPLER

A 2ª lei de Kepler determina que: "o segmento que une o planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais".



Por meio dessa lei verifica-se que a velocidade do planeta é maior perto do Periélio e mais vagarosa perto do Afélio.

### TERCEIRA LEI DE KEPLER

A 3ª lei de Kepler equaciona as relações entre as várias trajetórias de vários planetas. Para todos os planetas do mesmo sistema a relação entre o quadrado do período e o cubo do raio médio da trajetória é constante.

Ou: "Os quadrados dos períodos dos planetas são proporcionais ao cubo do raio médio das elipses das suas trajetórias".

Assim:

- $\frac{T_M^2}{R_M^3} = \frac{T_T^2}{R_T^3} = \frac{T_V^2}{R_V^3}$
- $T_M$  → Período do planeta Marte
- $R_M$  → Raio médio da trajetória do planeta Marte
- $T_T$  → Período do planeta Terra
- $R_T$  → Raio médio da trajetória do planeta Terra
- $T_V$  → Período do planeta Vênus
- $R_V$  → Raio médio da trajetória do planeta Vênus

## PETRÓLEO ESPACIAL



Para quem acreditava que o pré-sal era a fronteira final do petróleo, os astrônomos têm uma surpresa.

Os cientistas descobriram "**indicações de vastas reservas de petróleo na Nebulosa Cabeça de Cavalho**" a 1.300 anos-luz da Terra. A descoberta pode reavivar o interesse pelas teorias abióticas do petróleo, que afirmam que o valioso óleo pode também ser de origem mineral, e não apenas um composto fóssil oriundo da degradação de matéria orgânica.

Jérôme Pety e seus colegas descobriram os hidrocarbonetos interestelares — moléculas de  $C_3H^+$  — usando o radiotelescópio de 30 metros do Instituto de Radioastronomia Milimétrica (IRAM), na Espanha.

A Nebulosa Cabeça de Cavalho é um dos objetos celestes mais fotografados pelos astrônomos e também um fantástico laboratório de química interestelar, onde o gás de alta densidade, aquecido pela luz de uma estrela supermaciça, continuamente interage e desencadeia reações químicas em muitos níveis.

A molécula  $C_3H^+$  descoberta pelos astrônomos pertence à família dos hidrocarbonetos, sendo parte das fontes de energia mais utilizadas hoje em nosso planeta, o petróleo e o gás natural. A equipe detectou e identificou 30 moléculas na região da Nebulosa Cabeça de Cavalho, incluindo vários pequenos hidrocarbonetos, as moléculas que compõem o petróleo e o gás natural.

O que mais surpreendeu foi a quantidade do petróleo espacial. "A Nebulosa contém 200 vezes mais hidrocarbonos do que a quantidade total de água na Terra," disse Viviana Guzman, membro da equipe.

Além dessas moléculas menores, os astrônomos identificaram a presença do íon propinilidina ( $C_3H^+$ ), que foi detectado no espaço pela primeira vez. Mas como esse "petróleo do espaço" se forma?

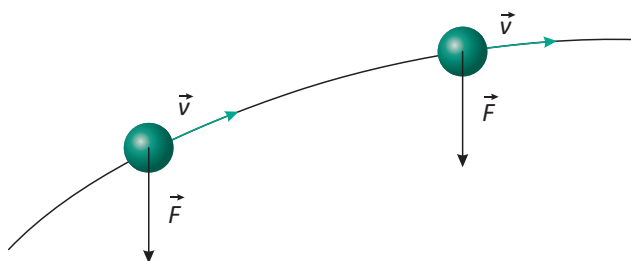


## LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

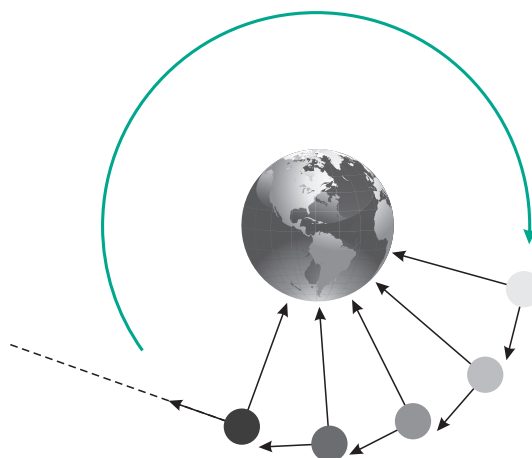
Através das leis de Kepler, Newton descobriu que a força gravitacional não existe apenas na superfície da Terra, existe em todo o universo. Assim, a Lua está sujeita à força gravitacional da Terra e é atraída para a Terra do mesmo modo que uma maçã.

Do mesmo modo, a Terra está sujeita à força gravitacional do Sol. E o Sol está sujeito à força gravitacional das estrelas no centro da Galáxia. Assim a força de gravitação é universal.

Consegue-se desta forma responder por que a Lua não cai na Terra ou a Terra não cai no Sol já que o movimento dos corpos tem que obedecer às mesmas leis. Reparemos numa pedra atirada obliquamente para o ar, a pedra segue uma linha curva, apesar da força gravitacional ser sempre para baixo. Se ignorarmos a força de resistência do ar, a única força atuante é a força gravitacional, sempre constante e apontando para o centro da Terra. A pedra sobe em virtude das condições com que foi lançada.



A Terra e a Lua têm movimentos circulares devido às condições nas quais se formou o Sistema Solar, há cerca de 4,5 bilhões de anos, a Terra circula em volta do Sol e a Lua em volta da Terra. As velocidades da Terra em volta do Sol e da Lua em volta da Terra eram já naquela época como são hoje, ou seja, mantêm o mesmo módulo mas mudam permanentemente a direção. Como a velocidade é sempre tangente à trajetória teremos uma força gravitacional apontando sempre para o centro da órbita, mantendo tal situação em equilíbrio. Em uma situação hipotética, se a força gravitacional cessasse de repente, a Lua sairia por inércia de sua órbita em linha reta, com a mesma velocidade que tinha quando a força havia acabado. Do mesmo modo, a Terra sairia disparada da sua órbita e o Sol sairia da sua órbita em torno do centro da Galáxia. Sem forças gravitacionais, os astros teriam apenas movimentos retilíneo e uniforme.



Vê-se que a força de gravitação universal traduz uma interação com a distância (via Campo) e aponta para o centro do astro que exerce a força. Mas para saber o que é exatamente a força de gravitação universal e do que depende essa força, temos que medi-la.

Em seu artigo, Pety e seus colegas propõem que os hidrocarbonetos espaciais resultam da fragmentação de moléculas carbonáceas gigantes, chamadas PAHs (hidrocarbonos policíclicos aromáticos, na sigla em inglês).

Essas moléculas enormes podem ser intemperizadas pela luz ultravioleta, produzindo a grande população de hidrocarbonetos menores que foram encontrados.

Esse mecanismo pode ser particularmente eficiente em regiões como a Nebulosa Cabeça de Cavalo, onde o gás interestelar está diretamente exposto à luz de uma estrela gigante situada nas proximidades.

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=petroleo-descoberto-espaco&id=010125121128#.VNaffDHF964>

Um corpo qualquer atrai outro exercendo sobre ele uma força gravitacional dirigida ao longo da linha reta imaginária que os une. O valor da força é diretamente proporcional às massas dos dois corpos e é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os corpos.

A constante  $G$  é a mesma em todo o universo e em todas as ocasiões, chamando-se por isso constante de gravitação universal.

Isaac Newton, por volta 1686, chegou à conclusão de que a sua lei da gravitação universal poderia explicar o movimento dos planetas, assim como o da lua e de qualquer corpo em queda livre. Essa mesma lei é enunciada da seguinte forma:

*"toda a partícula material no Universo atrai outras partículas com uma força diretamente proporcional ao produto das massa das partículas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas".*

Matematicamente, essa lei é representada da seguinte forma:

- $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$
- $F \rightarrow$  Força de atração gravitacional
- $m_1, m_2 \rightarrow$  Massas dos corpos
- $R \rightarrow$  Distância que separa os corpos

Esclarece-se que Newton não tentou encontrar ou determinar a constante  $G$  porque na época em que vivia ainda não existia uma unidade de massa padronizada. Ele entendia ainda que a força de gravidade entre dois corpos vulgares é muito pequena, assim a força de atração entre esses mesmos corpos seria muitíssimo perturbada pela força de atração que a Terra exerceria sobre eles, incapacitando dessa forma a determinação da medida de  $G$ .

Deve-se a Henry Cavendish (físico e químico inglês que nasceu em Nice, a 10 de Outubro de 1731, e morreu a 10 de Março de 1810, em Clapham) a primeira determinação experimental da constante de gravitação universal, com uma balança de torção.

Tem-se portanto:

- $G \rightarrow$  Constante universal da gravitação ( $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm/kg}^2$ )

### ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE

A partir da equação da lei da gravitação universal pode-se deduzir a expressão que determina a aceleração da gravidade em qualquer corpo celeste:

- $g = \frac{GM}{R^2}$

Onde:

## A EXPERIÊNCIA DE CAVENDISH

Foi no ano de 1686 que Isaac Newton formulou a Lei de Gravitação Universal. A constante de proporcionalidade era  $G$  porém nunca despertou interesse em Newton. Passado quase um século após a publicação da Lei de Newton, incitado pelo seu interesse na constituição e estrutura internas da Terra, Henry Cavendish (físico e químico inglês, 1731–1810) trocou, em 1783, cartas com o seu amigo Reverendo John Michell, nas quais discutia a possibilidade de se construir um aparelho para “pesar a Terra”. Conhecendo a experiência do francês Charles Coulomb para investigar a força elétrica entre duas esferas de metal carregadas, Michell sugeriu o uso de uma balança de torção, que permitia medir a força de atração entre duas esferas de metal, e projetou a mesma. Mas acabou por falecer (em 1793) antes de poder proceder à experiência propriamente dita. Tendo em seu poder o projeto de Michell, Cavendish reconstruiu o aparelho, mantendo o desenho de seu amigo. A balança construída por Cavendish tinha uma haste de madeira (de cerca de 1,8 m) suspensa por uma fibra finíssima (fibra de torção), com uma esfera de chumbo (51 mm de diâmetro, 0,73 kg de massa) presa em cada uma das suas extremidades. Existiam ainda duas outras esferas de chumbo (0,3 m de diâmetro, 158 kg de massa), presas por outro sistema de suspensão, as quais seriam colocadas a cerca de 23 cm das esferas mais pequenas. A atração entre o dois pares de esferas levaria à torção da fibra. A rotação desta pararia quando o momento de torção igualasse a força de atração entre as esferas.

Para conseguir medir o momento de torção da fibra, Cavendish teria de saber o ângulo de rotação da mesma. Para tal, fixou verticalmente um espelho sobre a fibra, o qual refletia um feixe de luz sobre uma escala. Assim, quando a fibra rodava sobre si própria, o feixe de luz era desviado ao longo da escala, indicando o seu ângulo de rotação.

Tendo sido construída para poder medir uma interação tão fraca como a gravitacional, a balança não poderia sofrer interferências das correntes de ar, forças magnéticas ou mudanças de temperatura, Cavendish terá colocado o seu aparelho numa caixa de madeira cúbica de onde teria observado o movimento de torção da fibra através de dois orifícios, usando telescópios, controlando o sistema externamente. Cavendish foi o primeiro a determinar a densidade da Terra, embora lhe tenham sido erradamente atribuídas as determinações da massa da Terra e da Constante de Gravitação Universal. Cavendish terá chegado à conclusão que a densidade da Terra era 5,48 vezes superior à densidade da água. Porém, John Henry Poynting descobriu um erro aritmético cometido por Cavendish, determinando, a partir dos mesmos dados experimentais, a densidade da Terra como 5,448 vezes superior à da água. Este valor difere apenas em cerca de 2% do valor conhecido hoje (5,53).

Esta experiência, chamada Experiência de Cavendish, foi considerada como a sexta experiência de Física mais bela de sempre, pela revista *Physics World*.

[http://historiadafisicauc.blogspot.com.br/2011/06/experiencia-de-cavendish\\_15.html](http://historiadafisicauc.blogspot.com.br/2011/06/experiencia-de-cavendish_15.html)

- $g$  → Aceleração da gravidade na superfície do astro
- $M$  → Massa do astro
- $R$  → Raio do astro
- $G$  → Constante universal da gravitação ( $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm/kg}^2$ )

**ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE A CERTA DISTÂNCIA H DA SUPERFÍCIE**

- $g_h = g \left( \frac{R}{R+h} \right)^2$
- $g_h$  → Aceleração da gravidade a uma distância h do astro
- $g$  → Aceleração da gravidade na superfície do astro
- $R$  → Raio do astro

**CORPOS EM ÓRBITAS CIRCULARES**

Se os focos da elipse coincidirem, então teremos uma trajetória circular, como nos satélites artificiais que inundam as órbitas próximas da Terra.

Para que um satélite orbite a uma altitude h, a velocidade orbital deve ser:

- $v_{\text{orb}} = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$
- $M$  → Massa da Terra
- $R$  → Raio da Terra
- $h$  → Altitude da órbita em relação a superfície terrestre
- $G$  → Constante universal da gravitação ( $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm/kg}^2$ )

**CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA SOLAR**

Apresentamos, a seguir, uma tabela de dados sobre o sistema solar:

Planeta	Distância média do planeta ao Sol	Período de rotação em torno do próprio eixo (unidades terrestres)	Período de translação em torno do Sol ou duração do ano (unidades terrestres)	Diâmetro (quilômetro)	Massa em relação à da Terra
Mercúrio	58.000.000	59,0 dias	88,0 dias	4.800	0,05
Vênus	108.000.000	249,0 dias	224,7 dias	12.200	0,81
Terra	150.000.000	23,9 horas	365,3 dias	12.700	1,00
Marte	230.000.000	24,6 horas	687,0 dias	6.700	0,11
Júpiter	780.000.000	19,8 horas	11,9 anos	143.000	317,80
Saturno	1.440.000.000	10,2 horas	29,5 anos	120.000	95,20
Urano	2.900.000.000	10,8 horas	84,0 anos	48.000	14,50
Netuno	4.500.000.000	15 horas	164,8 anos	45.000	17,20
Plutão	6.000.000.000	6,4 dias	248,4 anos	3.500	0,08

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Um satélite de comunicação em órbita circular tem raio  $R$  e período  $T$ . Um outro satélite de órbita circular tem período  $T/3$ . Qual o raio da órbita do segundo satélite?

**Resolução:**

$$\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3}$$

$$R_2^3 = \frac{R_1^3 \cdot T_2^2}{T_1^2}$$

$$R_2^3 = \frac{R_1^3 \cdot T_1^2}{T_1^2}$$

$$R_2^3 = \frac{R_1^3 \cdot \left(\frac{T_1}{3}\right)^2}{T_1^2}$$

$$R_2^3 = \frac{R_1^3 \cdot \frac{T_1^2}{9}}{T_1^2}$$

$$R_2^3 = \frac{R_1^3 \cdot T_1^2}{9 T_1^2}$$

$$R_2^3 = \frac{R_1^3}{9}$$

$$R_2 = \sqrt[3]{\frac{R_1^3}{9}} = \frac{R_1}{\sqrt[3]{9}} \approx \frac{R_1}{2,08}$$

**02** Qual a intensidade do campo gravitacional da Terra sobre a Lua?

**Dados:**

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$$

$$M_{\text{Terra}} = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

$$M_{\text{Lua}} = 7,36 \cdot 10^{22} \text{ kg}$$

$$R_{\text{Terra-Lua}} = 3,82 \cdot 10^8 \text{ m}$$

**Resolução:**

$$g = G \cdot \frac{M_{\text{Terra}} \cdot M_{\text{Lua}}}{R_{\text{Terra-Lua}}^2}$$

$$g = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{(5,98 \cdot 10^{24} + 7,36 \cdot 10^{22})}{(3,82 \cdot 10^8)^2}$$

$$g = 2,76 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

**03** **UFRS** O módulo da força de atração gravitacional entre duas pequenas esferas de massa  $m$ , iguais, cujos centros estão separados por uma distância  $d$ , é  $F$ . Substituindo uma das esferas por outra de massa  $2m$  e reduzindo a separação entre os centros das esferas para  $d/2$ , qual seria o módulo da força gravitacional?

**Resolução:**

A Força de atração gravitacional de dois pontos materiais (esferas) é calculada pela seguinte relação:

$$F = (G \cdot M \cdot m)/d^2$$

Logo, temos que a força de atração gravitacional entre as duas primeiras esferas é equivalente à:

$$F = (G \cdot m \cdot m)/d^2$$

$$F = (G \cdot m^2)/d^2 \text{ -- (I)}$$

Após trocar uma das esferas por outra que tenha massa  $2 \cdot m$  e distância entre seus centros  $d/2$ , temos que:

$$F_1 = (G \cdot m \cdot 2 \cdot m)/(d/2)^2$$

$$F_1 = (2 \cdot G \cdot m^2)/(d^2/4)$$

$$F_1 = (8 \cdot G \cdot m^2)/d^2 \text{ -- (II)}$$

Isolando  $G$  nas equações I e II temos:

$$G = F \cdot d^2/m^2 \text{ e } G = F_1 \cdot d^2/8m^2$$

Como a constante gravitacional  $G$  é a mesma nas duas equações:

$$F \cdot d^2/m^2 = F_1 \cdot d^2/8m^2$$

$$F = F_1/8$$

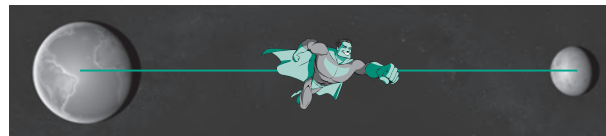
$$F_1 = 8 \cdot F$$

A força de atração gravitacional entre as esferas que possuem massa  $m$  e  $2 \cdot m$  e distância  $d/2$  entre seus centros, é oito vezes maior que a força de atração gravitacional entre as esferas que possuem  $m$  e distância  $d$  entre seus centros.

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01|** O raio médio de Vênus com relação ao Sol equivale a 108000000 km e seu período de translação equivale a 222,7 dias (unidades terrestres). Prove que o ano terrestre (ano na Terra) equivale a um valor próximo de 365 dias, sabendo que o raio médio Terra-Sol é igual a 150000000 km.
- 02|** Se houvesse um planeta no sistema solar 30% mais afastado do Sol que a Terra, qual seria o seu período de revolução em anos terrestres?
- 03|** A massa da Terra é cerca de 81 vezes a massa da Lua e a distância do seu centro ao centro da Lua é  $x$ . Suponha que um super-herói vai da Terra à Lua na mesma direção da reta que une o centro desses dois corpos celestes. A que distância (em função de  $d$ ) do centro da Terra a intensidade da força gravitacional exercida pela Terra

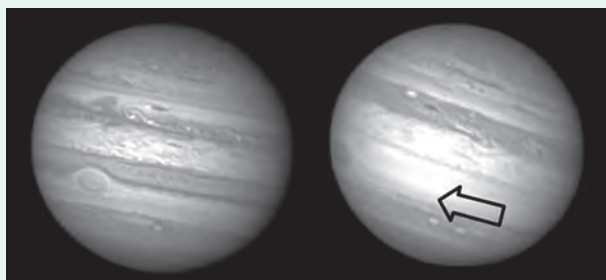
sobre o super-herói é igual à intensidade da força gravitacional exercida pela Lua sobre o super-herói voador?



- 04| FUND. CARLOS CHAGAS** um satélite da Terra move-se numa órbita circular, cujo raio é 4 vezes maior que o raio da órbita circular de outro satélite. Qual a relação  $T_1/T_2$ , entre os períodos.
- 05|** Considere um corpo A de massa 20kg. Para que este corpo atraia o planeta Terra com uma força de 50N, sua distância à superfície terrestre deve ser aproximadamente igual a?

## T ENEM E VESTIBULARES

- 01| ENEM** Júpiter, conhecido como o gigante gasoso, perdeu uma das suas listras mais proeminentes, deixando o seu hemisfério sul estranhamente vazio. Observe a região em que a faixa sumiu, destacada pela seta.



Disponível em: <http://www.inovacaotecnologica.com.br>. Acesso em: 12 maio 2010 (adaptado).

A aparência de Júpiter é tipicamente marcada por duas faixas escuras em sua atmosfera — uma no hemisfério norte e outra no hemisfério sul. Como o gás está constantemente em movimento, o desaparecimento da faixa no planeta relaciona-se ao movimento das diversas camadas de nuvens em sua atmosfera. A luz do Sol, refletida nessas nuvens, gera a imagem que é captada pelos telescópios, no espaço ou na Terra. O desaparecimento da faixa sul pode ter sido determinado por uma alteração

- A** na temperatura da superfície do planeta.
- B** no formato da camada gasosa do planeta.
- C** no campo gravitacional gerado pelo planeta.
- D** na composição química das nuvens do planeta.
- E** na densidade das nuvens que compõem o planeta.

- 02| PUC** Um certo cometa se desloca ao redor do Sol. Levando-se em conta as Leis de Kepler, pode-se com certeza afirmar que:

- A** a trajetória do cometa é uma circunferência, cujo centro o Sol ocupa;
- B** num mesmo intervalo de tempo  $\Delta t$ , o cometa descreve a maior área, entre duas posições e o Sol, quando está mais próximo do Sol;
- C** a razão entre o cubo do seu período e o cubo do raio médio da sua trajetória é uma constante;
- D** o cometa, por ter uma massa bem menor do que a do Sol, não é atraído pelo mesmo;
- E** o raio vetor que liga o cometa ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.

- 03| ENEM** Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. Vários séculos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexactidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que a sua órbita é elíptica.

Esse resultado generalizou-se para os demais planetas. A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que

- A** Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.
- B** Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.
- C** Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.
- D** Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.
- E** Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.

**04 | FEEPA** Se considerarmos que a órbita da Terra em torno do Sol seja uma circunferência de raio  $R$  e que  $V$  e  $G$  sejam, respectivamente, o módulo da velocidade orbital da Terra e a constante de gravitação universal, então a massa do Sol será dada por:

- A**  $R V^2 / G$
- B**  $G V^2 / R$
- C**  $V^2 / R G$
- D**  $R G / V^2$
- E**  $V^2 R G$

**05 | UFSCAR** Um satélite espacial encontra-se em órbita em torno da Terra e, no seu interior, existe uma caneta flutuando. Essa flutuação ocorre porque:

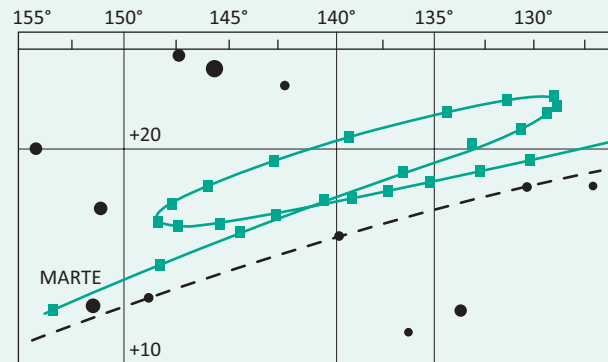
- A** ambos, o satélite espacial e a caneta, encontram-se em queda livre;
- B** a aceleração da gravidade local é nula;
- C** a aceleração da gravidade, mesmo não sendo nula, é desprezível;
- D** há vácuo dentro do satélite;
- E** a massa da caneta é desprezível, em comparação com a do satélite.

**06 | FMTM** A força de atração gravitacional entre dois corpos sobre a superfície da Terra é muito fraca quando comparada com a ação da própria Terra, podendo ser considerada desprezível. Se um bloco de concreto de massa  $8,0 \text{ kg}$  está a  $2,0 \text{ m}$  de um outro de massa  $5,0 \text{ kg}$ , a intensidade da força de atração gravitacional entre eles será, em newtons,

igual a: Dado:  $G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2$

- A**  $1,3 \cdot 10^{-9}$
- B**  $4,2 \cdot 10^{-9}$
- C**  $6,7 \cdot 10^{-10}$
- D**  $7,8 \cdot 10^{-10}$
- E**  $9,3 \cdot 10^{-11}$

**07 | ENEM** A característica que permite identificar um planeta no céu é o seu movimento relativo às estrelas fixas. Se observarmos a posição de um planeta por vários dias, verificaremos que sua posição em relação às estrelas fixas se modifica regularmente. A figura destaca o movimento de Marte observado em intervalos de 10 dias, registrado da Terra.



Projecto Física. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980 (adaptado)

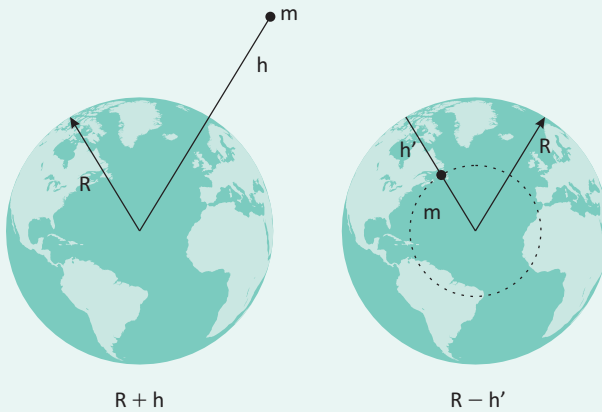
Qual a causa da forma da trajetória do planeta Marte registrada na figura?

- A** A maior velocidade orbital da Terra faz com que, em certas épocas, ela ultrapasse Marte.
- B** A presença de outras estrelas faz com que sua trajetória seja desviada por meio da atração gravitacional.
- C** A órbita de Marte, em torno do Sol, possui uma forma elíptica mais acentuada que a dos demais planetas.
- D** A atração gravitacional entre a Terra e Marte faz com que este planeta apresente uma órbita irregular em torno do Sol.
- E** A proximidade de Marte com Júpiter, em algumas épocas do ano, faz com que a atração gravitacional de Júpiter interfira em seu movimento.

**08 | UFPI** Sendo  $R$  o raio da Terra, a que distância de sua superfície se encontra um objeto, quando a força gravitacional exercida pela Terra sobre ele for igual a 1% do valor de seu peso na superfície?

- A**  $3R$
- B**  $6R$
- C**  $9R$
- D**  $12R$
- E**  $15R$

09| UEL Considerando a Terra uma esfera homogênea (densidade constante) de raio  $R$ , determine a profundidade  $h'$  em que deve ser colocado um corpo de massa  $m$  para que o seu peso seja o mesmo quanto estiver situado a uma altura  $h$  da superfície da Terra.



A  $h' = R - \frac{R^3}{(R + h)^2}$

B  $h' = R - \frac{R^3}{(R + h)^3}$

B  $h' = R - \frac{R^3}{(R - h)^2}$

B  $h' = R - \frac{R^2}{(R - h)^3}$

B  $h' = R - \frac{R^3}{(R - h)^3}$

10| UFPA Suponha que a velocidade de rotação da Terra aumentasse até que o peso de um objeto sobre o equador ficasse nulo. Sabendo que o raio da Terra vale 6400 km e que a aceleração da gravidade na superfície terrestre é  $10\text{m/s}^2$ , o período de rotação da Terra em torno de seu eixo valeria:

A  $800\pi\text{ s}$

B  $1000\pi\text{ s}$

C  $1200\pi\text{ s}$

D  $1600\pi\text{ s}$

E  $1800\pi\text{ s}$

11| UFPI Um planeta tem massa igual a duas vezes a massa da Terra e tem a forma de uma esfera cujo raio mede 20% do raio da Terra. O valor da força  $F$  exercida pelo planeta sobre um centímetro cúbico de água colocado em sua superfície é (a aceleração da gravidade na superfície da Terra é  $g=10\text{m/s}^2$ ), em newtons:

A 500

B 50

C 5,0

D 0,5

E 0,05





## LEI DA TERMODINÂMICA

Para iniciarmos nosso estudo em Termodinâmica é necessário relembrarmos que este ramo da ciência nos possibilitou toda uma revolução industrial, entrando finalmente no dinamismo de indústrias e não mais oficinas. Revolução esta que trouxe uma nova maneira de pensar, agir, reivindicar; nascem os movimentos sócio-trabalhistas e o que podemos chamar de sociedade moderna.

## ENERGIA INTERNA

Devemos nos lembrar de que as partículas de um sistema têm vários tipos de energia e que a soma de todas elas é o que chamamos **Energia Interna** de um Sistema.

Para que este somatório seja calculado, são consideradas as energias cinéticas de agitação, potencial de agregação, de ligação e nuclear entre as partículas.

Nem todas essas energias consideradas são térmicas, mas, ao fornecer energia térmica a um corpo, provoca-se uma variação na energia interna deste corpo. É nessa variação que se baseiam os princípios da termodinâmica.

Se considerarmos um gás perfeito e fizermos sua energia interna variar, esta energia será resumida na energia de translação de suas partículas, sendo calculada através da Lei de Joule:

$$U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

### Onde:

- U: energia interna do gás;
- n: número de mol do gás;
- R: constante universal dos gases perfeitos;
- T: temperatura absoluta (kelvin).

Como para determinada massa de gás  $n$  e  $R$  são constantes, a variação da energia interna dependerá da variação da temperatura absoluta do gás, ou seja:

- Quando houver aumento da temperatura absoluta ocorrerá uma variação positiva da energia interna  $\Delta U > 0$ .
- Quando houver diminuição da temperatura absoluta, há uma variação negativa de energia interna  $\Delta U < 0$ .
- E quando não houver variação na temperatura do gás, a variação da energia interna será igual a zero  $\Delta U = 0$ .

Conhecendo a equação de Clapeyron, é possível compará-la à equação descrita na Lei de Joule e assim obteremos:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

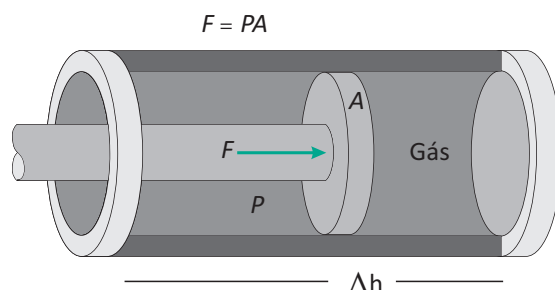
$$\frac{2}{3} U = n \cdot R \cdot T$$

$$\frac{2}{3} U = p \cdot V$$

$$U = \frac{3}{2} p \cdot V$$

## TRABALHO DE UM GÁS

Considere um gás de massa  $m$  contido em um cilindro com área de base  $A$ , provido de um êmbolo. Ao ser fornecida uma quantidade de calor  $Q$  ao sistema, este sofrerá uma expansão, sob pressão constante, como é garantido pela Lei de Gay-Lussac, e o êmbolo será deslocado.



Assim como para os sistemas mecânicos, o trabalho do sistema será dado pelo produto da força aplicada no êmbolo com o deslocamento do êmbolo no cilindro:

$$\tau = F \cdot \Delta h$$

Mas:

$$p = \frac{F}{A}$$

$$p \cdot A = F$$

Então:

$$\tau = p \cdot A \cdot \Delta h$$

Mas:

$$\Delta V = A \cdot \Delta h$$

Então:

$$\tau = p \cdot \Delta V$$

$$\tau = p \cdot (V_f - V_0)$$

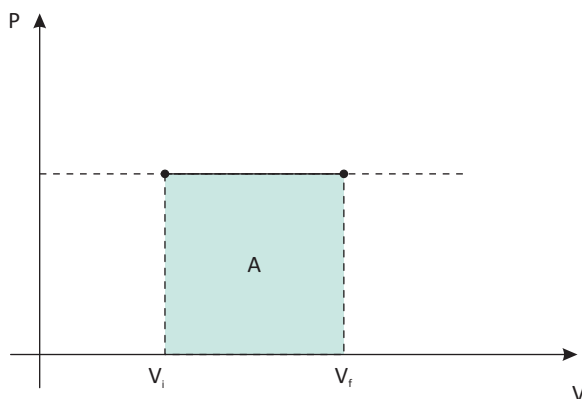
Assim, o trabalho realizado por um sistema, em uma transformação com pressão constante, é dado pelo produto entre a pressão e a variação do volume do gás.

Quando:

- o volume aumenta no sistema, o trabalho é positivo, ou seja, é realizado sobre o meio em que se encontra (por exemplo, empurrando o êmbolo contra seu próprio peso);
- o volume diminui no sistema, o trabalho é negativo, ou seja, é necessário que o sistema receba um trabalho do meio externo;
- o volume não é alterado, não há realização de trabalho pelo sistema.

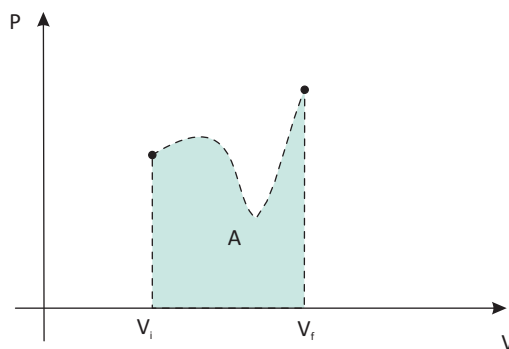
## DIAGRAMA $P \times V$

É possível representar a transformação isobárica de um gás através de um diagrama pressão por volume:



Comparando o diagrama à expressão do cálculo do trabalho realizado por um gás:  $\tau = P \cdot \Delta V$ , é possível verificar que o trabalho realizado é numericamente igual à área sob a curva do gráfico (em azul na figura).

Com esta verificação, é possível encontrar o trabalho realizado por um gás com pressão variável durante sua transformação, que é calculado usando esta conclusão, através de um método de nível acadêmico de cálculo integral que consiste em uma aproximação dividindo toda a área sob o gráfico em pequenos retângulos e trapézios.



## 1ª LEI DA TERMODINÂMICA

Esta lei consiste no princípio da conservação de energia aplicada à termodinâmica, o que torna possível prever o comportamento de um sistema gasoso ao sofrer uma transformação termodinâmica.

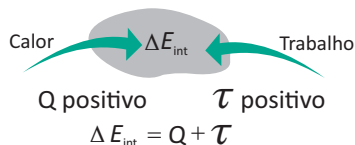
Analisando o princípio da conservação de energia no contexto da termodinâmica:

- um sistema não pode criar ou consumir energia, mas apenas armazená-la ou transferi-la ao meio onde se encontra, na forma de trabalho, ou ambas as situações simultaneamente. Então, ao receber uma quantidade  $Q$  de calor, um trabalho  $\tau$  poderá ser realizado e aumentar a energia interna do sistema  $\Delta U$ . O que pode ser esquematizado matematicamente da seguinte forma:

$$Q = \tau + \Delta U$$

Sendo todas as unidades medidas em Joule (J).

Conhecendo esta lei, podemos observar seu comportamento para cada uma das grandezas apresentadas:



Calor	Trabalho	Energia Interna	Q/τ/ΔU
Recebe	Realiza	Aumenta	> 0
Cede	Recebe	Diminui	< 0
não troca	não realiza e nem recebe	não varia	= 0

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Um gás ideal de volume  $12\text{m}^3$  sofre uma transformação, permanecendo sob pressão constante igual a  $250\text{Pa}$ . Qual é o volume do gás quando o trabalho realizado por ele for  $2\text{kJ}$ ?

**Resolução:**

$$\tau = p \cdot \Delta V$$

$$\tau = p \cdot (V - V_0)$$

$$\frac{\tau}{p} + V_0 = V$$

$$\frac{2000}{250} + 12 = V$$

$$V = 20\text{ m}^3$$

**02** Ao receber uma quantidade de calor  $Q=50\text{J}$ , um gás realiza um trabalho igual a  $12\text{J}$ . Sabendo que a Energia interna do sistema, antes de receber calor, era  $U=100\text{J}$ , qual será esta energia após o recebimento?

**Resolução:**

$$Q = \tau + \Delta U$$

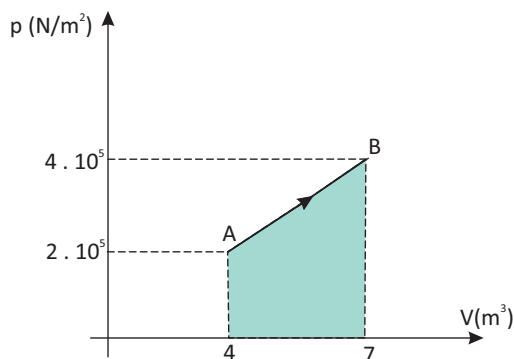
$$50 = 12 + (U - 100)$$

$$50 = 12 - 100 + U$$

$$U = 138\text{J}$$

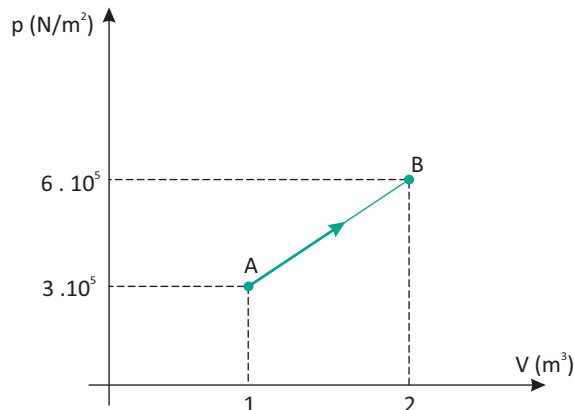
## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01** Uma transformação é dada pelo gráfico abaixo:



Qual o trabalho realizado por este gás?

**02** O gráfico abaixo ilustra uma transformação; 100 moles de gás ideal monoatômico recebem do meio exterior uma quantidade de calor de  $1800000\text{ J}$ . Dado  $R=8,32\text{ J/mol.K}$ .



Determine:

- A** o trabalho realizado pelo gás;
- B** a variação da energia interna do gás;
- C** a temperatura do gás no estado A.

**03|** Qual a energia interna de 1,5 mols de um gás perfeito na temperatura de 20°C? Considere  $R=8,31 \text{ J/mol.K}$ .

**04|** Qual a energia interna de  $3\text{m}^3$  de gás ideal sob pressão de 0,5 atm?

**05|** São colocados 12 moles de um gás em um recipiente com êmbolo que mantém a pressão igual a da atmosfera, inicialmente ocupando  $2\text{m}^3$ . Ao empurrar-se o êmbolo, o volume ocupado passa a ser  $1\text{m}^3$ . Considerando a pressão atmosférica igual a  $100000\text{N/m}^2$ , qual é o trabalho realizado sob o gás?

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| UFRN** Um sistema termodinâmico realiza um trabalho de 40 kcal quando recebe 30 kcal de calor. Nesse processo, a variação de energia interna desse sistema é de:

- A** – 10 kcal
- B** zero
- C** 10 kcal
- D** 20 kcal
- E** 35 kcal

**02| FMPA** Sobre um gás confinado em condições ideais podemos afirmar corretamente que:

- A** numa compressão isotérmica o gás cede calor para o ambiente.
- B** aquecendo o gás a volume constante sua energia interna permanece constante.
- C** numa expansão adiabática, a temperatura do gás aumenta.
- D** numa expansão isobárica, a temperatura do gás diminui.
- E** quando o gás sofre transformações num ciclo, o trabalho resultante que ele realiza é nulo.

**03| UFAL** Um gás recebe um trabalho de 2100J, sofrendo uma transformação isotérmica. Sendo o equivalente mecânico do calor igual a  $4,2\text{J/cal}$ , esse gás deve ter cedido uma quantidade de calor, em calorias, igual a

- A**  $5,0 \cdot 10^2$
- B**  $1,1 \cdot 10^3$
- C**  $2,1 \cdot 10^3$
- D**  $4,2 \cdot 10^3$
- E**  $8,8 \cdot 10^3$

**04| UFES** Considere uma garrafa térmica fechada com uma certa quantidade de água em seu interior. A garrafa é agitada fortemente por um longo período de tempo. Ao final desse período pode-se dizer que a temperatura da água

- A** aumenta, pois o choque entre as moléculas gera calor.
- B** aumenta, pois o ato de chacoalhar aumenta a energia interna da água.
- C** aumenta, pois o trabalho vai ser transformado em calor.
- D** diminui, pois a parede interna da garrafa térmica vai absorver o calor da água.
- E** permanece constante, pois a garrafa térmica não permite troca de calor.

**05| UFSM** Quando um gás ideal sofre uma expansão isotérmica,

- A** a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual ao trabalho realizado pelo gás na expansão.
- B** não troca energia na forma de calor com o meio exterior.
- C** não troca energia na forma de trabalho com o meio exterior.
- D** a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual à variação da energia interna do gás.
- E** o trabalho realizado pelo gás é igual à variação da energia interna do gás.

**06| UFRS** Enquanto se expande, um gás recebe o calor  $Q=100\text{J}$  e realiza o trabalho  $W=70\text{J}$ . Ao final do processo, podemos afirmar que a energia interna do gás

- A** aumentou 170 J.
- B** aumentou 100 J.
- C** aumentou 30 J.
- D** diminuiu 70 J.
- E** diminuiu 30 J.

**07| UNESP** A primeira lei da termodinâmica diz respeito à:

- A** dilatação térmica
- B** conservação da massa
- C** conservação da quantidade de movimento
- D** conservação da energia
- E** irreversibilidade do tempo

**08| UNIRIO** Qual é a variação de energia interna de um gás ideal sobre o qual é realizado um trabalho de 80J durante uma compressão isotérmica?

- A 80J
- B 40J
- C Zero
- D - 40J
- E - 80J

**09| UFES** Um cilindro de parede lateral adiabática tem sua base em contato com uma fonte térmica e é fechado por um êmbolo adiabático pesando 100N. O êmbolo pode deslizar sem atrito ao longo do cilindro, no interior do qual existe uma certa quantidade de gás ideal. O gás absorve uma quantidade de calor de 40J da fonte térmica e se expande lentamente, fazendo o êmbolo subir até atingir uma distância de 10cm acima da sua posição original. Nesse processo, a energia interna do gás

- A diminui 50 J.
- B diminui 30 J.
- C não se modifica.
- D aumenta 30 J.
- E aumenta 50 J.

**10| UFMG** A Primeira Lei da Termodinâmica estabelece que o aumento  $\Delta U$  da energia interna de um sistema é dado por  $\Delta U = \Delta Q - \Delta W$ , onde  $\Delta Q$  é o calor recebido pelo sistema, e  $\Delta W$  é o trabalho que esse sistema realiza. Se um gás real sofre uma compressão adiabática, então,

- A  $\Delta Q = \Delta U$ .
- B  $\Delta Q = \Delta W$ .
- C  $\Delta W = 0$ .
- D  $\Delta Q = 0$ .
- E  $\Delta U = 0$ .

**11| UFSM** Um gás ideal sofre uma transformação:

absorve 50cal de energia na forma de calor e expande-se realizando um trabalho de 300J. Considerando  $1\text{cal}=4,2\text{J}$ , a variação da energia interna do gás é, em J, de

- A 250
- B -250
- C 510
- D -90
- E 90

No primeiro capítulo, mencionamos a grande evolução experimentada pela humanidade, no período em que as grandes inovações trazidas pela era do vapor. Nesse contexto, a Segunda Lei foi de grande importância no desenvolvimento de novos aparelhos e técnicas, bem como de novas e formidáveis máquinas, como as locomotivas e barcos a vapor, que trouxeram a mobilidade ao homem, corroborando com a tendência de querermos sempre estar onde nunca estivemos, ver o que outrora nunca vimos e sermos donos de onde apenas sonhamos chegar.



## 2ª LEI DA TERMODINÂMICA

Entre as duas leis da termodinâmica, a segunda é a que tem maior aplicação na construção de máquinas e utilização na indústria, pois trata diretamente do rendimento das máquinas térmicas.

Dois enunciados, aparentemente diferentes, ilustram a 2ª Lei da Termodinâmica; são eles:

- **Enunciado de Clausius:**

O calor não pode fluir de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta.

Consequentemente, o sentido natural do fluxo de calor é da temperatura mais alta para a mais baixa e, para que o fluxo seja inverso, é necessário que um agente externo realize um trabalho sobre este sistema.



▪ **Enunciado de Kelvin-Planck:**

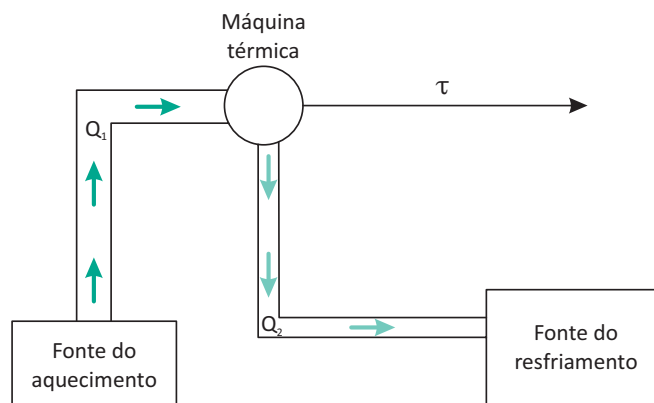
É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.

Este enunciado implica que, não é possível que um dispositivo térmico tenha um rendimento de 100%, ou seja, por menor que seja, sempre há uma quantidade de calor que não se transforma em trabalho efetivo.

**MÁQUINAS TÉRMICAS**

As máquinas térmicas foram os primeiros dispositivos mecânicos a serem utilizados em larga escala na indústria, por volta do século XVIII. Na forma mais primitiva, o aquecimento era usado para transformar água em vapor, capaz de movimentar um pistão que, por sua vez, movimentava um eixo que tornava a energia mecânica utilizável para as indústrias da época.

Chamamos máquina térmica o dispositivo que, utilizando duas fontes térmicas, faz com que a energia térmica se converta em energia mecânica (trabalho).



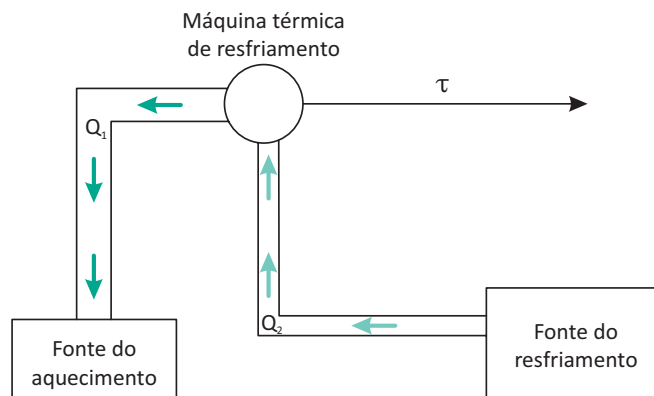
A fonte térmica fornece uma quantidade de calor ( $Q_1$ ) que, no dispositivo, transforma-se em trabalho ( $\tau$ ), mais uma quantidade de calor que não é capaz de ser utilizado como trabalho ( $Q_2$ ).

Assim é válido que:

$$|\tau| = |Q_1| - |Q_2|$$

Utiliza-se o valor absoluto da quantidade de calor, pois em uma máquina que tem como objetivo o resfriamento, por exemplo, estes valores serão negativos.

Neste caso, o fluxo de calor acontece da temperatura menor para a maior. Mas, conforme a 2ª Lei da Termodinâmica, este fluxo não acontece espontaneamente, logo, é necessário que haja um trabalho externo. Assim:





Rendimento das máquinas térmicas:

Denomina-se rendimento de uma máquina a relação entre a energia utilizada como forma de trabalho e a energia fornecida.

Considerando:

$\eta$  = rendimento;

$\tau$  = trabalho convertido através da energia térmica fornecida;

$Q_1$  = quantidade de calor fornecida pela fonte de aquecimento;

$Q_2$  = quantidade de calor não transformada em trabalho.

$$\eta = \frac{\tau}{|Q_1|}$$

Mas como constatado:

$$\tau = |Q_1| - |Q_2|$$

logo, podemos expressar o rendimento como:

$$\eta = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|}$$

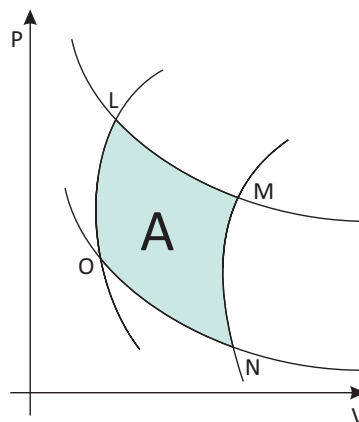
O valor mínimo para o rendimento é 0, se a máquina não realizar nenhum trabalho, e o máximo 1, se fosse possível que a máquina transformasse todo o calor recebido em trabalho. Mas, como já foi visto, isto não é possível. Para sabermos este rendimento em percentual, multiplica-se o resultado obtido por 100%.

## CICLO DE CARNOT

Até meados do século XIX, acreditava-se ser possível a construção de uma máquina térmica ideal, que seria capaz de transformar toda a energia fornecida em trabalho, obtendo um rendimento total (100%).

Para demonstrar que isso não seria possível, o engenheiro francês Nicolas Carnot (1796-1832) propôs uma máquina térmica teórica que se comportava como uma máquina de rendimento total, estabelecendo um ciclo de rendimento máximo, que mais tarde passou a ser chamado Ciclo de Carnot.

Este ciclo seria composto de quatro processos, independente da substância:



**Uma expansão isotérmica reversível:** o sistema recebe uma quantidade de calor da fonte de aquecimento (L – M);

**Uma expansão adiabática reversível:** o sistema não troca calor com as fontes térmicas (M – N);

**Uma compressão isotérmica reversível:** o sistema cede calor para a fonte de resfriamento (N – O);

**Uma compressão adiabática reversível:** o sistema não troca calor com as fontes térmicas (O – L).

Numa máquina de Carnot, a quantidade de calor fornecida pela fonte de aquecimento e a quantidade cedida à fonte de resfriamento são proporcionais às suas temperaturas absolutas; assim:

$$\frac{|Q_2|}{|Q_1|} = \frac{T_2}{T_1}$$

Então, o rendimento de uma máquina de Carnot é:

$$\eta = 1 - \frac{|Q_1|}{|Q_2|} \text{ e } \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = \frac{T_2}{T_1}$$

Logo:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Sendo:

$T_2$  = temperatura absoluta da fonte de resfriamento

$T_1$  = temperatura absoluta da fonte de aquecimento

Assim, conclui-se que, para que haja 100% de rendimento, todo o calor vindo da fonte de aquecimento deverá ser transformado em trabalho, pois a temperatura absoluta da fonte de resfriamento deverá ser 0K.

Partindo daí conclui-se que o zero absoluto não é possível para um sistema físico.

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Em uma máquina térmica, são fornecidos 3kJ de calor pela fonte quente para o início do ciclo e 780J passam para a fonte fria. Qual o trabalho realizado pela máquina, se considerarmos que toda a energia que não é transformada em calor passa a realizar trabalho?

**Resolução:**

A segunda lei da termodinâmica enuncia que:

$$|\tau| = |Q_1| - |Q_2|$$

Então, substituindo os valores na equação, temos:

$$|\tau| = 300J - 780J$$

$$|\tau| = 2220J$$

**02** Qual o rendimento máximo teórico de uma máquina a vapor, cujo fluido entra a 560°C e abandona o ciclo a 200°C?

**Resolução:**

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

$$\eta = 1 - \frac{(200 + 273)K}{(560 + 273)K}$$

$$\eta = 1 - 0,567$$

$$\eta = 0,432 \Rightarrow 43,2\%$$

**03** Um motor a vapor realiza um trabalho de 12kJ quando lhe é fornecido uma quantidade de calor igual a 23kJ. Qual a capacidade percentual que o motor tem de transformar energia térmica em trabalho?

**Resolução:**

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{12000}{23000} \cdot 100\%$$

$$\eta = 0,5217 \cdot 100\%$$

$$\eta = 52,17\%$$

**04** Qual o rendimento da máquina térmica do exercício anterior?

**Resolução:**

Sendo o rendimento de uma máquina térmica dado por:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1}$$

Substituindo os valores na equação:

$$\eta = \frac{2220}{3000} = 0,74$$

Ou, em percentual:

$$\eta = 0,74 \cdot 100\% = 74\%$$

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

- 01|** Uma máquina que opera em ciclo de Carnot tem a temperatura de sua fonte quente igual a  $330^{\circ}\text{C}$  e fonte fria a  $10^{\circ}\text{C}$ . Qual é o rendimento dessa máquina?
- 02|** Uma máquina térmica de Carnot recebe de uma fonte quente  $1000\text{ cal}$  por ciclo. Sendo as temperaturas das fontes quente e fria, respectivamente,  $127^{\circ}\text{C}$  e  $427^{\circ}\text{C}$ , determinar:
- A** o rendimento da máquina
  - B** o trabalho, em joules, realizado pela máquina em cada ciclo
  - C** a quantidade de calor, em joules, rejeitada para a fonte fria

Usar como equivalência  $1\text{ cal} = 4,2\text{ J}$

- 03|** Qual o rendimento de uma máquina térmica que retira de uma fonte quente  $200\text{ cal}$  e passa para uma fonte fria  $50\text{ cal}$ .
- 04|** O rendimento de uma máquina térmica de Carnot é de  $25\%$  e a fonte fria é a própria atmosfera a  $27^{\circ}\text{C}$ . Determinar a temperatura da fonte quente.
- 05|** Uma máquina térmica recebe de uma fonte quente  $100\text{ cal}$  e transfere para uma fonte fria  $70\text{ cal}$ . Qual o rendimento desta máquina ?

## T ENEM E VESTIBULARES

- 01| ENEM** Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- A** liberação de calor dentro do motor ser impossível.
  - B** realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
  - C** conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
  - D** transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
  - E** utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.
- 02| UFRS** A cada ciclo, uma máquina térmica extrai  $45\text{ kJ}$  de calor da sua fonte quente e descarrega  $36\text{ kJ}$  de calor na sua fonte fria. O rendimento máximo que essa máquina pode ter é de
- A** 20%.
  - B** 25%
  - C** 75%
  - D** 80%
  - E** 100%

- 03| CEFET** O 2° princípio da Termodinâmica pode ser enunciado da seguinte forma: “É impossível construir uma máquina térmica operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho.” Por extensão, esse princípio nos leva a concluir que:

- A** sempre se pode construir máquinas térmicas cujo rendimento seja  $100\%$ ;
- B** qualquer máquina térmica necessita apenas de uma fonte quente;
- C** calor e trabalho não são grandezas homogêneas;
- D** qualquer máquina térmica retira calor de uma fonte quente e rejeita parte desse calor para uma fonte fria;
- E** somente com uma fonte fria, mantida sempre a  $0^{\circ}\text{C}$ , seria possível a uma certa máquina térmica converter integralmente calor em trabalho.

- 04| ENEM** Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar.

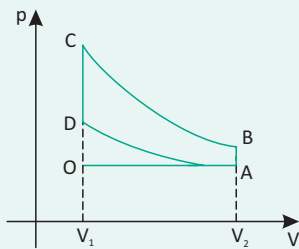
Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. Física Térmica. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a:

- A** liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- B** realização de trabalho pelo motor ser incontrollável.
- C** conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- D** transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- E** utilização de energia potencial do combustível ser incontrollável.

**05| UFG** A figura a seguir representa o ciclo de Otto para motores a combustão interna.

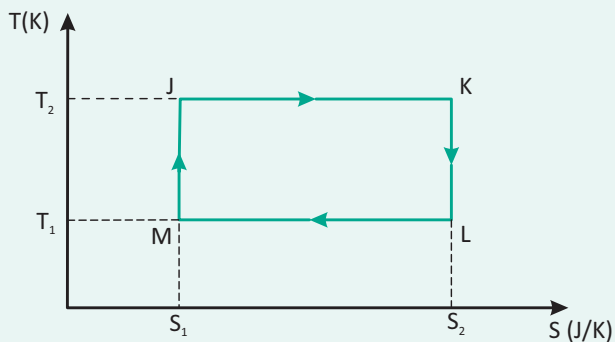


Nesse tipo de motor, a vela de ignição gera uma faísca que causa a combustão de uma mistura gasosa. Considere que a faísca seja suficientemente rápida, de modo que o movimento do pistão possa ser desprezado.

A faísca e a liberação dos gases pelo escapamento ocorrem, respectivamente, nos pontos

- A** A e C.
- B** B e A.
- C** D e A.
- D** D e B.
- E** O e C.

**06| ITA** Uma máquina térmica opera segundo o ciclo JKLMJ mostrado no diagrama T-S da figura.



Pode-se afirmar que

- A** processo JK corresponde a uma compressão isotérmica.
- B** o trabalho realizado pela máquina em um ciclo é  $W = (T_2 - T_1)(S_2 - S_1)$ .
- C** o rendimento da máquina é dado por  $\eta = 1 - T_2/T_1$ .
- D** durante o processo LM, uma quantidade de calor  $Q_{LM} = T_1(S_2 - S_1)$  é absorvida pelo sistema.
- E** outra máquina térmica que opere entre  $T_2$  e  $T_1$  poderia eventualmente possuir um rendimento maior que a desta.

**07| PUC** Um automóvel com motor 1.0 (volume de 1,0 litro), conhecido pelo seu menor consumo de combustível, opera com pressão média de 8atm e 3300 rpm (rotações por minuto), quando movido a gasolina. O rendimento desse motor, que consome, nestas condições, 4,0 g/s (gramas por segundo) de combustível, é de aproximadamente

**Considere:**

Calor de combustão da gasolina = 11 100 cal/kg

1 atm =  $10^5$  N/m<sup>2</sup>

1 cal = 4J

1L =  $10^{-3}$ m<sup>3</sup>

1 rotação corresponde a 1 ciclo

- A** 18%
- B** 21%
- C** 25%
- D** 27%
- E** 30%

**08| OBF** Uma lâmpada é embalada numa caixa fechada e isolada termicamente. Considere que no interior da lâmpada há vácuo e que o ar dentro da caixa seja um gás ideal. Em certo instante, a lâmpada se quebra. Se desprezarmos o volume e a massa dos componentes da lâmpada (vidro, suporte, filamento, ...) e a variação de energia associada à sua quebra, é incorreto afirmar que:

- A** a energia interna do gás permanecerá a mesma após a quebra da lâmpada.
- B** a entropia do gás aumentará após a quebra da lâmpada.
- C** a temperatura do gás permanecerá a mesma após a quebra da lâmpada.
- D** a pressão do gás diminuirá após a quebra da lâmpada.
- E** após a quebra da lâmpada, o gás realizará um trabalho positivo para se expandir e ocupar o volume onde anteriormente havia vácuo.

**09| AFA** Com relação às máquinas térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica, analise as proposições a seguir.  
I. Máquinas térmicas são dispositivos usados para converter energia mecânica em energia térmica com consequente realização de trabalho.

II. O enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica, proposto por Clausius, afirma que o calor não passa espontaneamente de um corpo frio para um corpo mais quente, a não ser forçado por um agente externo como é o caso do refrigerador.

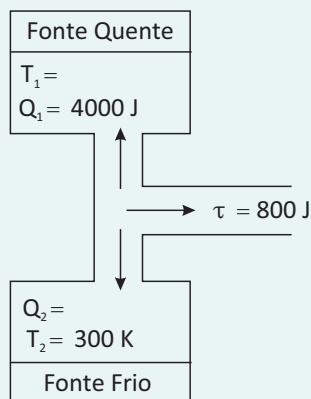
III. É possível construir uma máquina térmica que, operando em transformações cíclicas, tenha como único efeito transformar completamente em trabalho a energia térmica de uma fonte quente.

IV. Nenhuma máquina térmica operando entre duas temperaturas fixadas pode ter rendimento maior que a máquina ideal de Carnot, operando entre essas mesmas temperaturas.

São corretas apenas

- A** I e II
- B** II e III
- C** I, III e IV
- D** II e IV
- E** I e IV

**10| PUC** O esquema a seguir representa trocas de calor e realização de trabalho em uma máquina térmica. Os valores de  $T_1$  e  $Q_2$ , não foram indicados mas deverão ser calculados durante a solução desta questão. Considerando os dados indicados no esquema, se essa máquina operasse segundo um ciclo de Carnot, a temperatura  $T_1$ , da fonte quente, seria, em Kelvins, igual a:



- A** 375
- B** 400
- C** 525
- D** 1200
- E** 1500

**11| UFSM** Um condicionador de ar, funcionando no verão, durante certo intervalo de tempo, consome 1.600 cal de energia elétrica, retira certa quantidade de energia do ambiente que está sendo climatizado e rejeita 2.400 cal para o exterior. A eficiência desse condicionador de ar é

- A** 0,33
- B** 0,50
- C** 0,63
- D** 1,50
- E** 2,00

**12| UFC** A eficiência de uma máquina de Carnot que opera entre a fonte de temperatura alta ( $T$ ) e a fonte de temperatura baixa ( $T_c$ ) é dada pela expressão:  $\eta = 1 - (T_c/T)$ , em que  $T$  e  $T_c$  são medidas na escala absoluta ou de Kelvin. Suponha que você dispõe de uma máquina dessas com uma eficiência  $\eta = 30\%$ . Se você dobrar o valor da temperatura da fonte quente, a eficiência da máquina passará a ser igual a:

- A** 40%
- B** 45%
- C** 50%
- D** 60%
- E** 65%

**13| UEL** Uma determinada máquina térmica deve operar em ciclo entre as temperaturas de  $27^\circ\text{C}$  e  $227^\circ\text{C}$ . Em cada ciclo ela recebe 1000 cal da fonte quente. O máximo de trabalho que a máquina pode fornecer por ciclo ao exterior, em calorias, vale

- A** 1000
- B** 600
- C** 500
- D** 400
- E** 200

**14| CEFET** Um processo cíclico de Carnot possui um rendimento de 50%.

Uma máquina real, que opera sob as mesmas condições térmicas desse ciclo, apresentará um rendimento térmico  $r$ , tal que

- A**  $r \leq 50\%$ .
- B**  $r = 50\%$ .
- C**  $r > 50\%$ .
- D**  $r < 50\%$ .
- E**  $r \geq 50\%$ .

**15| UFU** Em relação à Primeira e à Segunda Lei da Termodinâmica, é correto afirmar que:

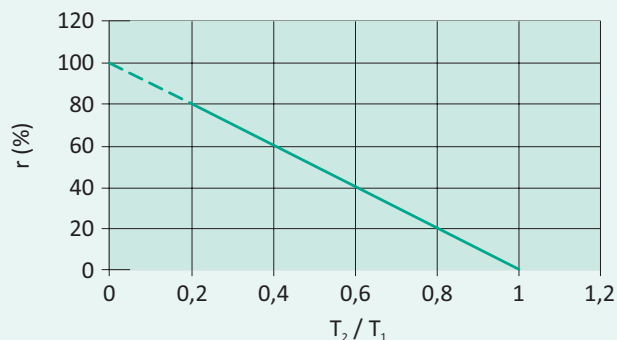
- A** Na expansão isotérmica de um gás ideal monoatômico, a temperatura permanece constante e, de acordo com a primeira lei da termodinâmica, a variação da energia é nula. Desse modo, o calor absorvido é convertido completamente em trabalho. Entretanto, pode-se afirmar que a segunda lei da termodinâmica não é violada porque o sistema não está isolado.
- B** Na expansão isotérmica de um gás ideal monoatômico, a temperatura permanece constante e, de acordo com a primeira lei da termodinâmica, a variação da energia é nula. Desse modo, o calor absorvido é convertido completamente em trabalho e pode-se afirmar que a segunda lei da termodinâmica é violada, uma vez que esse é um sistema isolado.
- C** Na expansão adiabática de um gás ideal monoatômico, a temperatura permanece constante e, de acordo com a primeira lei da termodinâmica, a variação da energia é nula. Desse modo, o calor absorvido é convertido completamente em trabalho e, considerando que esse não é um sistema isolado, pode-se afirmar que a segunda lei da termodinâmica é violada.
- D** Na expansão isotérmica de um gás ideal monoatômico, a temperatura permanece constante e, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, a variação da energia é nula. Desse modo, o calor absorvido é convertido completamente em trabalho. Entretanto, pode-se afirmar que a primeira lei da termodinâmica não é violada, porque o sistema não está isolado.

**16| UEL** Uma máquina térmica de Carnot é operada entre duas fontes de calor a temperaturas de 400K e 300K. Se, em cada ciclo, o motor recebe 1200 calorias da fonte quente, o calor rejeitado por ciclo à fonte fria, em calorias, vale:

- A** 300
- B** 450
- C** 600
- D** 750
- E** 900

**17| PUC** Para responder a questão, considere o texto e o gráfico, o qual relaciona o rendimento de uma máquina de Carnot e a razão  $T_2/T_1$  das temperaturas em

que opera a máquina. O ciclo de Carnot é um ciclo termodinâmico especial, pois uma máquina térmica que opera de acordo com este ciclo entre duas temperaturas  $T_1$  e  $T_2$ , com  $T_1$  maior do que  $T_2$  obtém o máximo rendimento possível. O rendimento  $r$  de uma máquina térmica é definido como a razão entre o trabalho líquido que o fluido da máquina executa e o calor que absorve do reservatório à temperatura  $T_1$ .



Pode-se concluir, pelo gráfico e pelas leis da termodinâmica, que o rendimento da máquina de Carnot aumenta quando a razão  $T_2/T_1$  diminui,

- A** alcançando 100% quando  $T_2$  vale 0°C.
- B** alcançando 100% quando  $T_1$  é muito maior do que  $T_2$ .
- C** alcançando 100% quando a diferença entre  $T_1$  e  $T_2$  é muito pequena.
- D** mas só alcança 100% porque representa o ciclo ideal.
- E** mas nunca alcança 100%.



Atualmente estamos imersos em um mundo digital. Mas, mesmo antes dessa nova era tecnológica, já vivíamos em um mundo repleto de informações e percepções; de uma maneira ou de outra nos valemos das propriedades ondulatórias, sejam elas na voz que nos chega ou na informação por ondas eletromagnéticas.

Mesmo a nível atômico, a matéria se comporta de maneira dual, onde a dualidade remete-nos a um mundo com propriedades ondulatórias. Para entendermos melhor nosso próprio mundo, vamos nos recordar do que são e de como se analisam as ondas.



## CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES DAS ONDAS

Mas afinal, o que é uma onda?

Quando arrumamos uma fila de dominós e derrubamos o primeiro, geramos uma perturbação no primeiro dominó e todos os outros irão cair em seguida. Nota-se nesse exemplo uma perturbação se propagando de um lugar para o outro. A perturbação causada no primeiro dominó chegou até o último, derrubando-o, apesar de cada dominó não ter saído da sua posição inicial. Percebe-se ainda que somente a energia aplicada ao primeiro dominó chegou até a última peça. A perturbação, portanto, transportou somente a energia de um ponto a outro.

Uma onda segue esse mesmo padrão. Sendo bem definida como uma perturbação, causada por alguém ou por alguma fonte, que se propaga de um ponto para o outro na forma de pulsos. Podemos citar outras situações que tem comportamentos ondulatórios:

Um terremoto no fundo do mar causa uma perturbação nas águas do oceano e esta, por sua vez, propaga-se até encontrar algum continente, causando ondas gigantes conhecidas como Tsunamis. Essas ondas causam muita destruição ao chegarem a praia.

Um alto falante causa uma perturbação nas moléculas de ar, que se propaga até nossos ouvidos, permitindo que possamos ouvir o som gerado pelo mesmo.

Desta forma podemos chamar de **onda a** um pulso ou uma perturbação que se propaga em uma sequência de pulsos periódicos.

As ondas podem ser classificadas como mecânicas ou eletromagnéticas.

As mecânicas são aquelas que precisam de um meio material para se propagarem. A perturbação causada no dominó somente se moveu por causa dos dominós. Portanto as ondas sonoras, as ondas no oceano, dentre outras, são perturbações causadas em meios materiais.

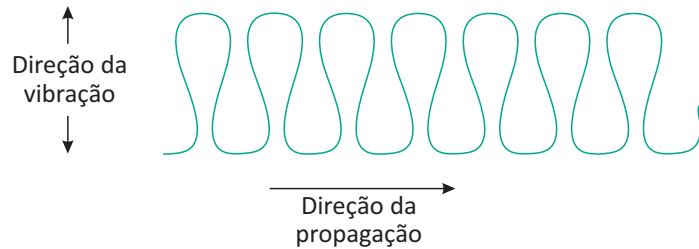
As ondas eletromagnéticas são aquelas que não precisam de meios materiais para ir de um lugar para o outro. A perturbação é causada por campos eletromagnéticos e se propaga através deles. A luz é o exemplo mais clássico deste tipo de onda. Notemos que a luz do Sol chega até nós, mesmo existindo vácuo no espaço. Outros exemplos de ondas eletromagnéticas são as microondas, as ondas de rádio etc.

## TIPOS DE ONDAS

Existem basicamente dois tipos de ondas, as longitudinais e as transversais.



Ondas Transversais são aquelas causadas por vibrações perpendiculares ao sentido de propagação da onda; por exemplo, as ondas em cordas.



Ondas longitudinais são aquelas causadas por vibrações em que a direção da propagação e a de geração (vibração) são as mesmas, por exemplo, as ondas sonoras.



Notemos que o pistão gera uma onda que se propaga da esquerda para a direita e que qualquer molécula de ar que esteja no caminho também irá se mover no sentido horizontal. Aqui a direção de propagação da onda coincide com a direção de oscilação dos corpos que estiverem no caminho dela.

Podemos ainda classificar as ondas quanto direção de propagação, neste sentido elas podem ser:

- **unidimensionais:** quando se propagam em apenas uma direção, como a onda em uma corda;
- **bidimensionais:** se a propagação ocorre em duas direções, como é o caso da onda gerada por uma perturbação na água;
- **tridimensionais:** que se propagam em três dimensões, como as ondas sonoras.

## PROPRIEDADES DAS ONDAS

Para estudar uma onda, é necessário conhecer algumas de suas propriedades, tais como: sua velocidade de propagação, sua amplitude, seu período e, finalmente, sua frequência. Para melhor compreendermos essas propriedades, podemos nos valer da representação gráfica abaixo.



Representação gráfica de uma onda. O comprimento de onda, representado pela letra  $\lambda$ , é a distância entre valores repetidos em uma forma de onda. Podemos calculá-lo por meio da equação:

$$v = \lambda \cdot f$$

Onde:

$\lambda$  – o comprimento de onda;

$v$  – velocidade da onda no meio;

$f$  – frequência da luz.

Relembrando que a frequência representa a quantidade de oscilações por unidade de tempo, se esta unidade de tempo for (s) tem-se que a frequência é dada em Hz (hertz).

Como o período  $T$  é o tempo gasto para se realizar uma única oscilação, pode-se relacionar o período e a frequência por meio da expressão abaixo:

$$f = \frac{1}{T}$$

A partir de  $f$ , podemos calcular a velocidade de uma onda em função do período, com a seguinte fórmula:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Sendo:

$v$  – velocidade da onda;

$\lambda$  – comprimento da onda;

$T$  – período.

## ONDAS EM CORDAS

A velocidade  $v$  de propagação de um pulso (meia onda) que se propaga numa corda esticada depende da intensidade da força ( $T$ ) que a traciona e da densidade linear ( $\mu$ ), conforme a fórmula de Taylor:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

A densidade linear ( $\mu$ ) é a relação entre a massa ( $m$ ) e o comprimento ( $L$ ) da corda:  $\mu = m/L$ .

## REFLEXÃO DE ONDAS

Este fenômeno é representado quando uma onda incide sobre um obstáculo e retorna ao meio de propagação, mantendo as características da onda incidente.

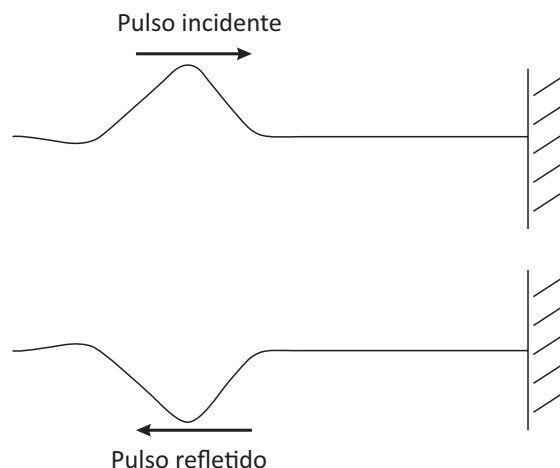
Independente do tipo de onda, o módulo da sua velocidade permanece inalterado após a reflexão, já que ela continua propagando-se no mesmo meio.

## REFLEXÃO EM ONDAS UNIDIMENSIONAIS

Analisaremos dois tipos oscilações, com extremidade fixa e com extremidade livre.

### Com extremidade fixa:

Quando um pulso (meia-onda) é gerado, faz cada ponto da corda subir e depois voltar à posição original. No entanto, ao atingir uma extremidade fixa, como uma parede, a força aplicada nela, pelo princípio da ação e reação, reage sobre a corda, causando um movimento na direção da aplicação do pulso, com um sentido inverso, gerando um pulso refletido. Assim como mostra a figura abaixo:

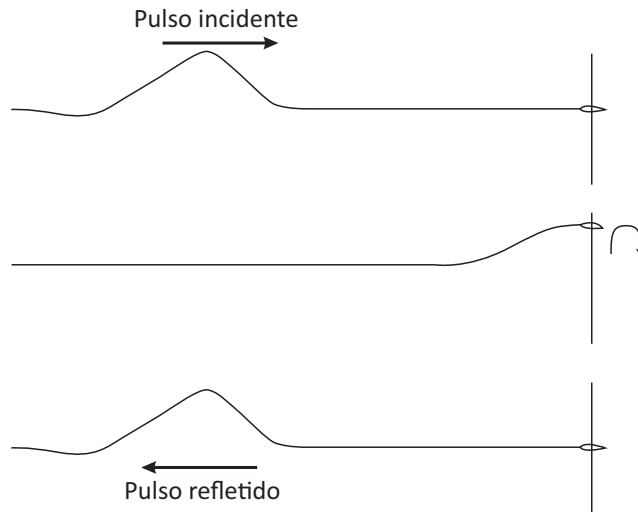


Nesse caso, costuma-se dizer que há inversão de fase, já que o pulso refletido executa o movimento contrário ao do pulso incidente.

**Com extremidade livre:**

Considerando uma corda presa por um anel a uma haste idealizada, portanto sem atrito.

Ao atingir o anel, o movimento é continuado, embora não haja deslocamento no sentido do pulso, apenas no sentido perpendicular a este. Então o pulso é refletido na direção da aplicação, mas com sentido inverso. Como mostra a figura:



Para esses casos não há inversão de fase, já que o pulso refletido executa o mesmo movimento do pulso incidente, apenas com sentido contrário. É possível obter-se a extremidade livre, amarrando-se a corda a um barbante muito leve, flexível e inextensível.

**REFLEXÃO DE ONDAS BIDIMENSIONAIS**

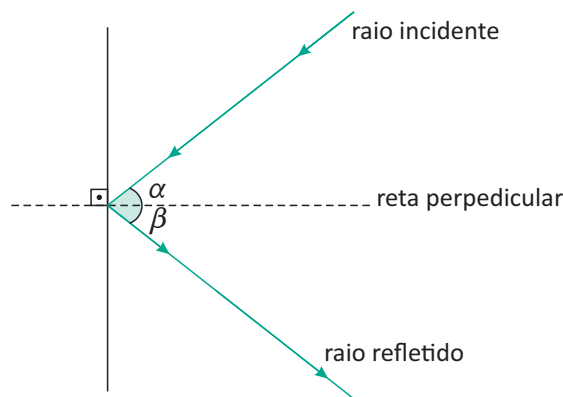
Quando uma frente de onda, propagando-se em superfície líquida, incide sobre um obstáculo, cada ponto da frente reflete-se, então é possível representá-las por seus raios de onda.

A reflexão dos raios de onda é regida por duas leis da reflexão, que são apresentadas como:

**1ª Lei da Reflexão:** o raio incidente, o raio refletido e a reta perpendicular à superfície refletora no ponto de incidência estão contidos sempre no mesmo plano;

**2ª Lei da Reflexão:** os ângulos formados entre o raio incidente e a reta perpendicular e entre o raio refletido e a reta perpendicular têm sempre a mesma medida.

Assim:

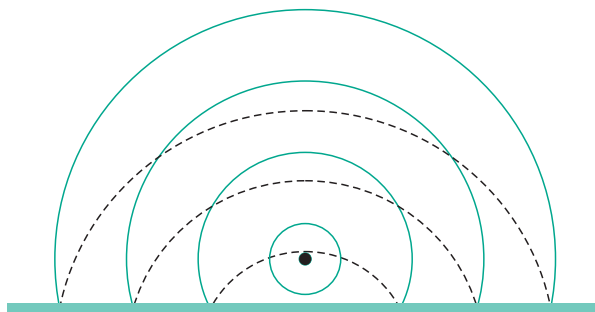


Como afirma a 2ª Lei, os ângulos têm valor igual, portanto:

$$\alpha = \beta$$

Então, imagine-se que a reflexão das ondas aconteça como se fosse refletida em um espelho posto perpendicularmente ao ponto de incidência.

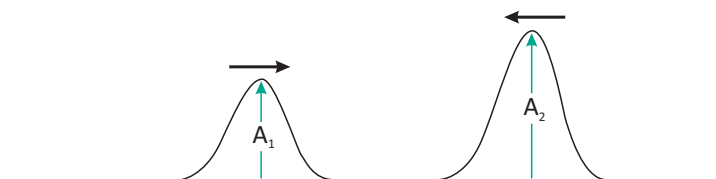
Considere a reflexão de ondas circulares:



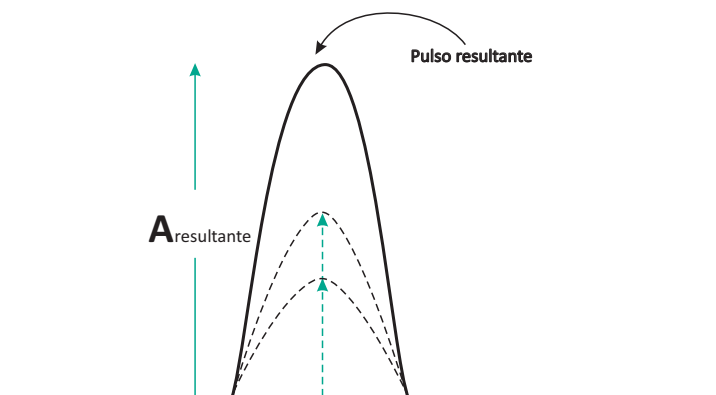
## INTERFERÊNCIA

Dois pulsos propagando-se numa mesma corda, em sentidos opostos, encontram-se em um determinado instante, produzindo a interferência. Segundo o Princípio da Superposição de Ondas, cada ponto da corda tem uma amplitude resultante igual à soma algébrica das amplitudes dos pulsos componentes. Após o encontro, de acordo com o Princípio da Independência das Ondas, cada pulso continua a se propagar como se nada tivesse ocorrido.

Situação 1: os pulsos são dados em fase.



No momento em que os pulsos se encontram, suas elongações em cada ponto da corda se somam algebricamente, sendo sua amplitude (elongação máxima) a soma das duas amplitudes:

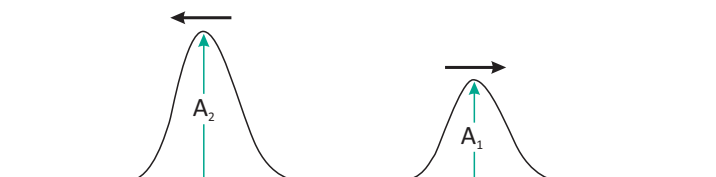


Numericamente:

$$A = A_1 + A_2$$

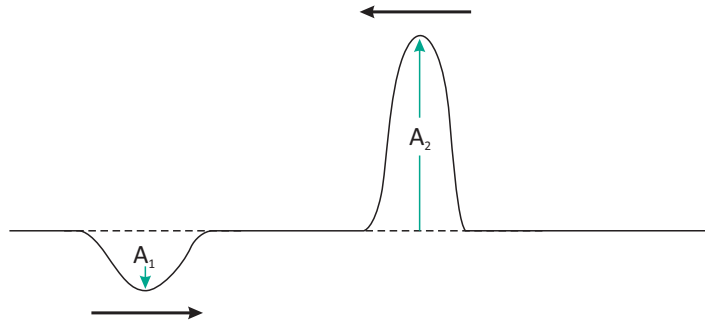
$$x = x_1 + x_2$$

Após este encontro, cada um segue na sua direção inicial, com suas características iniciais conservadas.

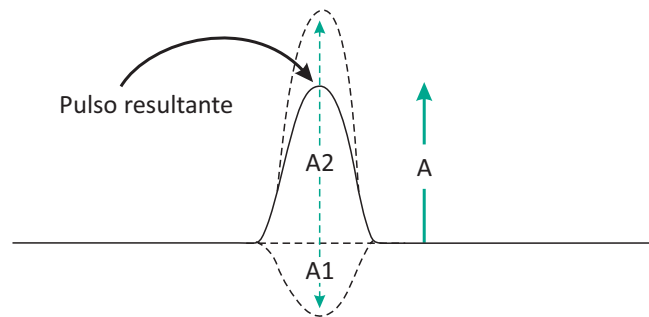


Este tipo de superposição é chamado **interferência construtiva**, já que a superposição faz com que a amplitude seja momentaneamente aumentada em módulo.

**Situação 2:** os pulsos são dados em oposição de fase.



Novamente, ao se encontrarem as ondas, suas amplitudes serão somadas, mas podemos observar que o sentido da onda de amplitude  $A_1$  é negativo em relação ao eixo vertical, portanto  $A_1 < 0$ . Logo, o pulso resultante terá amplitude igual à diferença entre as duas amplitudes:



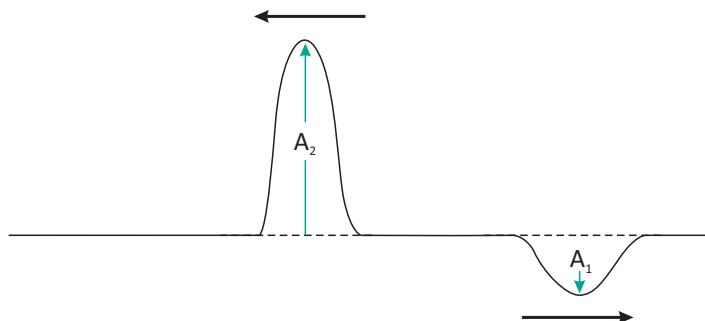
Numericamente:

$$A = -A_1 + A_2$$

$$x = -x_1 + x_2$$

Sendo que o sinal negativo está ligado à amplitude e elongação da onda no sentido negativo.

Após o encontro, cada um segue na sua direção inicial, com suas características iniciais conservadas.



Este tipo de superposição é chamado **interferência destrutiva**, já que a superposição faz com que a amplitude seja momentaneamente reduzida em módulo.

É exatamente falando em superposição e mesmo em interferência de ondas que podemos explicar os maremotos, terremotos e outros fenômenos. Veja o quadro ao lado sobre **Camuflagem contra terremotos** e descubra como a tecnologia e a física atuam em nosso dia a dia a nosso favor.

## CAMUFLAGEM CONTRA TERREMOTOS É TESTADA COM SUCESSO

Os mantos da invisibilidade e camuflagens de todos os tipos passam cada vez mais rápido da teoria para os laboratórios. E agora, aquela que talvez fosse a mais estapafúrdia de todas as propostas, uma camuflagem contra terremotos, está passando dos laboratórios para a prática. Pesquisadores franceses testaram pela primeira vez o uso do manto da invisibilidade contra terremotos — e a coisa funcionou de fato. A ideia, a princípio, é que as camuflagens anti-terremotos possam criar barreiras protetoras que desviem a energia do terremoto para longe de estruturas sensíveis, como usinas nucleares.

O teste foi feito pela equipe do Dr. Sebastien Guenneau, do Instituto Fresnel, que foi o primeiro a perceber que os metamateriais, que funcionam bem com ondas ópticas, sônicas, ondas do mar e até contra o calor, poderiam ser usados também contra ondas sísmicas. Manto da invisibilidade poderá proteger prédios contra terremotos. Enquanto as ondas eletromagnéticas transferem energia entre os campos elétricos e magnéticos, as ondas sísmicas fazem uma transferência entre a energia potencial armazenada na deformação da crosta da Terra e a energia cinética contida em seu movimento.

O que os pesquisadores descobriram é que se a propriedade "permissividade elétrica" for substituída pela densidade do solo, e a "permeabilidade magnética" pelo seu módulo de elasticidade, a óptica transformacional se transforma em sismologia transformacional.

Controlar a densidade do solo e o módulo de elasticidade para toda uma área seria difícil demais, por isso os pesquisadores estão se concentrando inicialmente nas ondas sísmicas que se propagam diretamente na superfície, que são as que causam mais danos. Em vez de átomos artificiais e quase-átomos, Stéphane Brulé descobriu que basta usar buracos para modificar os parâmetros da sismologia transformacional.

Camuflagem contra terremotos. Os resultados foram impressionantes: ante um terremoto simulado, com ondas na frequência de 50 Hz, a área protegida pela camuflagem contra terremotos registrou apenas 20% da amplitude da oscilação original, mostrando que o "metassolo" de fato desviou as ondas de energia sísmica. Contudo, os pesquisadores afirmam que, neste estágio, uma camuflagem contra terremotos poderia ser usada na prática apenas em locais muito específicos.

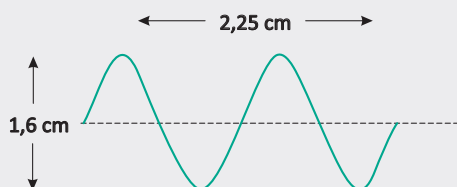
Isto porque, em primeiro lugar, a camuflagem exige uma área equivalente à área que será protegida.

Em segundo lugar, a camuflagem não absorve as ondas sísmicas, ela as desvia ou reflete, o que significa que a vizinhança receberá o tranco, tornando a técnica inadequada para áreas urbanas, por exemplo.

<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=camuflagem-sismica-contra-terremotos&id=010125140401>

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

01 | O gráfico abaixo representa uma onda que se propaga com velocidade igual a 300m/s.



- A a amplitude da onda;
- B o comprimento de onda;
- C a frequência;
- D o período.

**Resolução:**

A A Amplitude da onda é dada pela distância da origem até a crista da onda, ou seja:

$$A = \frac{1,6}{2} = 0,8 \text{ cm}$$

B O comprimento de onda é dado pela distância entre duas cristas ou entre 3 nodos.

Como a figura mostra a medida de três "meios-comprimento de onda", podemos calculá-lo:

$$\frac{3\lambda}{2} = 2,25 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{2,25 \text{ cm} \cdot 2}{3}$$

$$\lambda = 1,5 \text{ cm}$$

C Sabendo a velocidade de propagação e o comprimento de onda, podemos calcular a frequência através da equação:

$$v = \lambda f$$

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

Substituindo os valores na equação:

$$f = \frac{300 \text{ m/s}}{0,015 \text{ m}}$$

$$f = 20000 \text{ Hz}$$

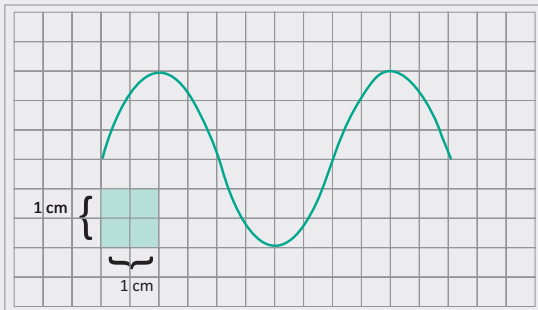
**D** Como o período é igual ao inverso da frequência:

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{20000}$$

$$T = 5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

**02** A forma de uma corda, num determinado instante, por onde uma onda se propaga, está representada abaixo. A velocidade de propagação da onda na corda é de 10 cm/s. Determine a frequência e o comprimento de onda.



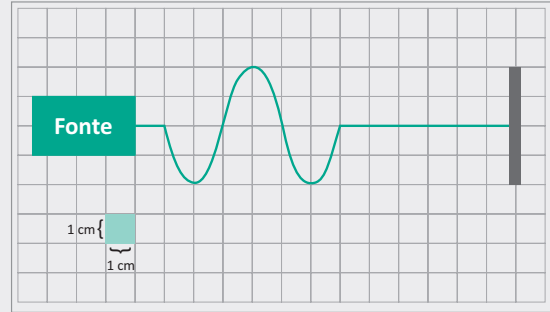
**Resolução:**

Da forma da corda, concluímos que:  $\lambda = 4 \times 1 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 4 \text{ cm}$

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow 10 = 4 \cdot f \Rightarrow f = 2,5 \text{ Hz}$$

**03** A vibração de uma fonte produz, em 5 segundos, ondas em uma corda que apresenta o aspecto indicado na figura. Determine:

- A** a frequência
- B** o comprimento de onda
- C** a velocidade de propagação.



**Resolução:**

- A** Por regra de três, temos: Em 5 s  $\Rightarrow$  1,5 vibração. Logo em 1 s  $\Rightarrow$  0,3 vibração. Portanto, a frequência é  $f = 0,3 \text{ Hz}$
- B**  $\lambda = 4 \times 1 \text{ cm} \Rightarrow \lambda = 4 \text{ cm}$
- C**  $v = \lambda \cdot f \Rightarrow v = 4 \cdot 0,3 \Rightarrow v = 1,2 \text{ cm/s}$

**04** **UFPA** Uma onda tem frequência de 10 Hz e se propaga com velocidade de 400 m/s. Então, seu comprimento de onda vale, em metros.

- A** 0,04
- B** 0,4
- C** 4
- D** 40
- E** 400

**Resolução:**

São dados do exercício:

$$V = 400 \text{ m/s}$$

$$f = 10 \text{ Hz}$$

Como os dados já estão no sistema internacional de unidades, basta utilizar a equação de velocidade de onda:

$$V = \lambda \cdot f$$

Logo,

$$\lambda = V / f$$

$$\lambda = 400 / 10$$

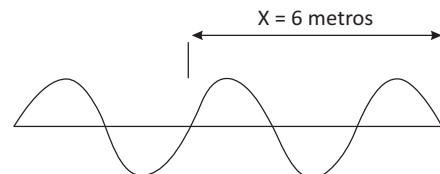
$$\lambda = 40 \text{ m}$$

Letra D

## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

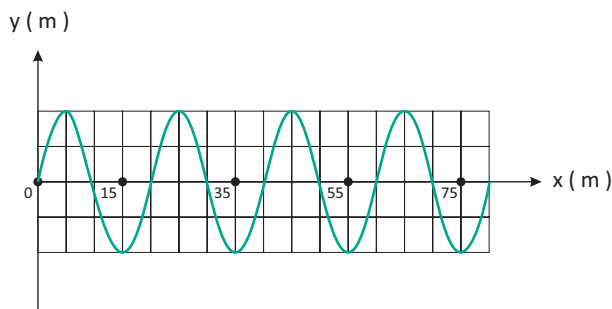
**01** **VUNESP** Uma pequena esfera suspensa por uma mola executa movimento harmônico simples na direção vertical. Sempre que o comprimento da mola é máximo, a esfera toca levemente a superfície de um líquido em um grande recipiente, gerando uma onda que se propaga com velocidade de 20 cm/s. Se a distância entre as cristas da onda for 5,0 cm, a frequência de oscilação da esfera será de quanto?

**02** Sabendo que a figura abaixo representa uma onda eletromagnética no vácuo com velocidade ( $V = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ) qual o comprimento de onda e a frequência desta onda?



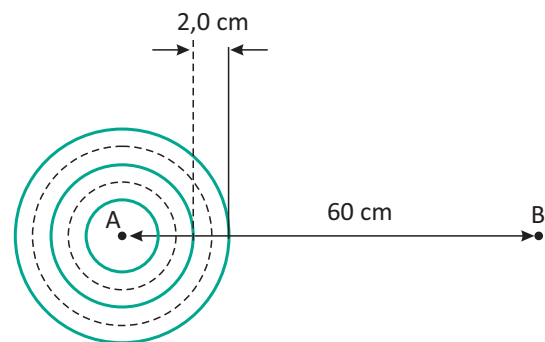


**03| UFCE** A figura mostra um instantâneo de uma onda se propagando no sentido positivo do eixo  $x$ . Sendo  $60\text{ m/s}$  sua velocidade de propagação, determine sua frequência, em hertz.



**04| FUVEST** Uma fonte emite ondas sonoras de  $200\text{ Hz}$ . A uma distância de  $3400\text{ m}$  da fonte, está instalado um aparelho que registra a chegada das ondas através do ar e as remete de volta através de um fio metálico retilíneo. O comprimento dessas ondas no fio é  $17\text{ m}$ . Qual o tempo de ida e volta das ondas? Dado: velocidade do som no ar igual a  $340\text{ m/s}$ .

**05| UFPE** A figura a seguir mostra esquematicamente as ondas na superfície d'água de um lago, produzidas por uma fonte de frequência  $6,0\text{ Hz}$ , localizada no ponto A.



As linhas cheias correspondem às cristas, e as pontilhadas representam os vales em um certo instante de tempo. Qual o intervalo de tempo, em segundos, para que uma frente de onda percorra a distância da fonte até o ponto B, distante  $60\text{ cm}$ ?

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| FUVEST** Radiações, como raios X, luz verde, luz ultravioleta, micro-ondas ou ondas de rádio, são caracterizadas por seu comprimento de onda ( $\lambda$ ) e por sua frequência ( $f$ ). Quando essas radiações propagam-se no vácuo, todas apresentam o mesmo valor para:

- A**  $\lambda$
- B**  $f$
- C**  $v = \lambda \cdot f$
- D**  $\frac{1}{f}$
- E**  $\frac{2\lambda}{f}$

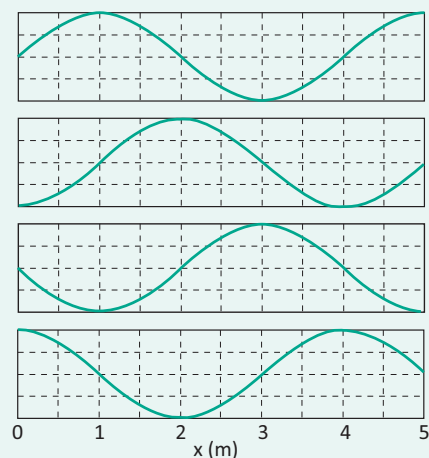
**02| PUC** Em dezembro de 2004 um terremoto no fundo do oceano, próximo à costa oeste da ilha de Sumatra, foi a perturbação necessária para a geração de uma onda gigante, uma "tsunami". A onda arrasou várias ilhas e localidades costeiras na Índia, no Sri Lanka, na Indonésia, na Malásia, na Tailândia, dentre outras.

Uma "tsunami" de comprimento de onda  $150\text{ quilômetros}$  pode se deslocar com velocidade de  $750\text{ km/h}$ . Quando a profundidade das águas é grande, a amplitude da onda não atinge mais do que  $1\text{ metro}$ , de maneira que um barco nessa região praticamente não percebe a passagem da onda.

Quanto tempo demora para um comprimento de onda dessa "tsunami" passar pelo barco?

- A**  $0,5\text{ min}$
- B**  $2\text{ min}$
- C**  $12\text{ min}$
- D**  $30\text{ min}$
- E**  $60\text{ min}$

**03| UNESP** A propagação de uma onda no mar da esquerda para a direita é registrada em intervalos de  $0,5\text{ s}$  e apresentada através da sequência dos gráficos da figura, tomados dentro de um mesmo ciclo



Analisando os gráficos, podemos afirmar que a velocidade da onda, em m/s, é de

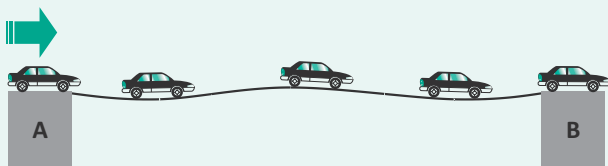
- A 1,5.
- B 2,0.
- C 4,0.
- D 4,5.
- E 5,0.

**04] UECE** Fornos de micro-ondas usam ondas de rádio de comprimento de onda aproximadamente 12 cm para aquecer os alimentos.

Considerando a velocidade da luz igual a 300 000 km/s a frequência das ondas utilizadas é

- A 360 Hz.
- B 250 kHz.
- C 3,6 MHz.
- D 2,5 GHz.
- E 25 GHz.

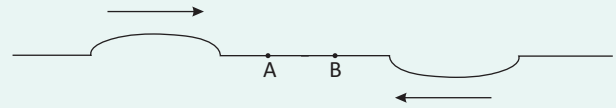
**05]** Uma fila de carros, igualmente espaçados, de tamanhos e massas iguais faz a travessia de uma ponte com velocidades iguais e constantes, conforme mostra a figura abaixo. Cada vez que um carro entra na ponte, o impacto de seu peso provoca nela uma perturbação em forma de um pulso de onda. Esse pulso se propaga com velocidade de módulo 10 m/s no sentido de A para B. Como resultado, a ponte oscila, formando uma onda estacionária com 3 ventres e 4 nós.



Considerando que o fluxo de carros produza na ponte uma oscilação de 1 Hz, assinale a alternativa correta para o comprimento da ponte.

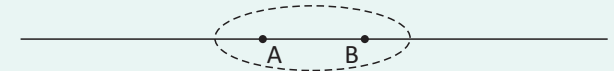
- A 10 m.
- B 15 m.
- C 20 m.
- D 30 m.
- E 45 m.

**06]** A figura mostra dois pulsos idênticos em comprimento e amplitude e com fases distintas que se propagam em uma corda.



Após um certo instante ocorre a total superposição dos pulsos.

Podemos afirmar que:



- A as velocidades dos pontos A e B da corda são nulas.
- B a velocidade do ponto B da corda é vertical para baixo.
- C a velocidade do ponto A da corda é nula.
- D a velocidade do ponto B da corda é nula.
- E a velocidade do ponto A da corda é vertical para baixo.

**07] UEPB** O SONAR (sound navigation and ranging) é um dispositivo que, instalado em navios e submarinos, permite medir profundidades oceânicas e detectar a presença de obstáculos. Originalmente foi desenvolvido com finalidades bélicas durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), para permitir a localização de submarinos e outras embarcações do inimigo, O seu princípio é bastante simples, encontrando-se ilustrado na figura abaixo.



Inicialmente é emitido um impulso sonoro por um dispositivo instalado no navio, A sua frequência dominante é normalmente de 10 kHz a 40kHz. O sinal sonoro propaga-se na água em todas as direções até encontrar um obstáculo. O sinal sonoro é então refletido (eco) dirigindo-se uma parte da energia de volta para o navio onde é detectado por um hidrofone.

(Adaptado de JUNIOR, F.R. Os Fundamentos da Física. 8. ed. vol. 2. São Paulo: Moderna, 2003. p. 417)

Acerca do assunto tratado no texto analise a seguinte situação-problema:

Um submarino é equipado com um aparelho denominado sonar, que emite ondas sonoras de frequência  $4,0 \cdot 10^4$  Hz. A velocidade de propagação do som na água é de  $1,60 \cdot 10^3$  m/s. Esse submarino, quando em repouso na superfície, emite um sinal na direção vertical através do oceano e o eco é recebido após 0,80s. A profundidade

do oceano nesse local e o comprimento de ondas do som na água. em metros, são, respectivamente:

- A 640 e  $4 \cdot 10^{-2}$
- B 620 e  $4 \cdot 10^{-2}$
- C 630 e  $4,5 \cdot 10^{-2}$
- D 610 e  $3,5 \cdot 10^{-2}$
- E 600 e  $3 \cdot 10^{-2}$

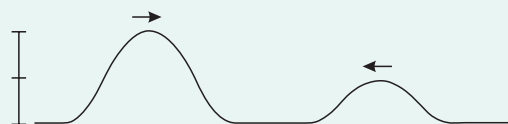
**08| FGV** Analise as afirmações.

- I. Massa, carga elétrica, temperatura e densidade são algumas das várias grandezas físicas escalares que dispensam as noções de direção e sentido.
- II. Campos gravitacional, elétrico e magnético são grandezas vetoriais que caracterizam determinada propriedade física dos pontos de uma região.
- III. O estudo das ondas em Física pode ser feito dispensando a aplicação de grandezas vetoriais.

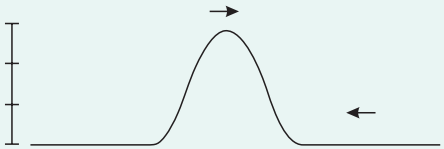


É correto apenas o que se afirma em

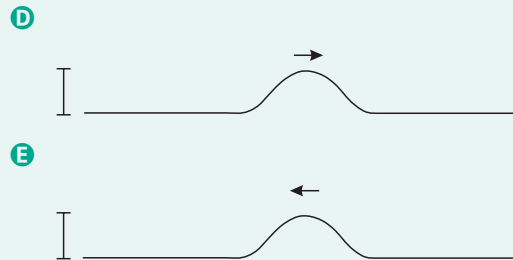
- A I.
- B II.
- C I e II.
- D I e III.
- E II e III.

**09| UFRGS** A figura abaixo representa dois pulsos produzidos nas extremidades opostas de uma corda.



Assinale a alternativa que melhor representa a situação da corda após o encontro dos dois pulsos:

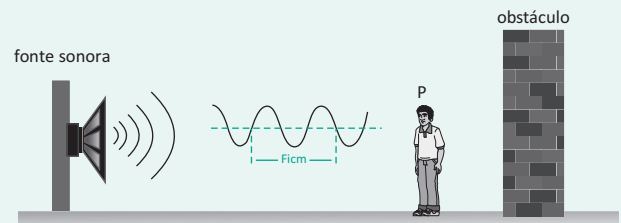
- A 
- B 
- C 



**10| ENEM** As ondas eletromagnéticas, como a luz visível e as ondas de rádio, viajam em linha reta em um meio homogêneo. Então, as ondas de rádio emitidas na região litorânea do Brasil não alcançariam a região amazônica do Brasil por causa da curvatura da Terra. Entretanto sabemos que é possível transmitir ondas de rádio entre essas localidades devido à ionosfera. Com ajuda da ionosfera, a transmissão de ondas planas entre o litoral do Brasil e a região amazônica é possível por meio da

- A reflexão
- B refração.
- C difração.
- D polarização.
- E interferência.

**11| COLÉGIO NAVAL** Analise a figura a seguir.

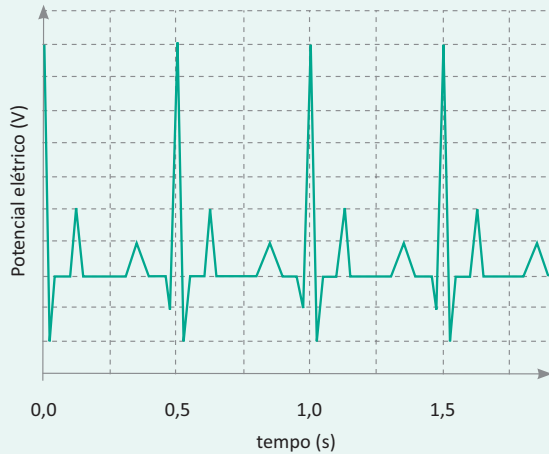


Uma pessoa encontra-se parada em um ponto P, distante de um obstáculo e de uma fonte sonora que emite ondas conforme a configuração mostrada na figura acima. Um som emitido pela fonte no instante  $t_0 = 0$  s passa pelo ponto P no instante  $t_1 = 0,5$  s e retorna ao ouvido da pessoa no instante  $t_2 = 2,5$  s, após ter colidido com o obstáculo. Considerando a velocidade do som no ar como sendo constante e igual a  $340 \text{ m/s}$ , é correto afirmar que o comprimento de onda, frequência da fonte emissora e a distância da pessoa até o obstáculo valem, respectivamente:

- A  $\lambda = 0,17 \text{ m}$ ;  $f = 1000 \text{ Hz}$ ;  $d = 170 \text{ m}$
- B  $\lambda = 0,34 \text{ m}$ ;  $f = 1000 \text{ Hz}$ ;  $d = 340 \text{ m}$ .
- C  $\lambda = 0,34 \text{ m}$ ;  $f = 2000 \text{ Hz}$ ;  $d = 170 \text{ m}$
- D  $\lambda = 0,51 \text{ m}$ ;  $f = 1000 \text{ Hz}$ ;  $d = 340 \text{ m}$
- E  $\lambda = 0,51 \text{ m}$ ;  $f = 2000 \text{ Hz}$ ;  $d = 680 \text{ m}$

**12| CPS** Na Copa do Mundo de 2010, a Fifa determinou que nenhum atleta poderia participar sem ter feito uma minuciosa avaliação cardiológica prévia. Um dos testes a ser realizado, no exame ergométrico, era o eletrocardiograma. Nele é feito o registro da variação dos potenciais elétricos gerados pela atividade do coração.

Considere a figura que representa parte do eletrocardiograma de um determinado atleta.



Sabendo que o pico máximo representa a fase final da diástole, conclui-se que a frequência cardíaca desse atleta é, em batimentos por minuto,

- A** 60.
- B** 80.
- C** 100.
- D** 120.
- E** 140.

**13| UFMG** Daniel brinca produzindo ondas ao bater com uma varinha na superfície de um lago. A varinha toca a água a cada 5 segundos. Se Daniel passar a bater a varinha na água a cada 3 segundos, as ondas produzidas terão maior:

- A** comprimento de onda.
- B** frequência.
- C** período.
- D** velocidade
- E** amplitude

**14| UNEMAT** No passado, durante uma tempestade, as pessoas costumavam dizer que um raio havia caído distante, se o trovão correspondente fosse ouvido muito tempo depois; ou que teria caído perto, caso acontecesse o contrário.

Do ponto de vista da Física, essa afirmação está fundamentada no fato de, no ar, a velocidade do som:

- A** variar como uma função da velocidade da luz.
- B** ser muito maior que a da luz.
- C** ser a mesma que a da luz.
- D** variar com o inverso do quadrado da distancia.
- E** ser muito menor que a da luz.

**15| ENEM** Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A Figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2): o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.

Figura 1

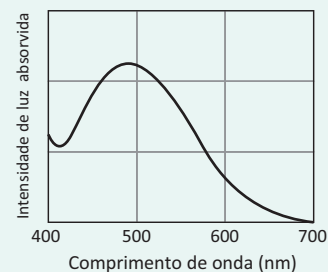
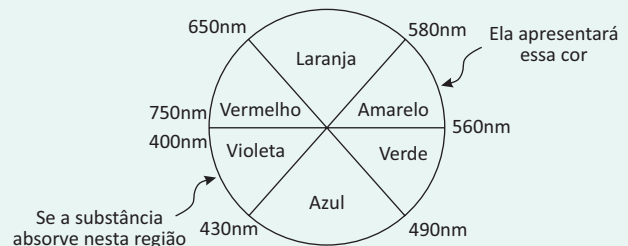


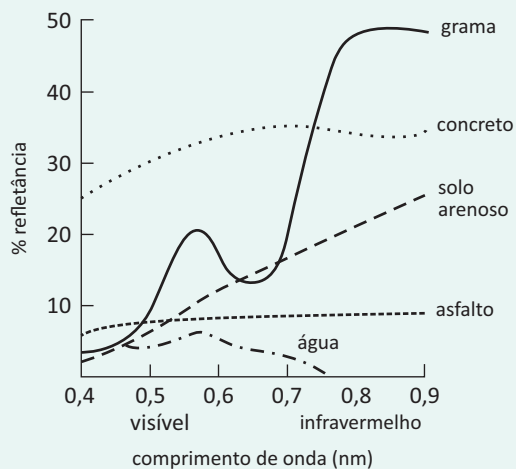
Figura 2



Qual a cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1?

- A** Azul.
- B** Verde.
- C** Violeta.
- D** Laranja.
- E** Vermelho.

**16| ENEM** O processo de interpretação de imagens capturadas por sensores instalados a bordo de satélites que imageiam determinadas faixas ou bandas do espectro de radiação eletromagnética (REM) baseia-se na interação dessa radiação com os objetos presentes sobre a superfície terrestre. Uma das formas de avaliar essa interação é por meio da quantidade de energia é por meio da quantidade de energia refletida pelos objetos. A relação entre a refletância de um dado objeto e o comprimento de onda da REM é conhecida como curva de comportamento espectral ou assinatura espectral do objeto, como mostrado na figura, para objetos comuns na superfície terrestre.



De acordo com as curvas de assinatura espectral apresentadas na figura, para que se obtenha a melhor discriminação dos alvos mostrados, convém selecionar a banda correspondente a que comprimento de onda em micrômetros (  $\mu$  )?

- A** 0,4 a 0,5.
- B** 0,5 a 0,6.
- C** 0,6 a 0,7.
- D** 0,7 a 0,8.
- E** 0,8 a 0,9.

**17| ENEM** Uma equipe de cientistas lançará uma expedição ao Titanic para criar um detalhado mapa 3D que—vai tirar, virtualmente, o Titanic do fundo do mar para o público|. A expedição ao local, a 4 quilômetros de profundidade no Oceano Atlântico, está sendo apresentada como a mais sofisticada expedição científica ao Titanic. Ela utilizará tecnologias de imagem e sonar que nunca tinham sido aplicadas ao navio, para obter o mais completo inventário de seu conteúdo. Esta complementação é necessária em razão das condições do navio, naufragado há um século. No problema apresentado para gerar imagens através de camadas de sedimentos depositados no navio, o sonar é mais adequado, pois a

- A** propagação da luz na água ocorre a uma velocidade maior que a do som neste meio.
- B** absorção da luz ao longo de uma camada de água é facilitada enquanto a absorção do som não.
- C** refração da luz a uma grande profundidade acontece com uma intensidade menor que a do som.
- D** atenuação da luz nos materiais analisados é distinta da atenuação de som nestes mesmos materiais.
- E** reflexão da luz nas camadas de sedimentos é menos intensa do que a reflexão do som neste material.

## O SOM

Nós somos inundados todos os dias por diferentes gostos, cheiros e sons. Desde dentro da barriga de nossas mães, ouvimos o ambiente externo que nos espera. Aprendemos por diferentes timbres a diferenciar entre um sim e um não, pela entonação entendemos a graça de uma anedota ou a beleza de uma poesia. A visão e o som, indubitavelmente, são nossos sentidos de maior relevância.

## ONDAS SONORAS

As ondas sonoras são ondas longitudinais e transmitidas através de um meio material. Essas ondas são produzidas por fontes sonoras, tais como instrumentos musicais, alto-falantes e as cordas vocais. Assim, as ondas sonoras são ondas de natureza mecânica, pois necessitam de um meio material elástico para se propagarem, o que pode ocorrer em diversas frequências. As ondas perceptíveis pelo ouvido humano são denominadas *sons audíveis* e são aquelas cuja frequência está compreendida entre 20 Hz e 20000 Hz, podemos ainda classificá-las como ondas tridimensionais, pois se propagam nas três dimensões do espaço.



Aeronave quebrando a barreira do som.

Quando a frequência é maior que 20000 Hz, as ondas são chamadas *ultrassônicas* e quando a frequência é menor que 20 Hz, *infrassônicas*, ambas não são audíveis pelo ouvido humano.



O som propaga-se em qualquer meio material sólido, líquido ou gasoso, sendo que a sua velocidade será maior quanto mais denso for o meio; desse modo, os sólidos transmitem o som melhor do que os líquidos e estes melhor do que os gases. A tabela a seguir apresenta a velocidade do som em alguns meios, de acordo com a temperatura.

Velocidade do som em alguns meios		
Meio	Temperatura (°C)	Velocidade $\frac{m}{s}$
Ar	20	340
Água	20	1480
Alumínio	20	5000
Ferro	25	5200
Vidro	25	4540

### QUALIDADES FISIOLÓGICAS DO SOM

As qualidades fisiológicas do som, conforme as sensações sonoras produzidas, são altura, intensidade e timbre.

#### ALTURA

É a qualidade que permite distinguir sons graves e agudos. A altura depende da frequência do som emitido; quanto menor a frequência, mais grave o som e, quanto maior a frequência, mais agudo é o som. Por isso, os sons graves são conhecidos como baixos e os agudos são chamados sons altos.

A voz de um homem, falando normalmente, tem frequência que varia entre 100 Hz e 200 Hz e a da mulher entre 200 Hz e 400 Hz; desse modo, em geral, a voz do homem é grave ou grossa e a da mulher é aguda ou fina.

#### INTENSIDADE

É a qualidade que permite distinguir um som forte de um som fraco. A intensidade depende da potência e maior potência implica maior amplitude das ondas sonoras. Desse modo, um som forte tem grande amplitude e um som fraco tem pequena amplitude.

A intensidade física ( $I$ ) é a razão entre a potência transportada pela onda e a área que ela atravessa, ou seja

$$I = \frac{P}{S}$$

Na qual:

$I$  é a intensidade física;

$P$  é a potência;

$S$  é a área;

No SI, a unidade de potência é o watt (W) e a unidade de área é o metro quadrado ( $m^2$ ), portanto, a unidade de intensidade física será  $W/m^2$ .

Como potência é a energia  $\Delta E$  que atravessa uma superfície perpendicular à direção de propagação na unidade de tempo  $\Delta t$ :

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Substituindo na intensidade física  $I$ , temos:

$$I = \frac{\Delta E}{S \cdot \Delta t}$$

A menor intensidade física que uma onda sonora deve ter para que seja audível é chamada limiar de audibilidade e vale:

$$(I_0) \text{ e vale } 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

Para medir a intensidade auditiva ou **nível sonoro ( $\beta$ )**, utiliza-se uma escala logarítmica, sendo definida como:

$$\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

Na qual:

$\beta$  é o nível sonoro;

$I$  é a intensidade física do som que se quer medir;

$I_0$  é o limiar de audibilidade.

A unidade de medida do nível sonoro é o bel (B). Na prática, o nível sonoro  $\beta$  é medido em uma unidade menor, o decibel (dB), sendo:

$$1\text{dB} = \frac{1}{10}\text{B}$$

### TIMBRE

É a qualidade que permite classificar os sons de mesma altura e intensidade emitidos por fontes diferentes, ou seja, podemos distinguir a mesma nota musical emitida por um violino e um piano.

### FENÔMENOS SONOROS

As ondas sonoras apresentam os fenômenos de reflexão, refração, difração, interferência, batimento e ressonância.

#### REFLEXÃO

O fenômeno ocorre quando a onda sonora atinge um obstáculo e retorna ao meio inicial.

O ouvido humano consegue distinguir dois sons que chegam a ele se o intervalo de tempo entre os sons for superior a 0,1 s (um décimo de segundo). Dessa maneira, a reflexão do som pode fazer ocorrer o reforço, a reverberação e o eco.

#### REFORÇO

Ocorre quando a diferença entre os instantes do som direto e do som refletido é quase nula, ou seja, o obstáculo que reflete o som está muito próximo da fonte.

#### REVERBERAÇÃO

Ocorre quando o obstáculo refletor está um pouco mais afastado do que no caso do reforço, de tal maneira que o intervalo de tempo entre o som direto e o som refletido é inferior e próximo a 0,1 s. O ouvinte não percebe um novo som, mas há um prolongamento da sensação sonora, porque o som refletido chega ao ouvido, enquanto a sensação do som direto ainda não se extinguiu.

#### ECO

Ocorre quando se distingue o som direto do som refletido, isto é, o som refletido é recebido após o som direto ter-se extinguido. Como o ouvido humano consegue distinguir dois sons que chegam a ele, se o intervalo de tempo entre eles for superior a 0,1 s, para uma pessoa ouvir o eco do som por ela produzido, este deve estar, no mínimo, a 17 m do obstáculo refletor. Sendo a velocidade do som no ar de 340m/s, a distância percorrida pelo som em 0,1 s é de 34 m, que corresponde à distância de ida e volta do som, portanto, o obstáculo deve estar a 17 m, no mínimo.



### REFRAÇÃO

Consiste no processo de a onda sonora passar de um meio para outro, mudando sua velocidade de propagação e o comprimento de onda, mas mantendo constante a frequência.

### DIFRAÇÃO

Fenômeno que permite uma onda sonora ultrapassar um obstáculo. É devido à difração que podemos ouvir através de uma parede quando há uma abertura nela, como, por exemplo, uma porta aberta.

### INTERFERÊNCIA

Ocorre quando um ponto do meio recebe dois ou mais sons de fontes diferentes.

A interferência é construtiva quando as amplitudes das oscilações se reforçam, produzindo uma oscilação de amplitude maior. Nesse caso, temos uma região do espaço onde, em certos pontos, ouvimos um som forte. A interferência é destrutiva quando as amplitudes se anulam ou diminuem. Nesse caso, temos uma região do espaço onde, em certos pontos, ouvimos um som fraco ou temos a ausência de som.

### BATIMENTO

Ocorre quando ondas sonoras de frequências com pequena diferença entre si sofrem interferência. Nesse caso, a onda resultante assume valores de amplitude máximos e mínimos, provocando a intercalação de um som forte, que se ouve em dado instante, e um silêncio quase total.

### RESSONÂNCIA

Todos os corpos vibram naturalmente com certa frequência, denominada frequência natural ou própria. O fenômeno da ressonância ocorre quando um corpo começa a vibrar por influência de outro (exemplo: fonte sonora), quando a frequência emitida é idêntica a uma das suas frequências próprias.

As caixas acústicas e de instrumentos musicais são caixas de ressonância, que amplificam a intensidade do som vibrando com a mesma frequência da fonte.

### EFEITO DOPPLER

No efeito Doppler, a frequência real da onda emitida pela fonte sonora pode não coincidir com a frequência percebida pelo ouvinte, devido ao movimento relativo de aproximação ou de afastamento entre uma fonte sonora e um observador. Denominando-se  $f'$  a frequência recebida pelo observador e  $f$  a frequência emitida pela fonte, a frequência aparente é dada por:

$$f' = f \left( \frac{v \pm v_0}{v \pm v_F} \right)$$

Na qual:

$f'$  – é a frequência percebida pelo observador (aparente);

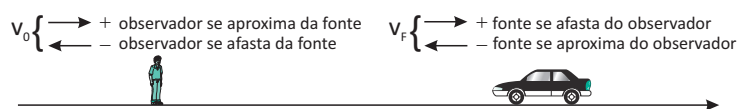
$f$  – é a frequência da fonte sonora (real);

$v$  – é a velocidade do som;

$v_0$  – é a velocidade do observador;

$v_F$  – é a velocidade da fonte.

A utilização do sinal + ou – na equação é definida de acordo com a seguinte convenção de sinais:



Se o observador estiver parado,  $v_0 = 0$  e, se a fonte estiver parada,  $v_F = 0$ .

**R** EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Numa experiência de física, dois alunos se postam um em cada extremidade de uma barra metálica, de comprimento 170 m. Um deles dá uma pancada numa das extremidades. O outro ouve dois sons, com uma defasagem de tempo de 0,45s. Sendo a velocidade do som no ar igual a 340m/s, determine a velocidade do som na barra metálica.

**Resolução:**

*Como a velocidade do som no ar é constante, o movimento é uniforme; desse modo, podemos utilizar a equação do espaço do movimento uniforme para determinar o tempo  $t_1$  que o som levou para percorrer a distância correspondente ao comprimento da barra, ou seja:*

$$s = v \cdot t$$

Substituindo os valores, temos:

$$170 = 340 \cdot t_1$$

$$\frac{170}{340}$$

$$t_1 = 0,5 \text{ s}$$

*Como a diferença de tempo entre os sons é de 0,45 s, isso significa que o tempo  $t_2$  gasto pelo som para percorrer a barra metálica é de:*

$$t_2 = 0,5 - 0,45$$

$$t_2 = 0,05 \text{ s}$$

Substituindo os valores na equação do espaço, temos:

$$170 = v \cdot 0,05$$

$$v = \frac{170}{0,05}$$

$$v = 3400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

**02** Qual é o nível de intensidade sonora, em decibéis (dB), de um som que tem intensidade de  $10^{-10} \text{ W/m}^2$ ? Considere a intensidade do limiar da percepção auditiva igual a  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ .

**Resolução:**

*O nível de intensidade sonora é dado por*

$$\beta = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

Substituindo os valores, temos:

$$\beta = 10 \cdot \log \frac{10^{-10}}{10^{-12}}$$

$$\beta = 10 \cdot \log 10^2$$

$$\beta = 10 \cdot 2 \cdot \log 10$$

$$\beta = 20 \text{ dB}$$

**03** O som é uma onda mecânica que se propaga no ar com uma velocidade variável, conforme a temperatura local. Supondo que em um lugar essa velocidade seja 340m/s. Se um alto-falante, ao vibrar sua membrana neste local, emite 1 250 pulsos por segundo:

- A** Determine a frequência de vibração da membrana, em Hertz;
- B** Determine o período de vibração;
- C** Determine o comprimento de onda da onda sonora, em metros;
- D** Sabendo-se que a velocidade do som no ar varia com a temperatura segundo a relação  $v = 330 + 0,61 \cdot \theta$ , sendo  $\theta$  em graus Celsius e a velocidade em metros por segundo. Qual a temperatura local?

**Resolução:**

- A** *Esta resposta encontra-se no próprio enunciado, já que se a membrana emite 1 250 pulsos por segundo, ela repete seu movimento 1 250 vezes em cada segundo, ou seja, esta é sua frequência.*

$$F = 1250 \text{ Hz}$$

- B** *Sabendo a frequência, só precisamos lembrar que o período é igual ao inverso da frequência, logo:*

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{1250}$$

$$T = 8 \cdot 10^{-4} \text{ s}$$

*Sendo a unidade expressa em segundos que é a unidade inversa a Hz.*

- C** *Utilizando a equação:*

$$v = \lambda f$$

*Já conhecemos a velocidade e a frequência, então basta isolarmos o comprimento de onda:*

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda = \frac{340}{1250}$$

$$\lambda = 0,272 \text{ m}$$

- D** *Sabendo-se que a velocidade do som no local é 340m/s, podemos utilizar a equação e resolvê-la:*

$$340 = 330 + 0,61 \cdot \theta$$

$$340 - 330 + 0,61 \cdot \theta$$

$$10 = 0,61 \cdot \theta$$

$$\theta = \frac{10}{0,61}$$

$$\theta \cong 16,4^\circ \text{C}$$

**04|** Dois diapasões são tocados no mesmo momento. Um deles tem frequência igual a 14kHz e outro de 7kHz. Qual o nome do intervalo acústico entre eles?

**Resolução:**

Utilizando a equação do intervalo acústico temos:

$$i = \frac{f_1}{f_2}$$

$$i = \frac{14000 \text{ Hz}}{7000 \text{ Hz}}$$

$$i = 2 \rightarrow i = 2:1$$

Consultando uma tabela, verificamos que o intervalo de 2:1 é chamado de oitava.

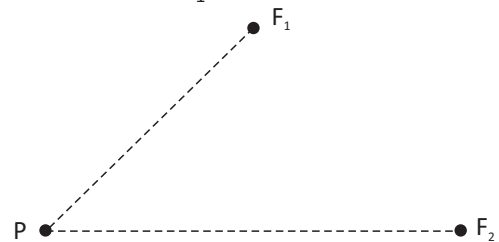
## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01|** Uma dupla de sons tem intervalo acústico de uma quinta. Sendo que ambos os sons têm mesma velocidade de propagação e o som de frequência maior tem um comprimento de onda igual a 1,3 cm. Qual é o comprimento de onda do som de menor frequência?

**02|** A legislação brasileira proíbe o uso de buzinas em regiões próximas a hospitais, escolas e dentro de túneis. Se um motorista buzinar dentro de um túnel com um nível de intensidade sonora igual a 90dB, considerando que a intensidade padrão do túnel o LSA. Se 10 motoristas buzinares dentro de um túnel, simultaneamente, com mesma intensidade sonora, qual será o nível de intensidade sonora dentro do túnel?

**03|** Dois alto-falantes, localizados em  $F_1$  e  $F_2$  emitem sons de mesma amplitude, mesma frequência e mesma fase. Em um ponto P encontra-se um ouvinte. Sabe-se que  $F_1P$  é menor que  $F_2P$ , que o comprimento de onda do som emitido é de 2,0 m e que  $F_2P = 8,0$  m. Para que o ouvinte

em P perceba interferência construtiva, qual seria o maior valor possível de  $F_1P$ ?



**04|** Uma pessoa parada na beira de uma estrada vê um automóvel aproximar-se com velocidade 0,1 da velocidade do som no ar. O automóvel está buzinando, e a sua buzina, por especificação do fabricante, emite um som puro de 990 Hz. Determine a frequência do som ouvido pelo observador.

**05|** Uma pessoa emite um som diante de um muro e depois de  $\frac{3}{4}$  de segundo ouve o eco. Calcule sua distância ao muro. *Obs.: a temperatura do ar é de 15°C e nessa temperatura a velocidade do som é de 340 m/s.*

## T ENEM E VESTIBULARES

**01| ENEM** Os radares comuns transmitem micro-ondas que refletem na água, gelo e outras partículas na atmosfera. Podem, assim, indicar apenas o tamanho e a distância das partículas, tais como gotas de chuva. O radar Doppler, além disso, é capaz de registrar a velocidade e a direção na qual as partículas se movimentam, fornecendo um quadro do fluxo de ventos em diferentes elevações. Nos Estados Unidos, a Nexrad, uma rede de 158 radares Doppler, montada na década de 1990 pela Diretoria Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), permite que o Serviço Meteorológico Nacional (NWS) emita alertas sobre situações do tempo potencialmente perigosas com um grau de certeza muito maior.

O pulso da onda do radar ao atingir uma gota de chuva, devolve uma pequena parte de sua energia numa onda de retorno, que chega ao disco do radar antes que ele

emita a onda seguinte. Os radares da Nexrad transmitem entre 860 a 1300 pulsos por segundo, na frequência de 3000 MHz. No radar Doppler, a diferença entre as frequências emitidas e recebidas pelo radar é dada por  $\Delta f = (2ur/c)f_0$  onde  $ur$  é a velocidade relativa entre a fonte e o receptor,  $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s é a velocidade da onda eletromagnética, e  $f_0$  é a frequência emitida pela fonte. Qual é a velocidade, em km/h, de uma chuva, para a qual se registra no radar Doppler uma diferença de frequência de 300 Hz?

- A** 1,5 km/h.
- B** 5,4 km/h.
- C** 15 km/h.
- D** 54 km/h.
- E** 108 km/h.

**02| UEL** A faixa de radiação eletromagnética perceptível dos seres humano está compreendida entre o intervalo de 400nm a 700nm. Considere as afirmativas a seguir.

- I. A cor é uma característica somente da luz absorvida pelos objetos.
- II. Um corpo negro ideal absorve toda a luz incidente, não refletindo nenhuma onda eletromagnética.
- III. A frequência de uma determinada cor (radiação eletromagnética) é sempre a mesma.
- IV. A luz ultravioleta tem energia maior do que a luz infravermelha.

Assinale a alternativa CORRETA.

- A** Somente as afirmativas I e II são corretas.
- B** Somente as afirmativas I e III são corretas.
- C** Somente as afirmativas II e IV são corretas.
- D** Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.
- E** Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

**03| UFPR** Quando uma pessoa fala, o que de fato ouvimos é o som resultante da superposição de vários sons de frequências diferentes. Porém, a frequência do som percebido é igual à do som de menor frequência emitido. Em 1984, uma pesquisa realizada com uma população de 90 pessoas, na cidade de São Paulo, apresentou os seguintes valores médios para as frequências mais baixas da voz falada: 100 Hz para homens, 200 Hz para mulheres e 240 Hz para crianças.

(TAFNER, Malcon Anderson. «Reconhecimento de palavras faladas isoladas usando redes neurais artificiais». Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.)

Segundo a teoria ondulatória, a intensidade  $I$  de uma onda mecânica se propagando num meio elástico é diretamente proporcional ao quadrado de sua frequência para uma mesma amplitude. Portanto, a razão  $I_F / I_M$  entre a intensidade da voz feminina e a intensidade da voz masculina é:

- A** 4,00.
- B** 0,50.
- C** 2,00.
- D** 0,25.
- E** 1,50.

**04| UFRS** A menor intensidade do som que um ser humano pode ouvir é da ordem de  $10^{-16} \text{W/cm}^2$ . Já a maior intensidade suportável (limiar da dor) situa-se em torno de  $10^{-3} \text{W/cm}^2$ .

Usa-se uma unidade especial para expressar essa grande variação de intensidades percebidas pelo ouvido humano; o bel (B). O significado dessa unidade é o seguinte: Dois sons diferem de 1B quando a intensidade de um deles é 10 vezes maior (ou menor) que a do outro, diferem de 2B quando a intensidade de um deles é 100 vezes maior (ou menor) que a do outro, diferem de 3B quando a intensidade de um deles é 1000 vezes maior (ou menor) que a do outro, e assim por diante. Na prática, usa-se o decibel (dB), que corresponde a 1/10 do bel. Quantas vezes maior é, então, a intensidade dos sons produzidos em concertos de rock (110dB) quando comparada com a intensidade do som produzida por uma buzina de automóvel (90dB)?

- A** 1,22
- B** 10
- C** 20
- D** 100
- E** 200

**05| PUC** Analise as afirmações a seguir.

- I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.
- II. Dois instrumentos iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes (intensidades) diferentes.
- III. Um mesmo instrumento é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitidos nas situações I, II e III respectivamente.

- A** Amplitude, comprimento de onda e frequência.
- B** Frequência, comprimento de onda e amplitude.
- C** Timbre, amplitude e frequência.
- D** Amplitude, timbre e frequência.
- E** Amplitude, comprimento de onda e Timbre

**06| ENEM** A ultrassonografia, também chamada de ecografia, é uma técnica de geração de imagens muito utilizada em medicina. Ela se baseia na reflexão que ocorre quando um pulso de ultrassom, emitido pelo aparelho colocado em contato com a pele, atravessa a superfície que separa um órgão do outro, produzindo ecos que podem ser captados de volta pelo aparelho. Para a observação de detalhes no interior do corpo, os pulsos sonoros emitidos têm frequências altíssimas, de até 30 MHz, ou seja,

30 milhões de oscilações a cada segundo. A determinação de distâncias entre órgãos do corpo humano feita com esse aparelho fundamenta-se em duas variáveis imprescindíveis:

- A** a intensidade do som produzido pelo aparelho e a frequência desses sons.
- B** a quantidade de luz usada para gerar as imagens no aparelho e a velocidade do som nos tecidos.
- C** a quantidade de pulsos emitidos pelo aparelho a cada segundo e a frequência dos sons emitidos pelo aparelho.
- D** a velocidade do som no interior dos tecidos e o tempo entre os ecos produzidos pelas superfícies dos órgãos.
- E** o tempo entre os ecos produzidos pelos órgãos e a quantidade de pulsos emitidos a cada segundo pelo aparelho.

**07| UFSCAR** Sabemos que, em relação ao som, quando se fala em altura, o som pode ser agudo ou grave, conforme a sua frequência. Portanto, é certo afirmar que:

- A** o que determina a altura e a frequência do som é a sua amplitude.
- B** quanto maior a frequência da fonte geradora, mais agudo é o som.
- C** o som é mais grave de acordo com a intensidade ou nível sonoro emitidos.
- D** sons mais agudos possuem menor velocidade de propagação que sons mais graves.
- E** sons graves ou agudos propagam-se com mesma velocidade no ar e no vácuo.

**08| PUC** Leia com atenção os versos abaixo de Noel Rosa.



“Quando o apito  
da fábrica de tecidos  
vem ferir os meus ouvidos  
eu me lembro de você”

Quais das características das ondas podem servir para justificar a palavra ferir?

- A** velocidade e comprimento de onda
- B** velocidade e timbre
- C** frequência e comprimento de onda
- D** frequência e intensidade
- E** intensidade e timbre

**09| UFG** A coloração do céu deve-se à dispersão da luz do Sol pelas partículas que compõem a atmosfera. Observamos que o céu é azul exceto quando o Sol encontra-se na linha do horizonte, no crepúsculo, quando sua cor é avermelhada. Lord Rayleigh mostrou que a intensidade  $I$  de luz espalhada é proporcional à quarta potência da frequência ( $I \propto f^4$ ). O comprimento de onda do azul e do vermelho são, respectivamente, da ordem de 400nm e 720nm. A razão entre as intensidades dispersadas da luz azul pela da vermelha é de, aproximadamente,

- A** 0,1
- B** 0,3
- C** 1,8
- D** 3,2
- E** 10,5

**10| UFAL** Considere que um alto-falante no alto de um poste emite ondas sonoras como uma fonte sonora pontual, com potência média constante. Um estudante, munido de um dispositivo para medição de intensidade sonora, registra  $1 \text{ mW/m}^2 = 10^{-3} \text{ W/m}^2$  a uma distância de 6 m do alto-falante.

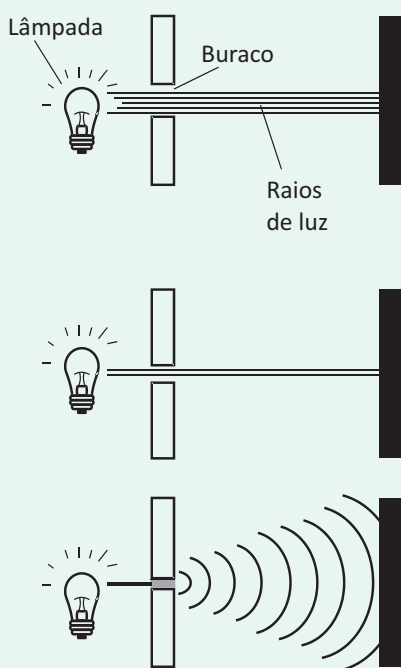
Desconsidere a influência de eventuais reflexões das ondas sonoras. Se o estudante se afastar até uma distância de 10 m do alto-falante, que intensidade sonora ele medirá?

- A**  $1 \text{ mW/m}^2$
- B**  $0,6 \text{ mW/m}^2$
- C**  $0,36 \text{ mW/m}^2$
- D**  $0,06 \text{ mW/m}^2$
- E**  $0,01 \text{ mW/m}^2$

**11| UFMS** Um concertista, ao tocar seu violão, executa as notas musicais com as durações e frequências que caracterizam a música tocada. As pessoas que estão na plateia, tanto as mais próximas quanto as mais distantes, escutam as mesmas notas, com as mesmas durações e frequências, ou seja, a mesma música. Esse fato pode ser atribuído

- A** à qualidade acústica da sala de concertos.
- B** à afinação do instrumento.
- C** ao fato de a velocidade do som ter o mesmo módulo para todas as frequências sonoras.
- D** ao fenômeno da reverberação.
- E** ao fenômeno da ressonância.

**12| ENEM** Ao diminuir o tamanho de um orifício atravessado por um feixe de luz, passa menos luz por intervalo de tempo, e próximo da situação de completo fechamento do orifício, verifica-se que a luz apresenta um comportamento como o ilustrado nas figuras. Sabe-se que o som, dentro de suas particularidades, também pode se comportar dessa forma.



FIOLHAIS, G. Física divertida. Brasília: UnB, 2000 (adaptado).

Em qual das situações a seguir está representado o fenômeno descrito no texto?

- A** Ao se esconder atrás de um muro, um menino ouve a conversa de seus colegas.
- B** Ao gritar diante de um desfiladeiro, uma pessoa ouve a repetição do seu próprio grito.
- C** Ao encostar o ouvido no chão, um homem percebe o som de uma locomotiva antes de ouvi-lo pelo ar.
- D** Ao ouvir uma ambulância se aproximando, uma pessoa percebe o som mais agudo do que quando aquela se afasta.
- E** Ao emitir uma nota musical muito aguda, uma cantora de ópera faz com que uma taça de cristal se despedace.

**13| UFSM** Uma sala de concertos deve permitir uma percepção clara dos sons, por isso deve estar livre de eco e o tempo de reverberação deve ser pequeno. Assim,

- I. na reverberação, trens de onda emitidos simultaneamente pela mesma fonte sonora, percorrendo caminhos diferentes no ar, chegam ao ouvinte em instantes de tempo diferentes, mas não são percebidos como sons separados.
- II. o fenômeno de reverberação pode ser explicado considerando-se a interferência dos trens de onda emitidos pela mesma fonte.
- III. no eco, trens de onda emitidos simultaneamente pela mesma fonte sonora, percorrendo caminhos diferentes no ar, chegam ao ouvinte em instantes de tempo diferentes e são percebidos como sons separados.

Está(ão) correta(s)

- A** apenas I.
- B** apenas II.
- C** apenas III.
- D** apenas I e III.
- E** apenas II e III.

**14| ITA** Uma banda de rock irradia uma certa potência em um nível de intensidade sonora igual a 70 decibéis. Para elevar esse nível a 120 decibéis, a potência irradiada deverá ser elevada de

- A** 71%
- B** 171%
- C** 7.100%
- D** 9.999.900%
- E** 10.000.000%

**15| UFSM** Um dos instrumentos de corda mais conhecido e utilizado é o violão. Nos modelos populares, o corpo do instrumento é feito de madeira e as cordas podem ser de nylon ou de aço. Considerando essa informação, preencha corretamente as lacunas.

Num violão com cordas de aço, a afinação \_\_\_\_\_ da temperatura ambiente, porque o aço e a madeira têm \_\_\_\_\_ coeficientes de dilatação. Em outras palavras, com a mudança de temperatura, muda \_\_\_\_\_ do som emitido pelo instrumento.

- A** independe – mesmos – o timbre
- B** independe – mesmos – a altura
- C** independe – diferentes – o timbre
- D** depende – diferentes – a altura
- E** depende – mesmos – o timbre



## TUBOS SONOROS

Órgão de tubulação encontrado em algumas igrejas históricas.

Quem não aprecia ouvir uma boa música? A música está presente em todos os nossos momentos, sejam felizes ou tristes, e nas celebrações mais importantes de nossas vidas. Os instrumentos musicais fazem parte da História da Humanidade e da história de cada um de nós desde os primórdios.

Assim, como as cordas ou molas, ar ou gás contido dentro de um tubo, podem vibrar com frequências sonoras, constituíram-se instrumentos musicais como a flauta, corneta, clarinete, etc. que são construídos, basicamente, por tubos sonoros. Nestes instrumentos, uma coluna de ar é posta a vibrar ao soprar-se uma das extremidades do tubo, chamada embocadura, que possui os dispositivos vibrantes apropriados. Os tubos são classificados como abertos e fechados.



shutterstock.com

Assim, as ondas produzidas refletem-se nas extremidades do tubo criando ondas estacionárias que preenchem o tubo.

Como é a coluna de ar que vibra, cria-se na extremidade oposta à embocadura:

- um ventre, se a extremidade for aberta e o ar puder vibrar e sair livremente;
- um nó, se a extremidade for fechada, visto que o ar não estará livre para vibrar. Analisemos, inicialmente, as frequências ressonantes de um tubo aberto.

### TUBO ABERTO

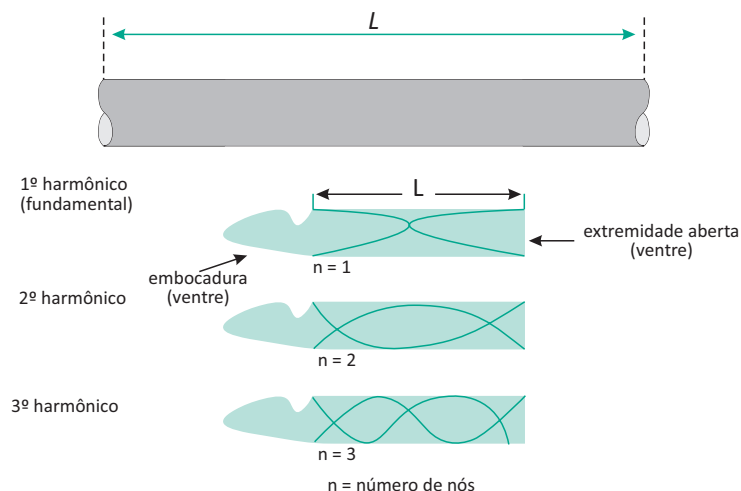
A figura abaixo mostra as três primeiras frequências ressonantes de um tubo aberto de comprimento  $L$ . Lembre-se de que a onda estacionária, nesse caso, é do tipo longitudinal, e que a representação mostrada na figura visa apenas facilitar a visualização da onda. Dessa vez vamos considerar, na onda estacionária, a distância entre ventres consecutivos, que é igual a  $\lambda/2$ .

Observe que a relação existente entre o comprimento  $L$  do tubo aberto e o comprimento de onda  $\lambda$ , da onda estacionária que nele se estabelece é idêntica à obtida para as cordas vibrantes:

$$L = n \cdot \frac{\lambda_n}{2} \text{ em que: } n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

de onde temos também:

$$\lambda_n = \frac{2 \cdot L}{n} \text{ em que: } n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$





## TUBOS FECHADOS

Vejamos agora como se comporta um tubo fechado de comprimento  $L$ .

Deve-se ressaltar que a extremidade fechada do tubo será sempre sede de um nó da onda estacionária, visto que o ar não pode, nesse ponto, vibrar livremente. Isso se comprova quando soprarmos o ar junto ao gargalo de uma garrafa: se soprarmos de qualquer maneira, talvez não consigamos obter som, a não ser que, por tentativas, soprarmos de modo tal que o nó da onda estacionária formada fique posicionado no fundo da garrafa — quando, então, obteremos o som característico daquele tubo.

Agora, devemos lembrar-nos da relação entre o comprimento  $L$  do tubo e o comprimento de onda  $\lambda$ , em função de  $\lambda/4$ , distância entre um ventre e um nó consecutivos da onda estacionária.

A relação existente entre o comprimento  $L$  do tubo fechado e o comprimento de onda  $\lambda$  da onda estacionária é, agora, dada por:

$$L = n \cdot \frac{\lambda_n}{4} \text{ em que: } n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

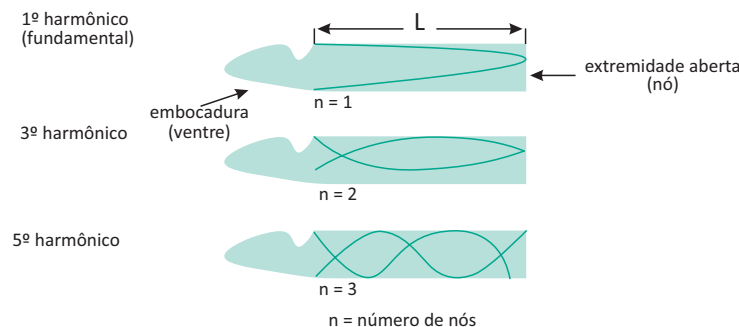
$$\text{de onde temos também: } \lambda_n = \frac{4 \cdot L}{n} \text{ em que: } n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

Para determinarmos as frequências correspondentes podemos, mais uma vez, aplicar a relação  $v = \lambda \cdot f$  e obter:

$$v = \lambda \cdot f$$

$$v = \frac{4 \cdot L}{n} \cdot f_n$$

$$f_n = n \cdot \frac{v}{4 \cdot L} \text{ em que: } n = 1, 3, 5, 7, \dots$$



Para  $n = 1$ , podemos obter o harmônico fundamental:

$$f_1 = \frac{v}{4L}$$

Para os demais harmônicos:

$$f_n = n \cdot f_1 \text{ para } n = 1, 3, 5, 7, \dots$$

Observa-se que os tubos fechados podem apresentar apenas os harmônicos superiores de ordem ímpar: terceiro, quinto, sétimo, etc.

### Observação

Como vimos anteriormente, a velocidade de propagação da onda sonora na coluna de ar presente no interior dos tubos — abertos ou fechados — é função da temperatura absoluta do gás:

$$v = \sqrt{k \cdot T}$$

Por esse motivo, uma variação de temperatura pode alterar a afinação de um instrumento musical de sopro: um aumento de temperatura, por exemplo, provoca um aumento na velocidade de propagação do som e, conseqüentemente, o tubo emitirá um harmônico fundamental de maior frequência, portanto mais agudo. A afinação, nesse caso, é obtida com um conveniente aumento no comprimento  $L$  do tubo. Deve-se ressaltar que um aumento de temperatura também pode provocar a desafinação dos instrumentos de corda, devido à dilatação das cordas tensas, pois isto acarreta uma diminuição da força tensora na corda.

## HISTÓRIA DO ÓRGÃO

O órgão é um instrumento musical no qual o som é produzido pela passagem do ar comprimido através de tubos de metal e madeira. De fato, o mesmo é considerado um dos instrumentos mais antigos de toda a música ocidental e o primeiro dos instrumentos de teclas. Os órgãos são conhecidos por sua utilização em grandes igrejas e sua tradição na liturgia cristã; a introdução dos mesmos no meio religioso é atribuída ao Papa Vitaliano, no século VII.

A história do instrumento se inicia no século III a.C, com a criação do hydraulos, ou órgão hidráulico, pelo grego Ctesíbio de Alexandria. De fato, tal invento, desenvolvido a partir de uma flauta típica de origem grega, é considerado como o “patriarca” dos órgãos. O hydraulos foi amplamente usado durante vários séculos em festividades, no circo e nos anfiteatros, até o surgimento no século IX do órgão pneumático, movido por foles manuais, sistema que até hoje ainda é fabricado.

A autorização do uso dos órgãos nas igrejas só foi concretizada em 1565, pelo Concílio de Milão. Estes eram os únicos instrumentos permitidos nas celebrações religiosas. Tal realidade durou vários séculos, aspecto que levou o órgão a ter uma grande relevância e um papel de notória importância para as sociedades dessas épocas. Somente no ano de 1962, com o Concílio Vaticano II, é que outros instrumentos foram admitidos nas liturgias da Igreja Católica, aspecto que resultou no constante declínio do uso do órgão pneumático.

Já os órgãos eletrônicos surgiram somente nos anos 70, como uma evolução natural dos sintetizadores. Hoje em dia, são encontrados órgãos de todos os tipos, cada vez mais complexos e dotados de recursos inovadores.



<http://www.historiadetudo.com/orgao.html>

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Ondas estacionárias são produzidas num tubo sonoro fechado. Sabendo-se que o primeiro harmônico corresponde ao tubo vibrando com um nó e um ventre ( $n = 1$ ), o terceiro harmônico corresponde ao tubo vibrando com dois nós e dois ventres ( $n = 2$ ), represente o tubo vibrando no quinto harmônico ( $n = 3$ ) e calcule frequência de vibração do tubo, em função de  $L$  e de  $v$ .

**Resolução:**

$$\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4} = L$$

$$\lambda = 2 \cdot \frac{L}{3}$$

e

$$f = \frac{3 \cdot v}{2 \cdot L}$$

$$\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = 4 \cdot \frac{L}{5} \text{ e } f = \frac{5 \cdot v}{4 \cdot L}$$

**02** Ondas estacionárias são produzidas num tubo sonoro fechado. Sabendo-se que o primeiro harmônico corresponde ao tubo vibrando com um nó e um ventre ( $n = 1$ ), o terceiro harmônico corresponde ao tubo vibrando com dois nós e dois ventres

( $n = 2$ ), represente o tubo vibrando no quinto harmônico ( $n = 3$ ) e calcule frequência de vibração do tubo, em função de  $L$  e de  $v$ .

**Resolução:**

$$\frac{\lambda}{4} + \frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} = L$$

$$\lambda = 4 \cdot \frac{L}{5}$$

e

$$f = \frac{5 \cdot v}{4 \cdot L}$$

**03** Têm-se dois tubos sonoros, um aberto e outro fechado, que emitem a mesma frequência fundamental de 330 Hz. Sabendo-se que o som se propaga no ar com velocidade de 330 m/s, determine os comprimentos de cada tubo.

**Resolução:**

*Tubo aberto:*

$$f = \frac{v}{2L} \rightarrow 330 = \frac{330}{2 \cdot L} \rightarrow L = 0,5 \text{ m}$$

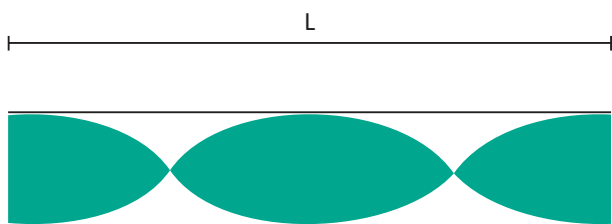
*Tubo fechado:*

$$f = \frac{v}{4L} \rightarrow 330 = \frac{330}{4 \cdot L} \rightarrow L = 0,25 \text{ m}$$

**F** EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01** Um tubo fechado tem comprimento igual a 50 cm. Ele emite um som de frequência fundamental igual a duas vezes a frequência fundamental do som emitido por um tubo aberto. Ambos são preenchidos com ar. Qual é o comprimento do tubo aberto?

**02** **UERJ** O som do apito do transatlântico é produzido por um tubo aberto de comprimento  $L$  igual a 7,0 m. Considere que o som no interior desse tubo propaga-se à velocidade de 340 m/s e que as ondas estacionárias produzidas no tubo, quando o apito é acionado, têm a forma representada pela figura a seguir.

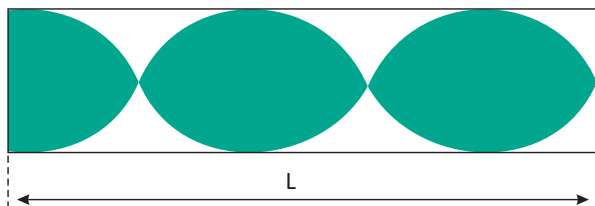


- A** Determine a frequência de vibração das ondas sonoras no interior do tubo.
- B** Admita que o navio se afaste perpendicularmente ao cais do porto onde esteve ancorado, com velocidade constante e igual a 10 nós.

Calcule o tempo que as ondas sonoras levam para atingir esse porto quando o tubo do apito se encontra a 9.045 m de distância.

Dado: 1 nó = 0,5 m/s

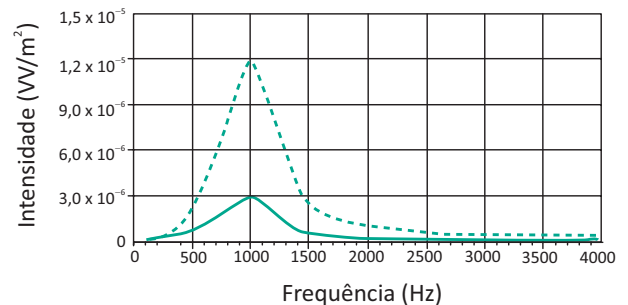
**03** **UFPE** A figura mostra uma onda estacionária em um tubo de comprimento  $L = 5$  m, fechado em uma extremidade e aberto na outra.



Considere que a velocidade do som no ar é 340 m/s e determine a frequência do som emitido pelo tubo, em hertz.

**04** **UNICAMP** O ruído sonoro nas proximidades de rodovias resulta, predominantemente, da compressão do ar pelos pneus de veículos que trafegam a altas velocidades.

O uso de asfalto emborrachado pode reduzir significativamente esse ruído. O gráfico a seguir mostra duas curvas de intensidade do ruído sonoro em função da frequência, uma para asfalto comum e outra para asfalto emborrachado.



- A** As intensidades da figura foram obtidas a uma distância  $r = 10$  m da rodovia. Considere que a intensidade do ruído sonoro é dada por  $I = P/4\pi r^2$ , onde  $P$  é a potência de emissão do ruído.

Calcule  $P$  na frequência de 1000 Hz para o caso do asfalto emborrachado. Considere  $p = 3$

- B** Uma possível explicação para a origem do pico em torno de 1000 Hz é que as ranhuras longitudinais dos pneus em contato com o solo funcionam como tubos sonoros abertos nas extremidades. O modo fundamental de vibração em um tubo aberto ocorre quando o comprimento de onda é igual ao dobro do comprimento do tubo. Considerando que a frequência fundamental de vibração seja 1000 Hz, qual deve ser o comprimento do tubo? A velocidade de propagação do som no ar é  $v = 340$  m/s.

**05** **UNIFESP** Quando colocamos uma concha junto ao ouvido, ouvimos um “ruído de mar”, como muita gente diz, talvez imaginando que a concha pudesse ser um gravador natural. Na verdade, esse som é produzido por qualquer cavidade colocada junto ao ouvido – a nossa própria mão em forma de concha ou um canudo, por exemplo.

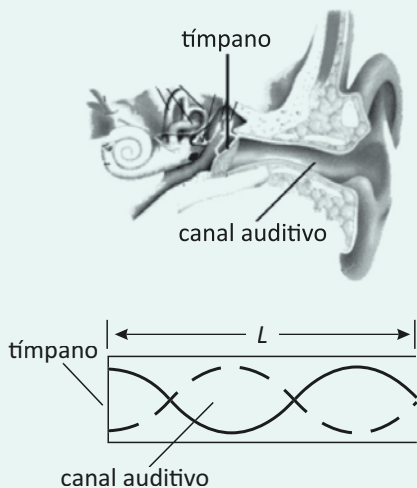
- A** Qual a verdadeira origem desse som? Justifique.
- B** Se a cavidade for um canudo de 0,30 m aberto nas duas extremidades, qual a frequência predominante desse som?

Dados:

velocidade do som no ar:  $v = 330$  m/s;

## T ENEM E VESTIBULARES

- 01| ENEM** Um dos modelos usados na caracterização dos sons ouvidos pelo ser humano baseia-se na hipótese de que ele funciona como um tubo ressonante. Neste caso, os sons externos produzem uma variação de pressão do ar no interior do canal auditivo, fazendo a membrana (tímpano) vibrar. Esse modelo pressupõe que o sistema funciona de forma equivalente à propagação de ondas sonoras em tubos com uma das extremidades fechadas pelo tímpano. As frequências que apresentam ressonância com o canal auditivo têm sua intensidade reforçada, enquanto outras podem ter sua intensidade atenuada.



Considere que, no caso de ressonância, ocorra um nó sobre o tímpano e ocorra um ventre da onda na saída do canal auditivo, de comprimento  $L$  igual a 3,4 cm. Assumindo que a velocidade do som no ar ( $v$ ) é igual a 340m/s, a frequência do primeiro harmônico (frequência fundamental,  $n = 1$ ) que se formaria no canal, ou seja, a frequência mais baixa que seria reforçada por uma ressonância no canal auditivo, usando este modelo é

- A** 0,025 kHz, valor que considera a frequência do primeiro harmônico como igual a  $nv/4L$  e equipara o ouvido a um tubo com ambas as extremidades abertas.
- B** 2,5 kHz, valor que considera a frequência do primeiro harmônico como igual a  $nv/4L$  e equipara o ouvido a um tubo com uma extremidade fechada.
- C** 10 kHz, valor que considera a frequência do primeiro harmônico como igual a  $nv/L$  e equipara o ouvido a um tubo com ambas as extremidades fechadas.
- D** 2.500 kHz, valor que expressa a frequência do primeiro harmônico como igual a  $nv/L$ , aplicável ao ouvido humano.
- E** 10.000 kHz, valor que expressa a frequência do primeiro harmônico como igual a  $nv/L$ , aplicável ao ouvido e a tubo aberto e fechado.

- 02| UFG** As ondas eletromagnéticas geradas pela fonte de um forno de micro-ondas têm uma frequência bem característica, e, ao serem refletidas pelas paredes internas do forno, criam um ambiente de ondas estacionárias. O cozimento (ou esquentamento) ocorre devido ao fato de as moléculas constituintes do alimento, sendo a de água a principal delas, absorverem energia dessas ondas e passarem a vibrar com a mesma frequência das ondas emitidas pelo tubo gerador do forno. O fenômeno físico que explica o funcionamento do forno de micro-ondas é a

- A** ressonância.
- B** interferência.
- C** difração.
- D** polarização.
- E** refração

- 03| ITA** Dois tubos de órgão, A e B, tem o mesmo comprimento  $L$ , sendo que A é fechado e B é aberto. Sejam  $f_A$  e  $f_B$  as frequências fundamentais emitidas, respectivamente, por A e B. Designando por  $V$  a velocidade do som no ar, podemos afirmar que:



- A**  $f_A = 2 f_B$
- B**  $f_A = V/2L$
- C**  $f_B = V/4L$
- D**  $f_A = 4 f_B$
- E**  $f_A = V/4L$

**04| UFRJ** O grupo brasileiro Uakti constrói seus próprios instrumentos musicais. Um deles consiste em vários canos de PVC de comprimentos variados. Uma das pontas dos canos é mantida fechada por uma membrana que emite sons característicos ao ser percutida pelos artistas, enquanto a outra é mantida aberta. Sabendo-se que o módulo da velocidade do som no ar vale 340 m/s, é correto afirmar que as duas frequências mais baixas emitidas por um desses tubos, de comprimento igual a 50 cm, são:

- A** 170 Hz e 340 Hz
- B** 170 Hz e 510 Hz.
- C** 200 Hz e 510 Hz.
- D** 340 Hz e 510 Hz.
- E** 200 Hz e 340 Hz.

**05| UFJF** Considerando que a velocidade do som no ar é igual a 340 m/s e que o canal auditivo humano pode ser comparado a um tubo de órgão com uma extremidade aberta e a outra fechada, qual deveria ser o comprimento do canal auditivo para que a frequência fundamental de uma onda sonora estacionária nele produzida seja de 3400 Hz?

- A** 2,5 m
- B** 2,5 cm
- C** 0,25 cm
- D** 0,10 m
- E** 0,10 cm

**06| ITA** Um tubo sonoro aberto em uma das extremidades e fechado na outra apresenta uma frequência fundamental de 200Hz. Sabendo-se que o intervalo de frequências audíveis é aproximadamente de 20Hz a 16.000Hz, pode-se afirmar que o número de frequências audíveis emitidas pelo tubo é, aproximadamente:

- A** 1.430
- B** 200
- C** 80
- D** 40
- E** 20

**07| CESGRANRIO** O maior tubo do órgão de uma catedral tem comprimento de 10m; o tubo menor tem comprimento de 2cm. Os tubos são abertos, a velocidade do

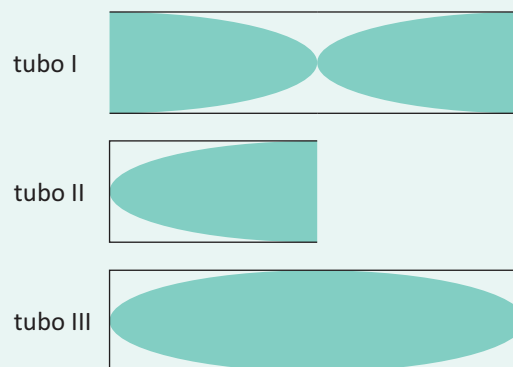
som no ar é 340m/s. Quais são os valores extremos de frequências sonoras que o órgão pode emitir, sabendo-se que os tubos ressoam no fundamental?



Menor frequência Maior frequência

- A** 17Hz 8,5.10<sup>3</sup>Hz
- B** 14Hz 6,8.10<sup>3</sup>Hz
- C** 17Hz 3,4.10<sup>3</sup>Hz
- D** 2,0Hz 8,5.10<sup>3</sup>Hz
- E** 2,0Hz 1,0.10<sup>3</sup>Hz

**08| FUNREI** A figura abaixo representa três tubos acústicos de comprimento D.

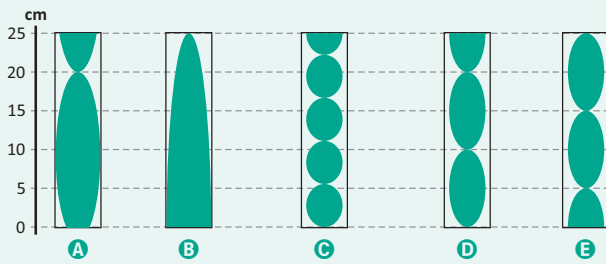


Com relação às frequências de seus modos de vibração fundamentais, é correto afirmar que:

- A**  $F_I = F_{II} = F_{III}$
- B**  $F_I = 2F_{II} = 4F_{III}$
- C**  $2F_{II} = F_I = F_{III}$
- D**  $F_{III} = 2F_{II} = 4F_I$
- E** nenhuma das alternativas

**09| FUVEST** Um músico sopra a extremidade aberta de um tubo de 25cm de comprimento, fechado na outra extremidade, emitindo um som na frequência  $f=1.700\text{Hz}$ . A velocidade do som no ar nas condições do experimento é  $V=340\text{m/s}$ . Dos diagramas abaixo, aquele que melhor representa a amplitude de deslocamento da onda sono-

ra estacionária no tubo pelo sopro do músico, é:



**10| UFES** Na ilha Escalvada, em frente a Guarapari, existe um farol de auxílio à navegação. Em um dia com muito vento, estando a porta da base e a janela do topo do farol abertas, observa-se a formação de uma ressonância sonora com frequência de 30Hz no interior do farol. O farol pode ser considerado como um tubo ressonante de extremidades abertas. Sabendo-se que a velocidade do som no ar é 340m/s e considerando-se que a onda estacionária tem três nós de deslocamento, a altura do farol é:

- A** 12m
- B** 15m
- C** 17m
- D** 21m
- E** 34m

**11| UDESC** Dois tubos sonoros de um órgão têm o mesmo comprimento, um deles é aberto e o outro fechado. O tubo fechado emite o som fundamental de 500 Hz à temperatura de 20oC e à pressão atmosférica. Dentre as frequências abaixo, indique a que esse tubo não é capaz de emitir.

- a) 1500 Hz
- b) 4500 Hz
- c) 1000 Hz
- d) 2500 Hz
- e) 3500 Hz

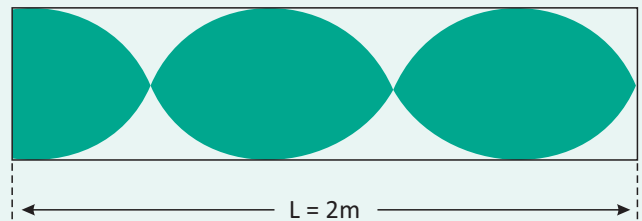
**12| UNESP** Um aluno, com o intuito de produzir um equipamento para a feira de ciências de sua escola, selecionou 3 tubos de PVC de cores e comprimentos diferentes, para a confecção de tubos sonoros. Ao bater com a mão espalmada em uma das extremidades de cada um dos tubos, são produzidas ondas sonoras de diferentes frequências. A tabela a seguir associa a cor do tubo com a frequência sonora emitida por ele:

Cor	Vermelho	Azul	Roxo
Frequência (Hz)	290	440	494

Podemos afirmar corretamente que, os comprimentos dos tubos vermelho (L vermelho), azul (L azul) e roxo (L roxo), guardam a seguinte relação entre si:

- A**  $L_{\text{vermelho}} < L_{\text{azul}} > L_{\text{roxo}}$ .
- B**  $L_{\text{vermelho}} = L_{\text{azul}} = L_{\text{roxo}}$ .
- C**  $L_{\text{vermelho}} > L_{\text{azul}} = L_{\text{roxo}}$ .
- D**  $L_{\text{vermelho}} > L_{\text{azul}} > L_{\text{roxo}}$ .
- E**  $L_{\text{vermelho}} < L_{\text{azul}} < L_{\text{roxo}}$ .

**13| UNEMAT** A figura abaixo representa uma onda estacionária que se forma em um tubo sonoro fechado.



Considere a velocidade do som no ar igual a 340m/s. Assinale a alternativa que representa a frequência do som emitido pelo tubo.

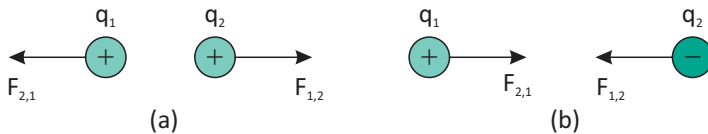
- A** 680 hz
- B** 170 hz
- C** 212,5 hz
- D** 185,5 hz
- E** 92,5 hz



## FORÇA ELÉTRICA

Todos conhecemos os efeitos das cargas elétricas, mas, como as demais forças existentes na natureza, ainda não se tem bem claro o que realmente são essas cargas.

### LEI DE COULOMB



A interação elétrica entre duas partículas eletrizadas é descrita em termos das forças que elas exercem mutuamente. O módulo da força elétrica que a carga 1 exerce na carga 2, separadas por uma distância  $d$ , é dado por:

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{d^2}$$

Onde:

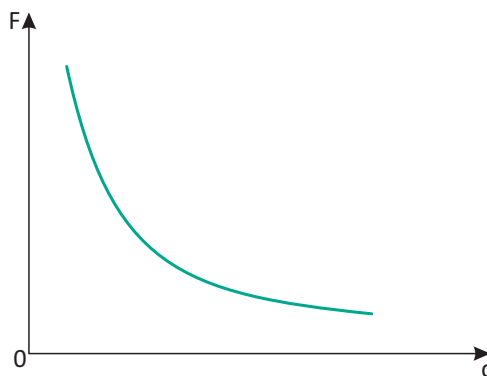
$F$  = força de atração ou repulsão entre as cargas, em Newtons (N).

$k = 8,98755 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2} \cong 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$  = constante eletrostática.

$q_1, q_2$  = carga elétrica da partícula, em coulomb (C).

$d$  = distância entre as cargas elétricas, em metros (m).

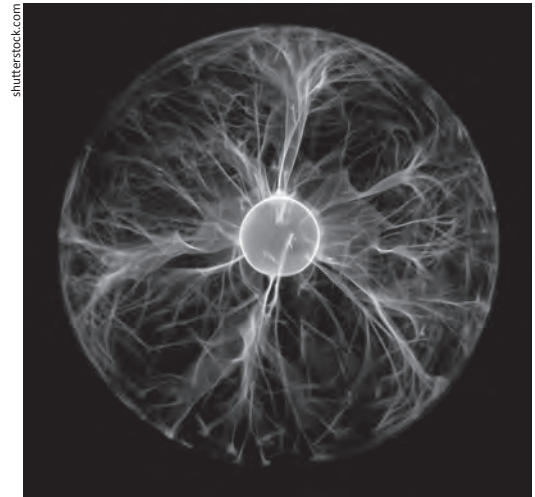
Como se percebe a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância (Raio) entre as cargas analisadas, assim pode-se construir a relação gráfica abaixo:



A equação de Coulomb pode ainda ser expressa da seguinte forma:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1 q_2|}{d^2}$$

Em que  $\epsilon_0$  representa a permissividade do espaço cujo valor é aproximadamente  $8,854185 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$





## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Duas partículas, eletricamente carregadas com  $+ 8,0 \cdot 10^{-6}$  C cada uma, são colocadas no vácuo a uma distância de 30 cm, onde  $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ . A força de interação eletrostática entre essas cargas é:

- A** de repulsão e igual a 6,4 N.
- B** de repulsão e igual a 1,6 N.
- C** de atração e igual a 6,4 N.
- D** de atração e igual a 1,6 N.
- E** impossível de ser determinada.

**Resolução:**

Como ambas as cargas são positivas, pela Lei de Dufay a força entre elas é de repulsão e pela Lei de Coulomb:

$$F = K \cdot \frac{|Q| \cdot |Q|}{d^2} \text{ onde } Q = +8,0 \cdot 10^{-6} \text{ e } d = 30 \text{ cm} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m}$$

$$\text{Temos: } F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-6} \cdot 8 \cdot 10^{-6}}{(3 \cdot 10^{-1})^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \frac{64 \cdot 10^{-12}}{9 \cdot 10^{-2}}$$

$$F = 6,4 \text{ N}$$

**02** Consideremos duas cargas elétricas de módulos  $+ 4$  C e  $+ 2$  C, respectivamente, situadas a uma distância de 2 m uma da outra, no vácuo, onde  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ . Vamos calcular a força elétrica entre as cargas.

**Resolução:**

Temos  $q = 2\text{C}$ ;  $Q = 4\text{C}$  e  $d = 2 \text{ m}$ . Aplicando-se a lei de Coulomb:

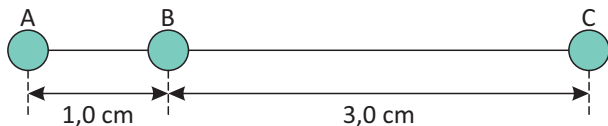
$$F = K \cdot \frac{Q \cdot q}{d^2}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 2}{2^2} = 18 \cdot 10^9$$

$$F = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ N}$$

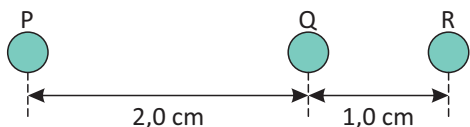
## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01** **FUVEST** Três objetos com cargas elétricas estão alinhados como mostra a figura. O objeto C exerce sobre B uma força igual a  $3,0 \cdot 10^{-6}$  N.



Calcule a força resultante dos efeitos de A e C sobre B.

**02** **USP** Três objetos puntiformes com cargas elétricas iguais estão localizados como mostra a figura abaixo.



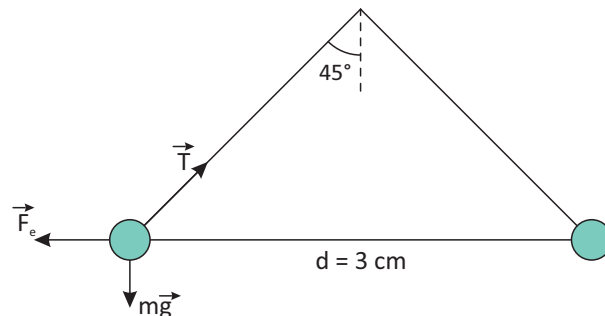
A intensidade da força elétrica exercida por R sobre Q é de  $8 \cdot 10^{-5}$  N. Qual a intensidade da força elétrica exercida por P sobre Q?

**03** **UNICAMP** Em 2012 foi comemorado o centenário da descoberta dos raios cósmicos, que são partículas provenientes do espaço.

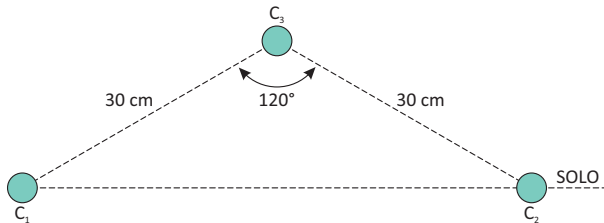
- A** Os neutrinos são partículas que atingem a Terra, provenientes em sua maioria do Sol. Sabendo-se

que a distância do Sol à Terra é igual a  $1,5 \times 10^{11}$  m, e considerando a velocidade dos neutrinos igual a  $3,0 \times 10^8$  m/s, calcule o tempo de viagem de um neutrino solar até a Terra.

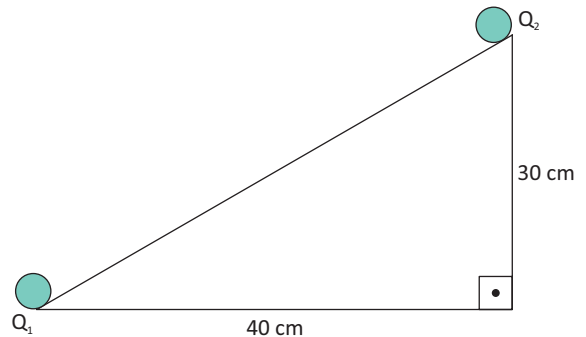
- B** As partículas ionizam o ar e um instrumento usado para medir esta ionização é o eletroscópio. Ele consiste em duas hastes metálicas que se repelem quando carregadas. De forma simplificada, as hastes podem ser tratadas como dois pêndulos simples de mesma massa  $m$  e mesma carga  $q$  localizadas nas suas extremidades. O módulo da força elétrica entre as cargas é dado por  $F_e = k \frac{q^2}{d^2}$ , sendo  $k = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ . Para a situação ilustrada na figura abaixo, qual é a carga  $q$ , se  $m = 0,004$  g?



**04| MACK** Num plano vertical, perpendicular ao solo, situam-se três pequenos corpos idênticos, de massas individuais iguais a  $m$  e eletrizados com cargas de  $1,0 \mu\text{C}$  cada uma. Os corpos  $C_1$  e  $C_2$  estão fixos no solo, ocupando, respectivamente, dois dos vértices de um triângulo isósceles, conforme a figura abaixo. O corpo  $C_3$ , que ocupa o outro vértice do triângulo, está em equilíbrio quando sujeito exclusivamente às forças elétricas e ao seu próprio peso. Adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e  $k_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ; calcule a massa  $m$  de cada um desses corpos.

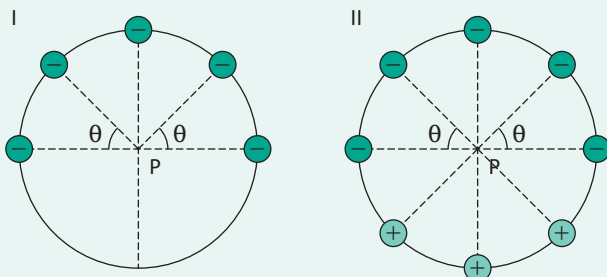


**05|** Na figura a seguir, a carga  $Q_1 = 0,5 \mu\text{C}$  fixa em A tem uma massa  $3,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ . A carga  $Q_2$  de massa  $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$  é abandonada no topo do plano inclinado, perfeitamente liso, e permanece em equilíbrio. Adotando  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e  $K = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ , calcule o módulo da carga  $Q_2$ .



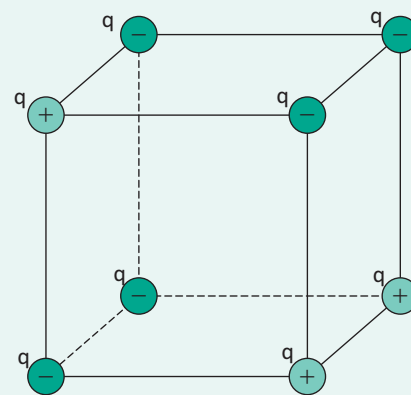
## T ENEM E VESTIBULARES

**01| FUVEST** Pequenas esferas, carregadas com cargas elétricas negativas de mesmo módulo  $Q$ , estão dispostas sobre um anel isolante e circular, como indicado na figura I. Nessa configuração, a intensidade da força elétrica que age sobre uma carga de prova negativa, colocada no centro do anel (ponto P), é  $F_1$ . Se forem acrescentadas sobre o anel três outras cargas de mesmo módulo  $Q$ , mas positivas, como na figura II, a intensidade da força elétrica no ponto P passará a ser



- A zero
- B  $(1/2)F_1$
- C  $(3/4)F_1$
- D  $F_1$
- E  $2 F_1$

**02| PUC** Em cada um dos vértices de uma caixa cúbica de aresta  $\ell$  foram fixadas cargas elétricas de módulo  $q$  cujos sinais estão indicados na figura.

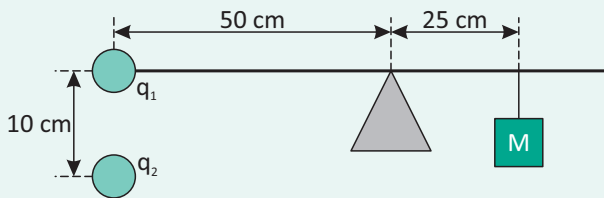


Se  $k$  a constante eletrostática do meio, o módulo da força elétrica que atua sobre uma carga, pontual de módulo  $2q$ , colocada no ponto de encontro das diagonais da caixa cúbica é:

- A  $\frac{4kq^2}{3\ell^2}$
- B  $\frac{8kq^2}{3\ell^2}$
- C  $\frac{16kq^2}{3\ell^2}$
- D  $\frac{8kq^2}{\ell^2}$
- E  $\frac{4kq^2}{\ell^2}$

**03| UPE** A figura a seguir representa uma régua rígida com  $1,0 \text{ m}$  de comprimento e massa desprezível, pivotada em seu centro. Uma carga elétrica  $q_1 = 5 \times 10^{-7} \text{ C}$  é fi-

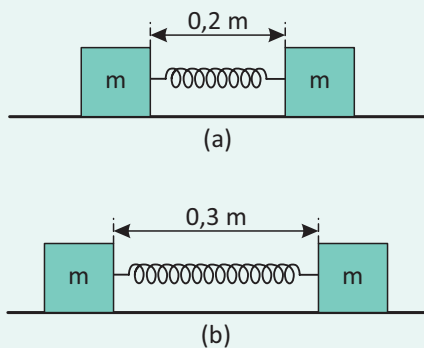
xada sobre uma das extremidades da régua. Uma segunda carga elétrica  $q_2$  de mesmo módulo e sinal oposto a de  $q_1$  é fixada a uma distância  $d = 10$  cm diretamente abaixo de  $q_1$ . Para contrabalançar a atração entre as duas cargas, pendura-se um bloco de massa  $M$  a 25 cm do pivô do lado oposto ao das cargas. Considere a constante eletrostática no vácuo  $K = 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ .



Para o sistema permanecer em equilíbrio, a massa  $M$  do bloco vale em kg:

- A  $5,4 \cdot 10^{-3}$
- B  $3,2 \cdot 10^3$
- C  $4,5 \cdot 10^{-2}$
- D  $2,3 \cdot 10^2$
- E  $9,0 \cdot 10^{-2}$

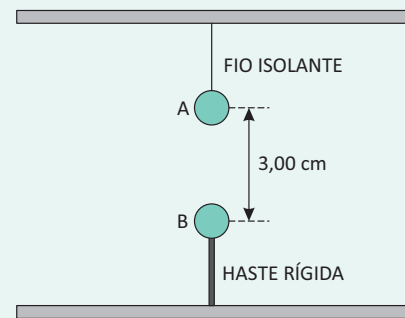
**04 | UPE** Na figura (a) abaixo, dois blocos metálicos idênticos, de massa  $m$ , repousam sobre uma superfície horizontal sem atrito, conectados por uma mola metálica de massa desprezível, de constante elástica  $K = 100 \text{ N/m}$  e comprimento de  $0,2 \text{ m}$ , quando relaxada. Uma carga  $Q$  colocada lentamente no sistema faz com que a mola estique até um comprimento de  $0,3 \text{ m}$ , como representado na figura (b). Considere que a constante eletrostática do vácuo vale  $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$  e suponha que toda carga reside nos blocos e que estes se comportam como cargas pontuais.



A carga elétrica  $Q$ , em coulombs, vale:

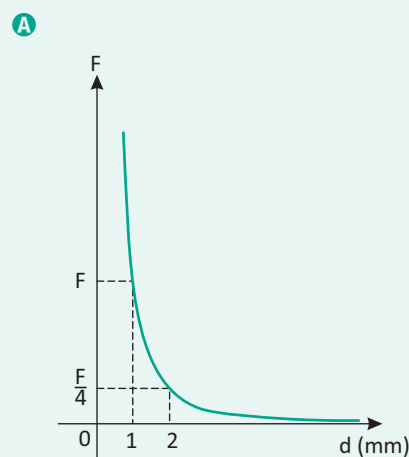
- A  $3 \cdot 10^{-2}$
- B  $1 \cdot 10^4$
- C  $2 \cdot 10^{-5}$
- D  $3 \cdot 10^3$
- E  $4 \cdot 10^2$

**05 | MACK** Duas pequeníssimas esferas condutoras idênticas estão situadas sobre uma mesma reta vertical, conforme ilustra a figura ao lado. A esfera A, suspensa por um fio isolante inextensível e de massa desprezível, tem massa  $2,00 \text{ g}$  e está eletrizada com carga  $Q_A = 4,0 \text{ mC}$ . A esfera B, presa a uma haste rígida, isolante, está inicialmente neutra. Em seguida, eletriza-se a esfera B com uma carga elétrica  $Q_B = -1,0 \text{ nC}$ . Após a eletrização da esfera B, a intensidade da força tensora no fio isolante

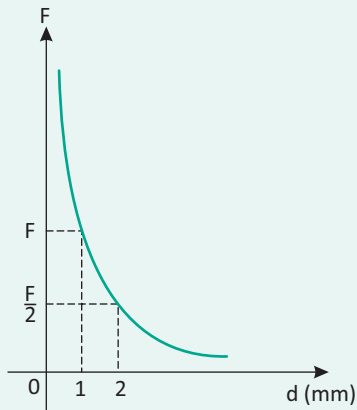


- A duplicará.
- B triplicará.
- C reduzir-se-á a  $1/3$ .
- D reduzir-se-á de  $1/3$ .
- E permanecerá inalterada

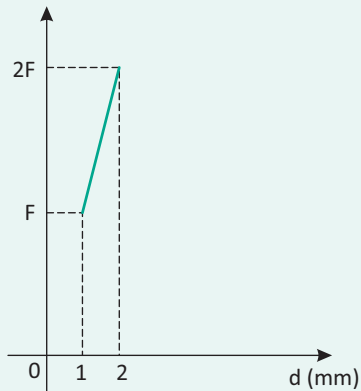
**06 | MACK** Dois pequenos corpos, idênticos, estão eletrizados com cargas de  $1,00 \text{ nC}$  cada um. Quando estão à distância de  $1,00 \text{ mm}$  um do outro, a intensidade da força de interação eletrostática entre eles é  $F$ . Fazendo-se variar a distância entre esses corpos, a intensidade da força de interação eletrostática também varia. O gráfico que melhor representa a intensidade dessa força, em função da distância entre os corpos, é:



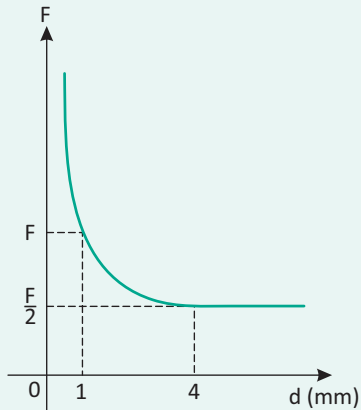
B



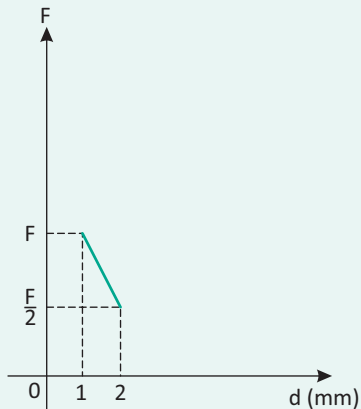
C



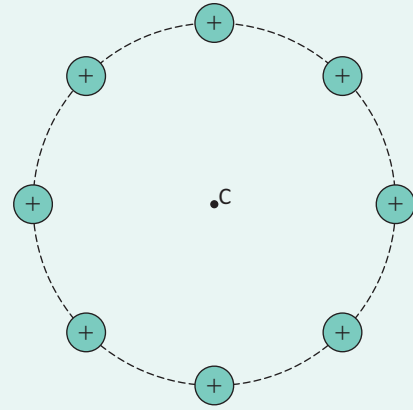
D



E

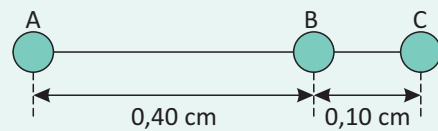


07| UFV Oito cargas positivas,  $+Q$ , são uniformemente dispostas sobre uma circunferência de raio  $R$ , como mostra a figura a seguir. Uma outra carga positiva,  $+2Q$ , é colocada exatamente no centro  $C$  da circunferência. A força elétrica resultante sobre esta última carga é proporcional a:



- A  $\frac{8Q^2}{R^2}$
- B  $\frac{10Q^2}{R^2}$
- C  $\frac{2Q^2}{R^2}$
- D  $\frac{16Q^2}{R^2}$
- E Zero

08| MACK Três pequenos corpos A, B e C, eletrizados com cargas elétricas idênticas, estão dispostos como mostra a figura. A intensidade da força elétrica que A exerce em B é 0,50 N. A força elétrica resultante que age sobre o corpo C tem intensidade de:

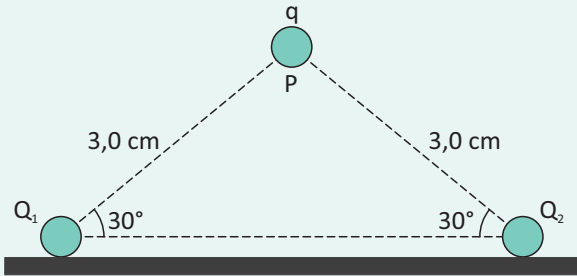


- A 3,20 N
- B 4,68 N
- C 6,24 N
- D 7,68 N
- E 8,32 N

09| MACK Duas cargas elétricas pontiformes idênticas  $Q_1$  e  $Q_2$ , cada uma com  $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ , encontram-se fixas sobre um plano horizontal, conforme a figura acima. Uma terceira carga  $q$ , de massa  $10 \text{ g}$ , encontra-se em equilíbrio

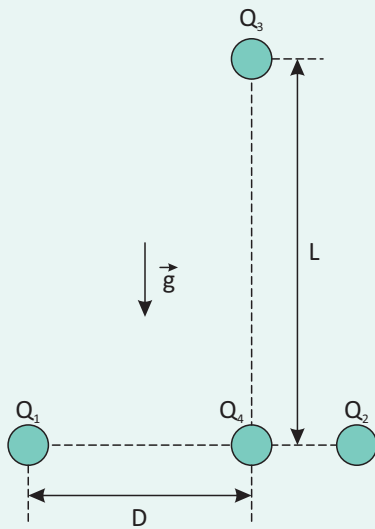
no ponto P, formando assim um triângulo isósceles vertical. Sabendo que as únicas forças que agem em q são as de interação eletrostática com  $Q_1$  e  $Q_2$  e seu próprio peso, o valor desta terceira carga é:

Dados:  $K = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$



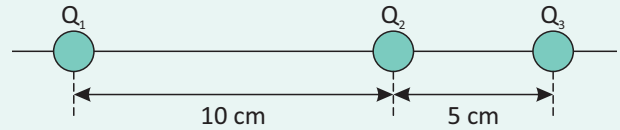
- A  $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$
- B  $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$
- C  $2,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$
- D  $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ C}$
- E  $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

**10| ASCES** Na figura a seguir, as cargas pontuais positivas  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$  encontram-se fixas no vácuo. A carga pontual negativa  $Q_4$  está em equilíbrio apenas sob a ação das forças gravitacional e eletrostática. A força eletrostática que a carga  $Q_1$  exerce na carga  $Q_4$  tem módulo 20 N. Se  $L = 2D$  e  $Q_3 = 3Q_1$ , o peso da carga  $Q_4$  é igual a:



- A 15 N
- B 20 N
- C 120 N
- D 240 N
- E 360 N

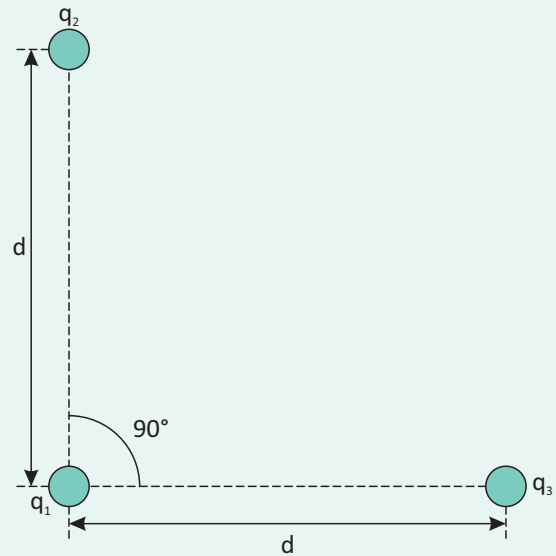
**11| UFRGS** Três cargas elétricas puntiformes idênticas,  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$ , são mantidas fixas em suas posições sobre uma linha reta, conforme indica a figura abaixo.



Sabendo-se que o módulo da força elétrica exercida por  $Q_1$  sobre  $Q_2$  é de  $4,0 \times 10^{-5} \text{ N}$ , qual é o módulo da força elétrica resultante sobre  $Q_2$ ?

- A  $4,0 \times 10^{-5} \text{ N}$
- B  $8,0 \times 10^{-5} \text{ N}$
- C  $1,2 \times 10^{-4} \text{ N}$
- D  $1,6 \times 10^{-4} \text{ N}$
- E  $2,0 \times 10^{-4} \text{ N}$

**12| UNIFESP** Considere a seguinte “unidade” de medida: a intensidade da força elétrica entre duas cargas q, quando separadas por uma distância d, é F. Suponha em seguida que uma carga  $q_1 = q$  seja colocada frente a duas outras cargas,  $q_2 = 3q$  e  $q_3 = 4q$ , segundo a disposição mostrada na figura. A intensidade da força elétrica resultante sobre a carga  $q_1$ , devido às cargas  $q_2$  e  $q_3$ , será

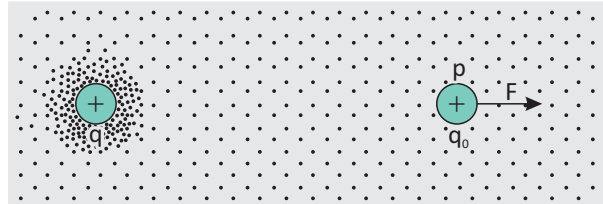


- A 2F.
- B 3F.
- C 4F.
- D 5F.
- E 9F.

## CAMPO ELÉTRICO

Por Campo, devemos entender, de uma maneira geral, como uma grandeza que pode ser associada à posição e que interage a distância. Os Campos vetoriais representam grandezas vetoriais definidas em cada ponto do espaço. A velocidade do vento na atmosfera terrestre e o campo gravitacional da Terra são exemplos de campos vetoriais.

Campo elétrico é a região de influência de uma carga elétrica, manifestada através da força elétrica que atua sobre uma carga de teste, colocada neste campo. Define-se o campo elétrico  $E$ , no ponto  $P$ , como a força  $F$  exercida pela carga  $q$  sobre a carga de teste  $q_0$ , dividida por  $q_0$ .



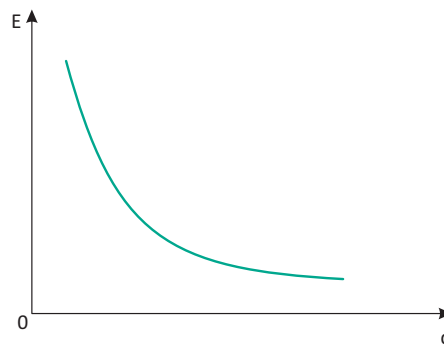
O campo elétrico no ponto  $P$  pode ser descrito como:  $\vec{E} = \frac{F}{q_0}$

Onde o módulo do campo elétrico para uma carga puntiforme:

$$E = \frac{kq}{d^2}$$

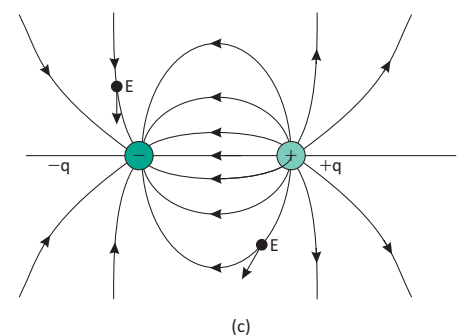
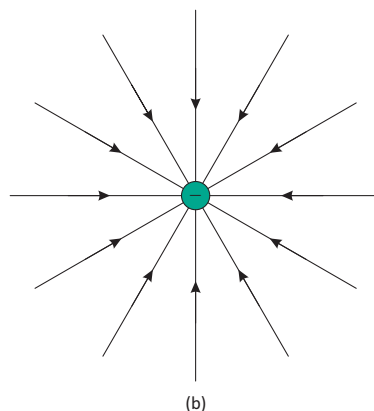
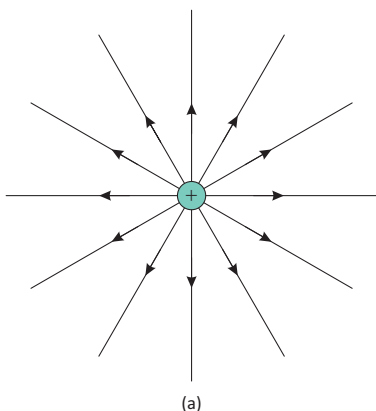
Campo elétrico resultante num ponto  $P$ , devido ao campo elétrico de  $N$  cargas, é a soma vetorial de todos os campos. A unidade de campo elétrico, no S.I., é o newton por coulomb (N/C).

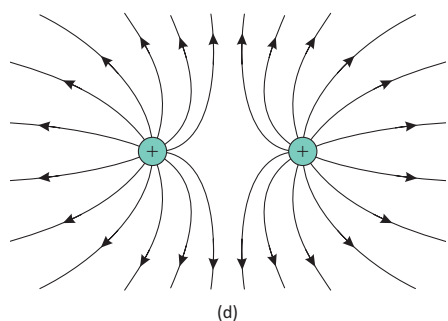
Também para o Campo Elétrico, percebe-se a relação entre o Campo e o inverso do quadrado da distância



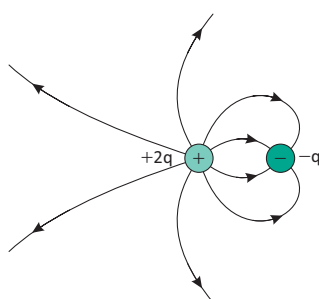
## LINHAS DE CAMPO ELÉTRICO

As linhas de campo elétrico constituem em um auxílio para visualização do campo elétrico. A linha de campo é traçada de tal maneira que sua direção e sentido em qualquer ponto são os mesmos que os do campo elétrico nesse ponto. Abaixo vemos alguns exemplos de linhas de campo.

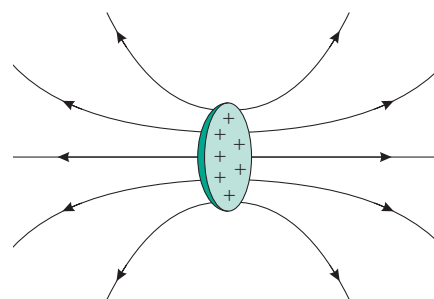




(d)



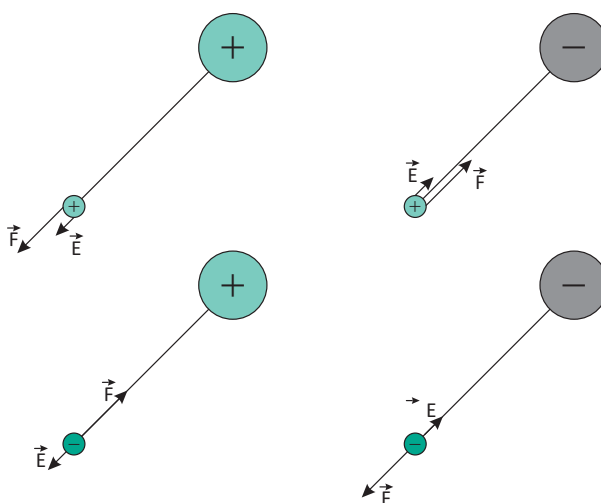
(e)



(f)

Exemplos de linhas de campo elétrico. (a) Partícula com carga positiva; (b) Partícula com carga negativa; (c) Dipolo; (d) Duas partículas com mesma carga positiva; (e) Duas partículas com cargas  $+2q$  e  $-q$ ; (f) Disco carregado uniformemente.

O campo elétrico pode ter pelo menos quatro orientações diferentes de seu vetor devido aos sinais de interação entre as cargas, quando o campo é gerado por apenas uma carga, estes são:



Quando a carga de prova tem sinal negativo ( $q < 0$ ), os vetores força e campo elétrico têm mesma direção, mas sentidos opostos e, quando a carga de prova tem sinal positivo ( $q > 0$ ), ambos os vetores têm mesma direção e sentido

Já quando a carga geradora do campo tem sinal positivo ( $Q > 0$ ), o vetor campo elétrico tem sentido de afastamento das cargas e quando tem sinal negativo ( $Q < 0$ ), tem sentido de aproximação, sendo que isto não varia com a mudança do sinal das cargas de provas.

Quando uma única partícula é responsável por gerar um campo elétrico, este é gerado em um espaço que a circunda, embora não esteja presente no ponto onde a partícula é encontrada.

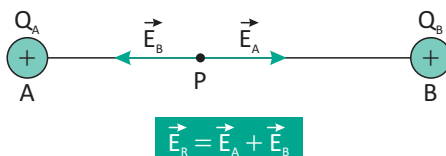
### CAMPO ELÉTRICO RESULTANTE

Quando duas ou mais cargas estão próximas o suficiente para que os campos gerados por cada uma se interfiram, é possível determinar um campo elétrico resultante em um ponto desta região.

Para isto, analisa-se isoladamente a influência de cada um dos campos gerados sobre um determinado ponto.

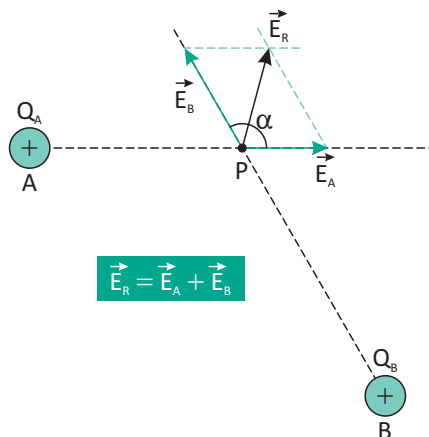
Por exemplo, imaginemos duas cargas postas arbitrariamente em um ponto A e outro B, com cargas  $Q_A$  e  $Q_B$ , respectivamente. Imaginemos também um ponto P sob a influência dos campos gerados pelas duas cargas simultaneamente.

O vetor do campo elétrico resultante será dado pela soma dos vetores  $\vec{E}_A$  e  $\vec{E}_B$  no ponto P. Como ilustram os exemplos a seguir:

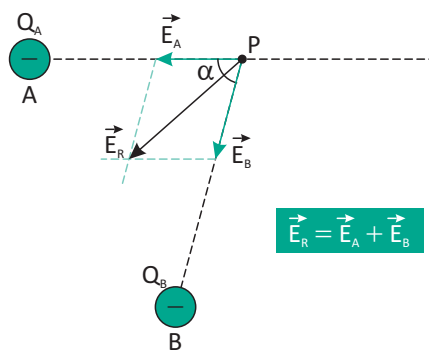




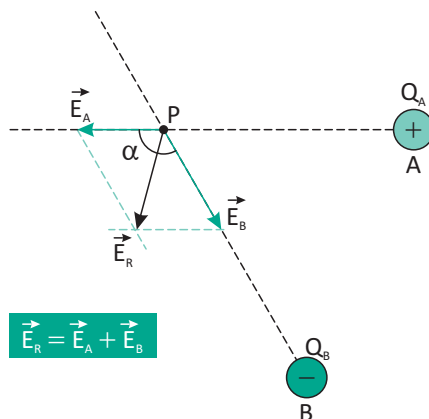
Como as duas cargas geradoras do campo têm sinal positivo, cada uma delas gera um campo divergente (de afastamento), logo, o vetor resultante terá módulo igual à subtração entre os valores dos vetores e direção e sentido do maior valor absoluto.



Assim como no exemplo anterior, ambos os campos elétricos gerados são divergentes, mas como existe um ângulo formado entre eles, esta soma vetorial é calculada através de regra do paralelogramo, ou seja, traçando-se o vetor soma dos dois vetores, tendo assim o módulo direção e sentido do vetor campo elétrico resultante.



Como ambas as cargas que geram o campo tem sinais negativos, cada componente do vetor campo resultante é convergente, ou seja, tem sentido de aproximação. O módulo, a direção e o sentido deste vetor são calculados pela regra do paralelogramo, assim como ilustra a figura.



Neste exemplo, as cargas que geram o campo resultante têm sinais diferentes, então um dos vetores converge em relação à sua carga geradora ( $\vec{E}_B$ ) e outro diverge ( $\vec{E}_A$ ).

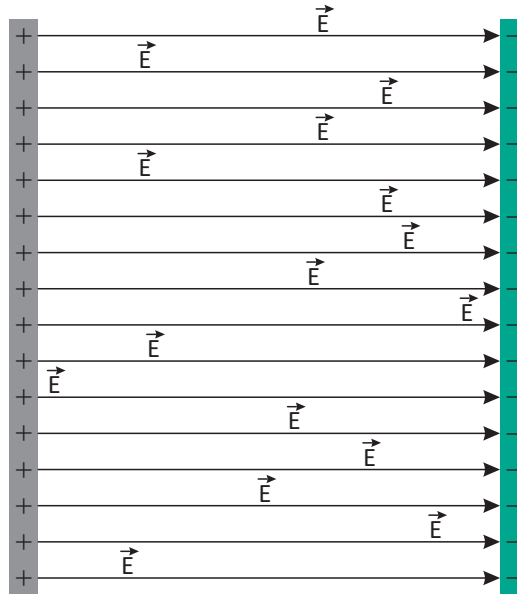
Podemos, então, generalizar esta soma vetorial para qualquer número finito de partículas, de modo que:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots \vec{F}_n$$

### CAMPO ELÉTRICO UNIFORME (CEU)

Dizemos que um campo elétrico é uniforme, em uma região, quando suas linhas de força são paralelas e igualmente espaçadas umas das outras, o que implica que seu vetor campo elétrico nesta região  $\vec{E}$  têm, em todos os pontos, mesma intensidade, direção e sentido.

Uma forma comum de se obter um campo elétrico uniforme é utilizando duas placas condutoras planas e iguais. Se as placas forem postas paralelamente, tendo cargas de mesma intensidade, mas de sinal oposto, o campo elétrico gerado entre elas será uniforme.



### O FOGO-DE-SANTELMO (OU FOGO DE SÃO TELMO OU AINDA FOGO DE SANTO ELMO)

Consiste numa descarga eletroluminescente provocada pela ionização do ar num forte campo elétrico provocado pelas descargas elétricas. Mesmo sendo chamado de fogo, é na realidade um tipo de plasma provocado por uma enorme diferença de potencial atmosférica.

O fogo-de-santelmo deve o seu nome a São Pedro Gonçalves Telmo ou a Santo Erasmo (também conhecido como Santo Elmo ou São Telmo), santos padroeiro dos marinheiros, mareantes e barqueiros, que haviam observado o fenômeno desde a Antiguidade, e acreditavam que a sua aparição era um sinal propício e que acalmava a tempestade. Fisicamente, é um resplendor brilhante branco-azulado que, em algumas circunstâncias, tem aspecto de fogo de faísca dupla ou tripla, que surge de estruturas altas e pontiagudas como mastros, cruzes de igreja e chaminés. O fogo-de-santelmo se observa com frequência nos mastros dos barcos durante as tormentas elétricas no mar, alterando a bússola, para desassossego da tripulação. Benjamin Franklin já observara, em 1749, que o fenômeno é de natureza elétrica.

Também se dá em aviões e dirigíveis. Nestes últimos, era muito perigoso, já que muitos deles eram inflados com hidrogênio, gás muito inflamável.

O fogo-de-santelmo aparece entre as pontas dos cornos dos bovinos durante as tormentas elétricas, e em objetos afiados em meio de um tornado. Não é o mesmo que o fenômeno denominado raio globular, mesmo estando relacionados.

Na Grécia Antiga, a aparição de um único fogo-de-santelmo era chamado de Helena, e, quando eram dois, eram chamados de Castor e Pólux.



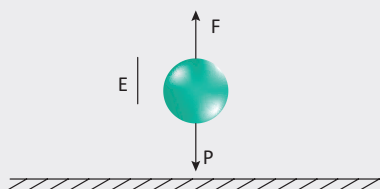
<http://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/efeito-corona-fogo-de-santelmo.html>

**R** EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

01| Numa certa região da Terra, nas proximidades da superfície, a aceleração da gravidade vale  $9,8\text{m/s}^2$  e o campo eletrostático do planeta (que possui carga negativa na região) vale  $100\text{ N/C}$ .



Determine o sinal e a carga elétrica que uma bolinha de gude, de massa  $50\text{g}$ , deveria ter para permanecer suspensa em repouso, acima do solo. Considere o campo elétrico praticamente uniforme no local e despreze qualquer outra força atuando sobre a bolinha.



Dados:

$$E = 100\text{ N/C}$$

$$m = 50\text{g} = 50 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$$

**Resolução:**

$$P = m \cdot g$$

$$P = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8$$

$$P = 4,9 \cdot 10^{-1}\text{ N}$$

$$P = F$$

$$E = \frac{P}{q}$$

$$q = \frac{P}{E}$$

$$q = \frac{4,9 \cdot 10^{-1}}{100}$$

$$q = 4,9 \cdot 10^{-3}\text{ C}$$

02| O campo elétrico criado por uma carga pontual, no vácuo, tem intensidade igual a  $9 \cdot 10^{-1}\text{N/C}$ . Calcule a que distância  $d$  se refere o valor desse campo.

(dados:  $Q = -4\mu\text{C}$  e  $k_0 = 9 \cdot 10^9$  unidades SI).

- A 0,02 m
- B 0,2 m
- C 0,4 m
- D 0,6 m
- E 0,002 m

**Resolução:**

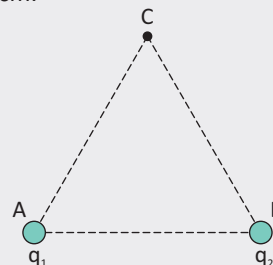
$$E = k_0 \frac{|Q|}{d^2}$$

$$d^2 = \frac{(9 \cdot 10^9) \cdot (4 \cdot 10^{-12})}{9 \cdot 10^{-1}}$$

$$d^2 = 4 \cdot 10^{-2}\text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{4 \cdot 10^{-2}} = 2 \cdot 10^{-1}\text{ m} = 0,2\text{ m}$$

03| FATEC Duas cargas elétricas,  $q_1 = -4\mu\text{C}$  e  $q_2 = 4\mu\text{C}$  são fixas nos vértices A e B de um triângulo equilátero ABC de lados  $20\text{ cm}$ .



Sendo a constante eletrostática do meio  $k = 9 \cdot 10^9\text{ N.m}^2/\text{C}^2$ , o módulo do vetor campo elétrico gerado pelas duas cargas no vértice C vale, em  $\text{N/C}$ :

- A  $1,8 \cdot 10^6$
- B  $9,0 \cdot 10^5$
- C  $4,5 \cdot 10^5$
- D  $9,0 \cdot 10^4$
- E zero

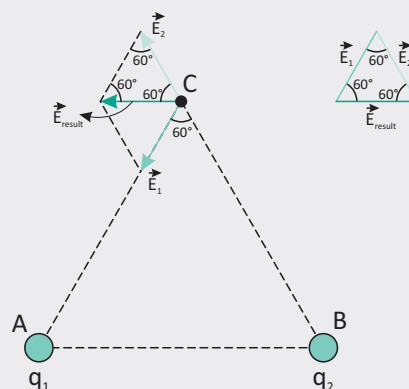
**Resolução:**

As duas cargas elétricas originam no ponto C vetores-campo elétrico de mesma intensidade:

$$E_1 = E_2 = k_0 \cdot |Q|/d^2 = 9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-6} / (0,20)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow E_1 = E_2 = 9,0 \cdot 10^5\text{ N/C}$$

A carga elétrica  $q_1$  origina em C um campo elétrico de aproximação e  $q_2$  de afastamento:



O triângulo formado por  $E_1$ ,  $E_2$  e  $E_{\text{resultante}}$  é equilátero.

$$\text{Logo: } E_{\text{resultante}} = 9,0 \cdot 10^5\text{ N/C}$$

Alternativa B

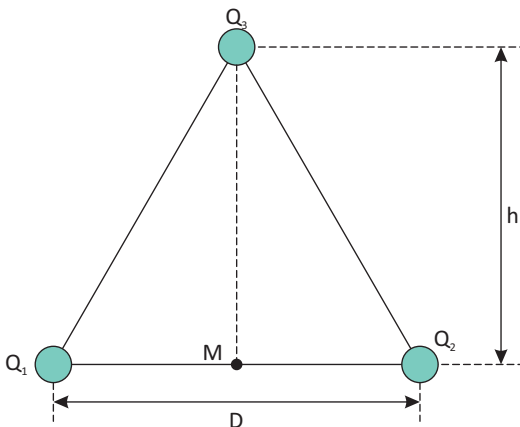
## F EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01** Em um ponto P de um campo elétrico o vetor campo elétrico tem direção horizontal, sentido da esquerda para a direita e intensidade  $4 \cdot 10^5$  N/C. Determine a direção, o sentido e a intensidade da força elétrica que age numa carga elétrica puntiforme q, colocada no ponto P. Considere os casos:

- A**  $q = +3 \mu\text{C}$
- B**  $q = -3 \mu\text{C}$

**02** **UFPE** Nos vértices de um triângulo isósceles são fixadas três cargas puntiformes iguais a  $Q_1 = +1,0 \cdot 10^{-6}$  C;  $Q_2 = -2,0 \cdot 10^{-6}$  C; e  $Q_3 = +4,0 \cdot 10^{-6}$  C. O triângulo tem altura  $h = 3,0$  mm e base  $D = 6,0$  mm. Determine o módulo do campo elétrico no ponto médio M, da base, em unidades de  $10^9$  N/C.

Dado:  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9,0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

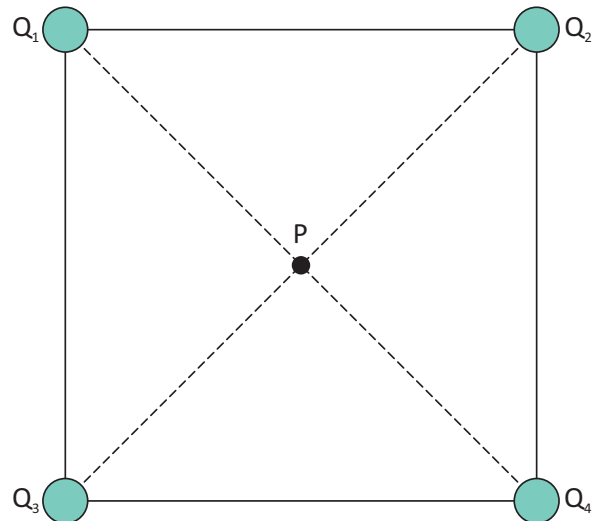


**03** **UPE** Analisando-se as proposições a seguir relacionadas à eletrostática, pode-se afirmar que :

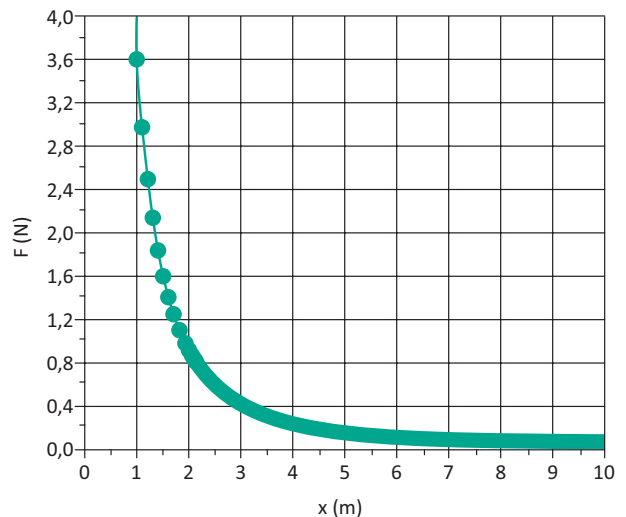
- ( ) o campo elétrico de uma carga puntiforme é sempre orientado no sentido de afastar-se da carga.
- ( ) qualquer carga Q ocorrente na natureza pode ser descrita matematicamente como  $Q = \pm N e$ , onde N é um inteiro, e e é a carga do elétron.
- ( ) se utilizando a configuração das linhas de força para visualizar o campo elétrico, conclui-se que, quando as linhas de força estão mais próximas, o campo elétrico é menos intenso.
- ( ) as linhas de força de um campo elétrico nunca se cruzam em um ponto no espaço.
- ( ) num sistema eletricamente isolado, a soma algébrica das quantidades de cargas positivas e negativas é constante.

**04** **UNIMONTES** A figura abaixo representa um quadrado de lado  $L = \sqrt{2}$  m. Em seus vértices, foram colocadas as cargas  $Q_1 = Q_3 = Q_4 = 1 \mu\text{C}$  e  $Q_2 = -1 \mu\text{C}$ . Calcule o módulo do vetor campo elétrico resultante no ponto P.

Dado:  $K = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$



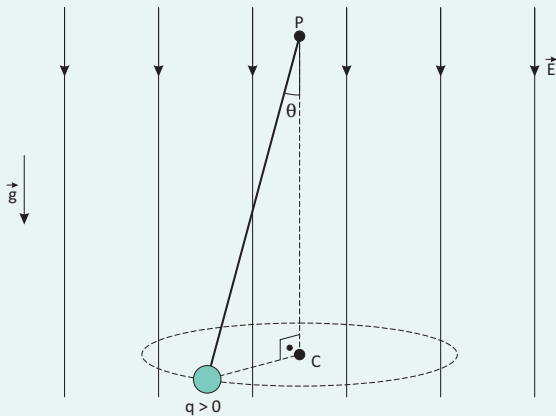
**05** **PUC** O módulo da força coulombiana que atua entre duas partículas pontuais de mesma carga q é apresentado no gráfico abaixo. Considere a constante de Coulomb  $K_C = 9 \cdot 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$ .



- A** Determine a carga q de cada uma das partículas.
- B** Determine o módulo do campo elétrico sentido por qualquer uma das cargas q quando a distância entre elas é de 3,0 m.

**T ENEM E VESTIBULARES**

**01 | UNESP** Uma pequena esfera de massa  $m$ , eletrizada com uma carga elétrica  $q > 0$ , está presa a um ponto fixo P por um fio isolante, numa região do espaço em que existe um campo elétrico uniforme e vertical de módulo  $E$ , paralelo à aceleração gravitacional  $g$ , conforme mostra a figura. Dessa forma, inclinando o fio de um ângulo  $\theta$  em relação à vertical, mantendo-o esticado e dando um impulso inicial (de intensidade adequada) na esfera com direção perpendicular ao plano vertical que contém a esfera e o ponto P, a pequena esfera passa a descrever um movimento circular e uniforme ao redor do ponto C.



Na situação descrita, a resultante das forças que atuam sobre a esfera tem intensidade dada por:

- A  $(m \cdot g + q \cdot E) \cdot \cos\theta$ .
- B  $(m \cdot g - q \cdot E \cdot \sqrt{2}) \cdot \sin\theta$ .
- C  $(m \cdot g + q \cdot E) \cdot \sin\theta \cdot \cos\theta$ .
- D  $(m \cdot g + q \cdot E) \cdot \operatorname{tg}\theta$ .
- E  $m \cdot g + q \cdot E \cdot \operatorname{tg}\theta$ .

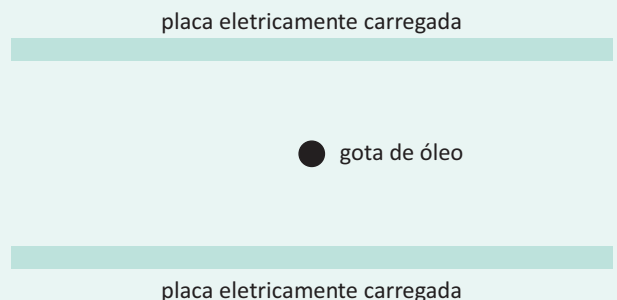
**02 | UFCG** Considere a situação em que uma esfera carregada de  $9,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$  esteja suspensa verticalmente em relação ao laboratório, por um fio isolante. Suas interações devidas a um campo elétrico horizontal, produzido por certa configuração de cargas na região, de sentido leste-oeste e de módulo constante igual a  $3,0 \cdot 10^4 \text{ N/C}$ , e ao campo gravitacional, fazem com que a esfera atinja um estado de equilíbrio, de tal forma que o ângulo entre o fio e a vertical do lugar seja de  $53^\circ$  ( $\operatorname{sen} 53^\circ = 0,80$  e  $\operatorname{cos} 53^\circ = 0,60$ ) desviando-a para leste. A intensidade local do campo gravitacional vale  $10 \text{ m/s}^2$ . A partir dessas informações, pode-se afirmar que a carga da esfera é:

- A positiva e vale  $4,0 \mu\text{C}$
- B negativa e vale  $4,0 \mu\text{C}$
- C positiva e vale  $2,3 \mu\text{C}$
- D negativa e vale  $2,3 \mu\text{C}$
- E positiva e vale  $5,0 \mu\text{C}$

**03 | UPE** Um elétron é projetado na mesma direção e sentido de um campo elétrico uniforme de intensidade  $E = 1000 \text{ N/C}$ , com uma velocidade inicial  $V_0 = 3,2 \times 10^6 \text{ m/s}$ . Considerando que a carga do elétron vale  $1,6 \cdot 10^{-19}$  e sua massa vale  $9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$  desprezando as ações gravitacionais, podemos afirmar que a ordem de grandeza da distância percorrida em metros pelo elétron, antes de atingir momentaneamente o repouso, vale :

- A  $10^{16}$
- B  $10^{-13}$
- C  $10^{-8}$
- D  $10^{10}$
- E  $10^{-2}$

**04 | PUC** Considere a figura e a situação descrita a seguir. A quantização da carga elétrica foi observada por Millikan em 1909. Nas suas experiências, Millikan mantinha pequenas gotas de óleo eletrizadas em equilíbrio vertical entre duas placas paralelas também eletrizadas, como mostra a figura abaixo. Para conseguir isso, regulava a diferença de potencial entre essas placas alterando, consequentemente, a intensidade do campo elétrico entre elas, de modo a equilibrar a força da gravidade.



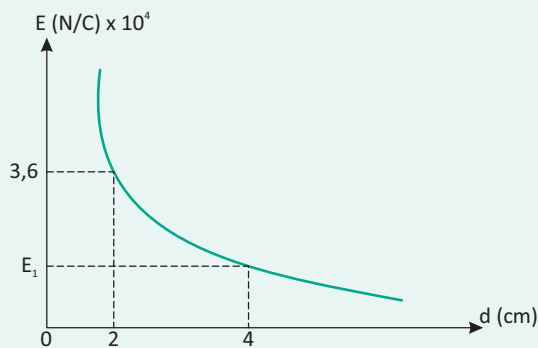
Suponha que, em uma das suas medidas, a gota tivesse um peso de  $2,4 \cdot 10^{-13} \text{ N}$  e uma carga elétrica positiva de  $4,8 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Desconsiderando os efeitos do ar existente entre as placas, qual deveria ser a intensidade e o sentido do campo elétrico entre elas para que a gota ficasse em equilíbrio vertical?

- A  $5,0 \times 10^5 \text{ N/C}$ , para cima.
- B  $5,0 \times 10^4 \text{ N/C}$ , para cima.
- C  $4,8 \times 10^{-5} \text{ N/C}$ , para cima.
- D  $2,0 \times 10^{-5} \text{ N/C}$ , para baixo.
- E  $2,0 \times 10^{-6} \text{ N/C}$ , para baixo.

**05| UNINOVE** Duas esferas ocas, de mesmos raio e material, eletrizadas inicialmente com cargas  $Q$  e  $-3Q$ , são mantidas a uma distância  $d$  tal que não haja indução elétrica de uma sobre a outra. O meio onde as esferas se encontram tem constante dielétrica  $k$ . Procedese a ligação delas mediante um cabo condutor até que seja estabelecido o equilíbrio eletrostático. O campo elétrico no ponto médio do segmento de reta que liga uma esfera a outra terá, então, a intensidade:

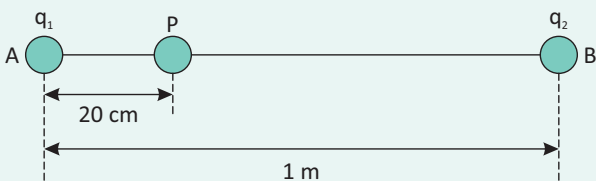
- A zero
- B  $2kQ/d^2$
- C  $kQ/d^2$
- D  $kQ/2d^2$
- E  $kQ/4d^2$

**06| UNIMONTES** O gráfico abaixo representa a maneira como varia a intensidade do campo elétrico, que é gerado por uma carga pontual  $Q$  positiva, em função da distância. Determine a intensidade do campo a uma distância de  $4,0$  cm da carga fonte. ( $K_0 = 9,0 \cdot 10^9$  unidades SI)



- A  $6,0 \cdot 10^3$  N/C
- B  $9,0 \cdot 10^3$  N/C
- C  $1,2 \cdot 10^4$  N/C
- D  $1,5 \cdot 10^4$  N/C
- E  $1,8 \cdot 10^4$  N/C

**07| MACK** As cargas pontiformes  $q_1 = 20\mu\text{C}$  e  $q_2 = 64\mu\text{C}$  estão fixas no vácuo  $K = 1/(4\pi\epsilon_0) = 9,0 \cdot 10^9$  ( $\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ), respectivamente nos pontos A e B. O campo elétrico resultante no ponto P tem intensidade de:

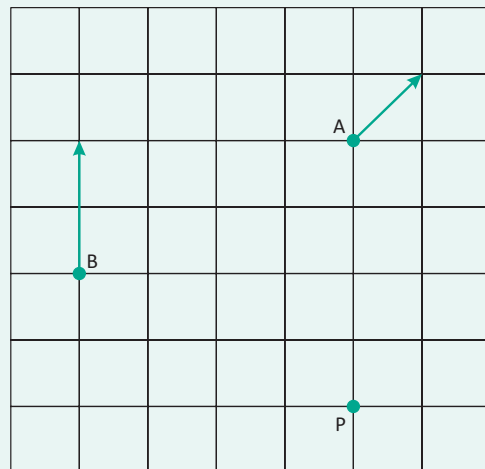


- A  $3,0 \cdot 10^6$  N/C
- B  $3,6 \cdot 10^6$  N/C
- C  $4,0 \cdot 10^6$  N/C
- D  $4,5 \cdot 10^6$  N/C
- E  $5,4 \cdot 10^6$  N/C

**08| UEMA** O módulo do vetor campo elétrico produzido por uma carga elétrica  $Q$  em um ponto "P" é igual a "E". Dobrando-se a distância entre a carga e o ponto "P", por meio do afastamento da carga e dobrando-se também o valor da carga, o módulo do vetor campo elétrico, nesse ponto, muda para:

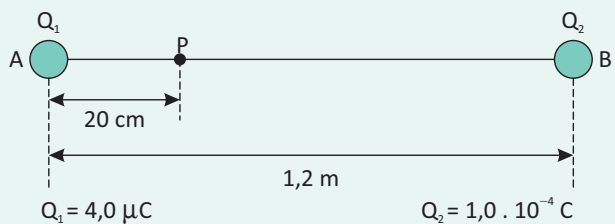
- A  $8E$
- B  $E/4$
- C  $2E$
- D  $4E$
- E  $E/2$

**09| FUVEST** O campo elétrico de uma carga puntiforme em repouso tem, nos pontos A e B, as direções e sentidos indicados pelas flechas na figura abaixo. O módulo do campo elétrico no ponto B vale  $24$  V/m. O módulo do campo elétrico no ponto P da figura vale, em volt/metro,



- A 3
- B 4
- C  $3\sqrt{2}$
- D 6
- E 12

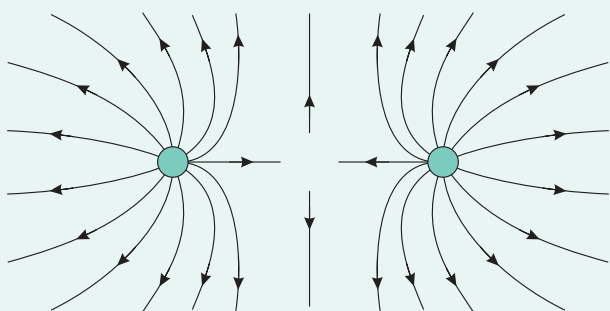
**10| MACK** Considere a figura abaixo:



As duas cargas elétricas puntiformes  $Q_1$  e  $Q_2$  estão fixas, no vácuo, onde  $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$  respectivamente, sobre pontos A e B. O campo elétrico resultante no ponto P tem intensidade:

- A zero
- B  $4,0 \cdot 10^5 \text{ N/C}$
- C  $5,0 \cdot 10^5 \text{ N/C}$
- D  $9,0 \cdot 10^5 \text{ N/C}$
- E  $1,8 \cdot 10^6 \text{ N/C}$

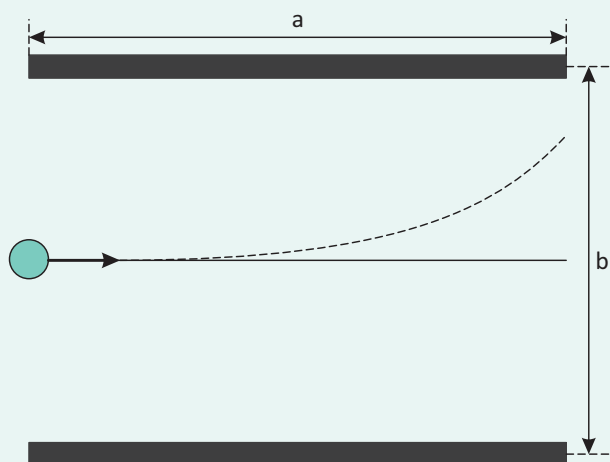
11| UFMA A figura representa, na convenção usual, a configuração de linhas de força associadas a duas cargas pontiformes  $Q_1$  e  $Q_2$ .



Podemos afirmar corretamente que:

- A  $Q_1$  e  $Q_2$  são neutras.
- B  $Q_1$  e  $Q_2$  são cargas negativas.
- C  $Q_1$  é positiva e  $Q_2$  é negativa.
- D  $Q_1$  é negativa e  $Q_2$  é positiva.
- E  $Q_1$  e  $Q_2$  são cargas positivas.

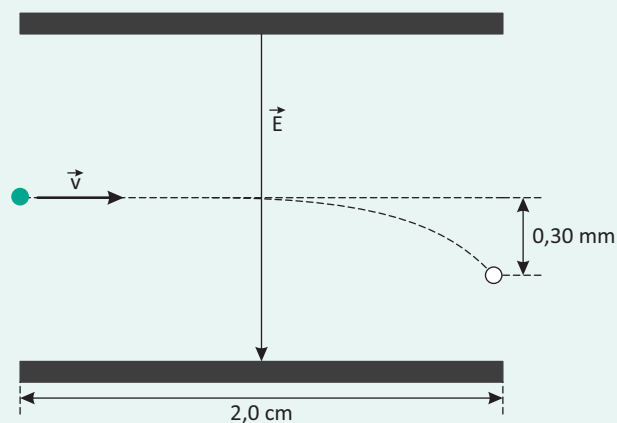
12| AFA Uma partícula de carga  $q$  e massa  $m$  é lançada com velocidade  $v$ , perpendicularmente ao campo elétrico uniforme produzido por placas paralelas de comprimento  $a$ , distanciadas de  $b$  entre si. A partícula penetra no campo num ponto equidistante das placas e sai tangenciando a borda da placa superior, conforme representado na figura a seguir.



Desprezando a ação gravitacional, a intensidade do campo elétrico é

- A  $\frac{b^2 mv}{qa}$
- B  $\frac{bmv}{2qa^2}$
- C  $\frac{b^2 mv^2}{qa}$
- D  $\frac{bmv^2}{qa^2}$
- E  $\frac{b^2 mv^2}{2qa^2}$

13| ITA Em uma impressora a jato de tinta, gotas de certo tamanho são ejetadas de um pulverizador em movimento, passam por uma unidade eletrostática onde perdem alguns elétrons, adquirindo uma carga  $q$ , e, a seguir, se deslocam no espaço entre placas planas paralelas eletricamente carregadas, pouco antes da impressão. Considere gotas de raio igual a  $10 \mu\text{m}$  lançadas com velocidade de módulo  $v=20\text{m/s}$  entre placas de comprimento igual a  $2,0\text{cm}$ , no interior das quais existe um campo elétrico vertical uniforme, cujo módulo é  $E=8,0 \times 10^4 \text{ N/C}$  (veja figura).

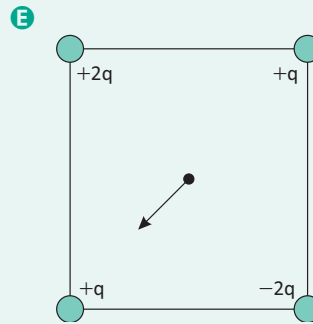
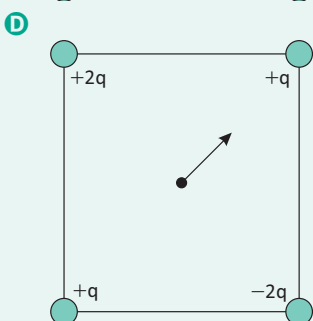
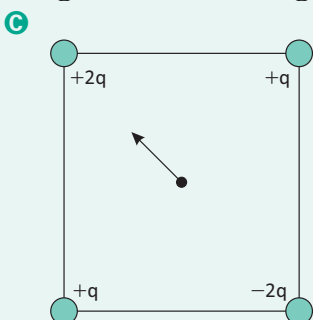
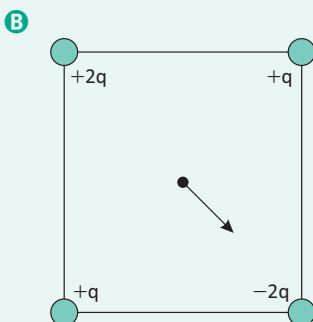
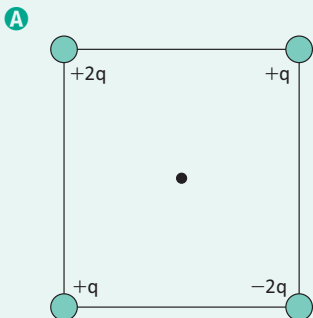
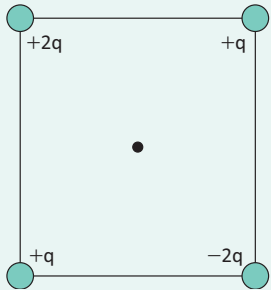


Considerando que a densidade da gota seja de  $1000\text{kg/m}^3$  e sabendo-se que a mesma sofre um desvio de  $0,30\text{mm}$  ao atingir o final do percurso, o módulo da sua carga elétrica é de

- A  $2,0 \times 10^{-14} \text{ C}$ .
- B  $3,1 \times 10^{-14} \text{ C}$ .
- C  $6,3 \times 10^{-14} \text{ C}$ .
- D  $3,1 \times 10^{-11} \text{ C}$ .
- E  $1,1 \times 10^{-10} \text{ C}$ .



**14| CESGRANRIO** Quatro cargas elétricas, três positivas e uma negativa, estão colocadas nos vértices de um quadrado, como mostra a figura. O campo elétrico produzido por estas cargas no centro do quadrado é representado por:



**15| UEL** “Nuvens, relâmpagos e trovões talvez estejam entre os primeiros fenômenos naturais observados pelos humanos pré-históricos. [...]. A teoria precipitativa é capaz de explicar convenientemente os aspectos básicos da eletrificação das nuvens, por meio de dois processos [...]. No primeiro deles, a existência do campo elétrico atmosférico dirigido para baixo [...]. Os relâmpagos são descargas de curta duração, com correntes elétricas intensas, que se propagam por distâncias da ordem de quilômetros [...]”.

(FERNANDES, W. A.; PINTO Jr. O; PINTO, I. R. C. A. Eletricidade e poluição no ar. Ciência Hoje. v. 42, n. 252. set. 2008. p. 18.)

Revistas de divulgação científica ajudam a população, de um modo geral, a se aproximar dos conhecimentos da Física. No entanto, muitas vezes alguns conceitos básicos precisam ser compreendidos para o entendimento das informações. Nesse texto, estão explicitados dois importantes conceitos elementares para a compreensão das informações dadas: o de campo elétrico e o de corrente elétrica.

Assinale a alternativa que corretamente conceitua campo elétrico.

- A** O campo elétrico é uma grandeza vetorial definida como a razão entre a força elétrica e a carga elétrica.
- B** As linhas de força do campo elétrico convergem para a carga positiva e divergem da carga negativa.
- C** O campo elétrico é uma grandeza escalar definida como a razão entre a força elétrica e a carga elétrica.
- D** A intensidade do campo elétrico no interior de qualquer superfície condutora fechada depende da geometria desta superfície.
- E** O sentido do campo elétrico independe do sinal da carga  $Q$ , geradora do campo.

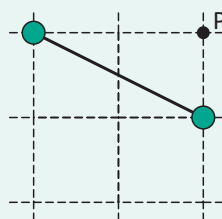
16| **UCSAL** Os pontos assinalados na figura abaixo estão igualmente espaçados:



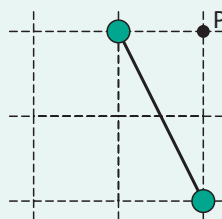
O vetor campo elétrico resultante, criado por  $Q$  e  $-4Q$ , localizados nos pontos 7 e 4 indicados na figura, é nulo no ponto:

- A 10
- B 8
- C 6
- D 5
- E 1

17| **FUVEST** Duas pequenas esferas, com cargas elétricas iguais ligadas por uma barra isolante, são inicialmente colocadas como descrito na situação I. Em seguida, aproxima-se uma das esferas de  $P$ , reduzindo-se à metade sua distância até esse ponto, ao mesmo tempo em que se duplica a distância entre a outra esfera e  $P$ , como na situação II. O campo elétrico em  $P$ , no plano que contém o centro das duas esferas, possui, nas duas situações indicadas:



Situação I

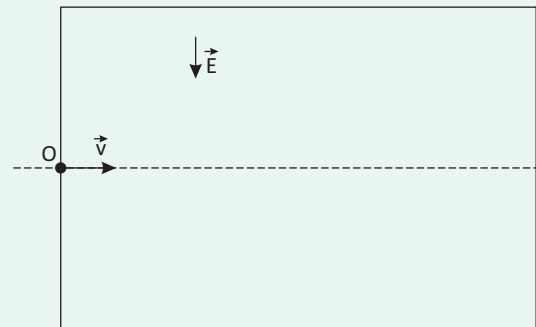


Situação II

- A mesma direção e intensidade.
- B direções diferentes e mesma intensidade.
- C mesma direção e maior intensidade em I.
- D direções diferentes e maior intensidade em I.
- E direções diferentes e maior intensidade em II.

18| **AFA** A figura abaixo mostra uma região onde existe um campo elétrico de módulo  $E$ , vertical e apontando para baixo. Uma partícula de massa  $m$  e carga  $q$ , positiva, penetra no interior dessa região através do orifício  $O$ , com

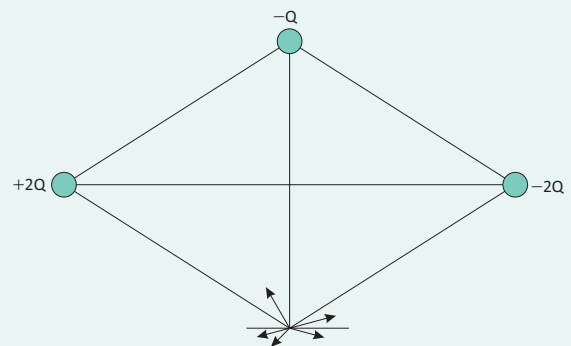
velocidade horizontal, de módulo  $v$ . Despreze os efeitos da gravidade.



Introduz-se na região considerada um campo magnético de módulo  $B$  com direção perpendicular à folha de papel. Para que a partícula se mova, com velocidade  $v$  e em linha reta nessa região, o valor de  $B$  será:

- A  $E/v$
- B  $Ev/q$
- C  $mv/Eq$
- D  $mq/Ev$
- E  $E/mq$

19| **UFRR** Três cargas puntiformes, de valores  $+2Q$ ,  $+Q$  e  $-2Q$  estão localizadas em três vértices de um losango, do modo



indicado na figura a seguir. Sabendo-se que não existem outras cargas elétricas presentes nas proximidades desse sistema, qual das setas mostradas na figura representa melhor o campo elétrico no ponto  $P$ , quarto vértice do losango?

- A A seta 1.
- B A seta 2.
- C A seta 3.
- D A seta 4.
- E A seta 5.

## POTENCIAL ELÉTRICO

Nossa sociedade depende das benesses de nossa inteligência e, conseqüentemente, daquilo que somos capazes de fazer. Dentre os maiores avanços científicos conquistados pela humanidade, podemos destacar a descoberta, utilização e aperfeiçoamento dos sistemas elétricos, dos satélites, computadores e demais aparelhos utilizados para a telecomunicação e o entretenimento. Não podemos desconsiderar o maior legado que a ciência já produziu e que está, ainda, em pleno desenvolvimento.

O estudo da eletricidade necessita, além da análise da corrente elétrica, o estudo do Potencial Elétrico.

O potencial elétrico  $V$  em um ponto  $P$  pode ser definido como sendo a energia potencial elétrica  $E_{\text{pot}}$  de uma carga de teste (carga positiva) em um ponto  $P$ , dividida pela carga de teste  $q_0$ . Devemos nos lembrar que, sendo a Energia uma grandeza escalar, o potencial também será uma grandeza escalar, assim temos que:

$$v = \frac{E_{\text{pot}}}{q} \Leftrightarrow E_{\text{pot}} = qv$$

Podemos, portanto, afirmar que a Energia Potencial Elétrica em um ponto é:

$$E = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{d}$$

E o Potencial, devido às partículas carregadas, é:

$$v = \frac{kq}{d}$$

Esta equação também pode ser reescrita em função da permissividade elétrica:

$$v = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_i}{d_i}$$

onde  $d_i$  é a distância entre a carga  $i$  e o ponto  $P$ . O potencial elétrico é dado, no S.I., em J/C que recebe o nome de volt (V), vemos na equação o símbolo somatório, indicando que o potencial resultante é a soma dos potenciais em certo ponto.

### TRABALHO DE UMA FORÇA ELÉTRICA

Devemos entender o trabalho  $\tau$  que uma carga elétrica realiza de forma análoga ao trabalho realizado pelas outras energias potenciais usadas no estudo de mecânica, assim:

Se tivermos dois pontos em um campo elétrico, cada um deles terá energia potencial dada por:

$$E_{P_1} = q \cdot v_1 \text{ e } E_{P_2} = q \cdot v_2$$

Sendo o trabalho realizado entre os dois pontos:

$$\tau_{1,2} = F \cdot \Delta d$$

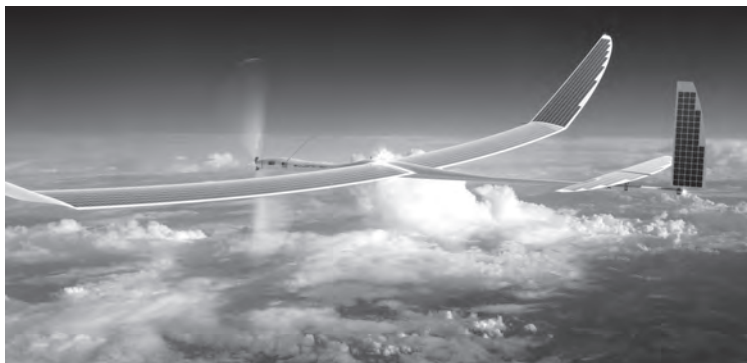
Quando a força considerada é a eletrostática, temos:

$$\tau_{1,2} = K \frac{Qq}{(d_1 - d_2)^2} \cdot (d_1 - d_2)$$

$$\tau_{1,2} = K \frac{Qq}{(d_1 - d_2)^2} = E_{P_1} - E_{P_2}$$

Portanto:

$$\tau_{1,2} = q \cdot (v_1 - v_2)$$



*Titan Aereospace: uma alternativa aos (caros) satélites. Utiliza células fotovoltaicas, este modelo reutilizável poderia com suas células funcionar por mais de cinco anos substituindo satélites.*

## SUPERFÍCIES EQUIPOTENCIAL

É uma superfície na qual o potencial é constante. A energia potencial de um corpo eletrizado é a mesma em todos os pontos desta superfície. Com isto, não há trabalho realizado para mover o corpo eletrizado em tal superfície. Portanto, a superfície equipotencial, em qualquer ponto, deve ser perpendicular ao campo elétrico neste ponto.

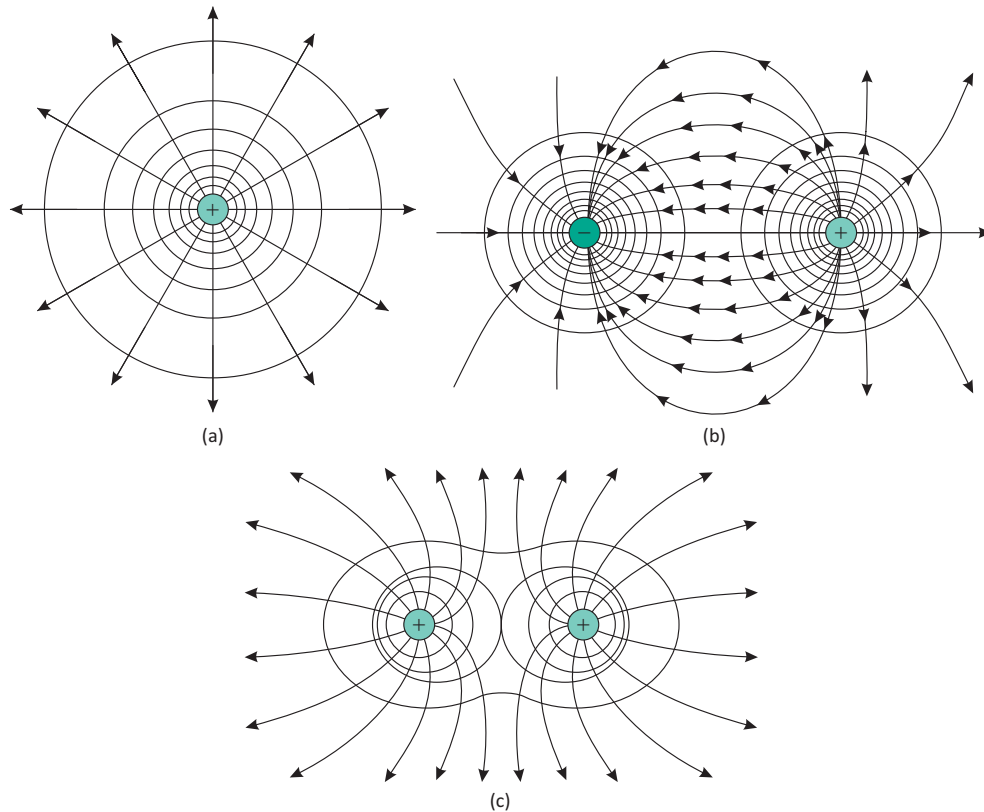


Figura mostrando as linhas de força do campo elétrico e as superfícies equipotenciais.

Podemos ainda medir a diferença no Potencial Elétrico entre dois pontos, cada qual em uma diferente superfície equipotencial.

$$V_a - V_b = \frac{U_a - U_b}{q_0}$$

Em um campo elétrico constante, a diferença de potencial entre os pontos a e b é dada por:

$$V_a - V_b = E \cdot d$$

## AUSTRALIANOS DESENVOLVEM TURBINA DE ÍONS MOVIDA A URINA

Um novo modelo de propulsor para foguetes está sendo construído na Universidade Nacional da Austrália. É o Helicon Double Layer Thruster (HDLT). O desenvolvimento do equipamento tem recebido diversos tipos de incentivo do governo e de outras entidades, como o Surrey Space Center, na Europa.

O objetivo da equipe ao planejar o HDLT foi basear o design na simplicidade e na leveza. Ele funciona como um motor de íons comum, gerando a força de propulsão através da expulsão de partículas carregadas, mas possui o diferencial de conseguir fazer isso sem precisar de partes móveis.

Para ativar o motor, um gás (pode ser xênon ou krypton) é injetado na entrada do tubo, que é bombardeado com ondas de rádio na frequência de 13,56 MHz por antenas presas em torno dele. Isso cria um campo elétrico de dupla camada funcionando como um bocal, criando uma diferença de Potencial nos íons acelerando-os e direcionando a onda de íons para fora do motor a alta velocidade.

A Universidade explica que, como existe um fluxo igual de elétrons negativos e íons positivos sendo expelido pelo motor, isso faz do HDLT uma verdadeira turbina de plasma.

A simplicidade do design faz com que o HDLT aceite uma grande variedade de combustíveis, inclusive urina. Ao contrário das outras turbinas de plasma, que trabalham apenas com gases nobres como combustível — principalmente para não degradar os componentes do motor —, o HDLT pode trabalhar, virtualmente, com qualquer tipo de propelente.

A Estação Espacial Internacional possui um equipamento chamado Russian-piss-presser, que é uma máquina utilizada para filtrar a urina dos astronautas transformando-a em água potável novamente. Como o gás xenon é muito caro, por que não utilizar a urina que está lá disponível?

O design simples do projeto ainda garante muita economia de combustível, já que ele é consumido apenas no início, na hora de criar a primeira onda de plasma e, depois, para manter o campo elétrico.

A turbina de plasma foi testada com sucesso em 2009 e 2010, e o projeto final deve estar pronto em 2013. O primeiro teste de campo para o HDLT deve acontecer em 2014.

<http://www.tecmundo.com.br/ciencia/25019-australianos-desenvolvem-turbina-de-ions-movida-a-urina.htm>

## R EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

**01** Uma partícula com carga  $q = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  se desloca do ponto A ao ponto B, que se localizam numa região em que existe um campo elétrico. Durante esse deslocamento, a força elétrica realiza um trabalho igual a  $4 \cdot 10^{-3} \text{ J}$  sobre a partícula. A diferença de potencial  $V_A - V_B$  entre os dois pontos considerados vale, em V:

- A**  $-8 \times 10^{-10}$
- B**  $8 \times 10^{-10}$
- C**  $-2 \times 10^4$
- D**  $2 \times 10^4$
- E**  $0,5 \times 10^{-4}$

### Resolução:

O trabalho realizado pela força elétrica no deslocamento é igual à carga vezes a diferença de potencial, assim temos:

$$\tau_{A \rightarrow B} = q \cdot U_{AB}$$

Como o exercício pede a diferença de potencial e nos fornece outros dados, temos:

$$U_{AB} = \frac{\tau_{A \rightarrow B}}{q} \Rightarrow$$

$$(V_A - V_B) = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-7}} = 2 \cdot 10^4 \text{ V}$$

Alternativa **D**

**02** **MACK** Na determinação do valor de uma carga elétrica puntiforme, observamos que, em um determinado ponto do campo elétrico por ela gerado, o potencial elétrico é de 18kV e a intensidade do vetor campo elétrico é 9,0 kN/C. Se o meio é o vácuo

( $k_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ), o valor dessa carga é

- A** 4,0  $\mu\text{C}$
- B** 3,0  $\mu\text{C}$
- C** 2,0  $\mu\text{C}$
- D** 1,0  $\mu\text{C}$
- E** 0,5  $\mu\text{C}$

### Resolução:

Seja  $d$  a distância entre o ponto e a carga elétrica puntiforme. A intensidade do campo elétrico é dada por:

$$E = k_0 \cdot Q/d^2$$

O potencial elétrico é dado por:

$$V = k_0 \cdot Q/d$$

Da união das equações acima temos:

$$E \cdot d = V$$

$$d = 18/9,0 = 2,0\text{m}$$

Voltando-se à equação do Potencial temos:

$$V = k_0 \cdot Q/d$$

$$Q = 2,0 \cdot 18 \cdot 10^3 / 9 \cdot 10^9$$

$$Q = 4,0 \mu\text{C}$$

Alternativa **A**

**03** Nos pontos A e B de um campo elétrico, os potenciais são, respectivamente:  $V_A = +3,0 \mu\text{V}$  e  $V_B = -6,0 \mu\text{V}$ . Uma carga elétrica puntiforme  $q = +2,0 \text{ pC}$  é arrastada de A para B, sem que se modifique a sua energia cinética. Determine

- A** o trabalho realizado pelas forças elétricas;
- B** o trabalho do operador.

### Resolução:

$$\text{A } \tau_{A \rightarrow B} = q \cdot U_{AB}$$

$$\tau = 2,0 \cdot 10^{-12} (3,0 \cdot 10^{-6} - (-6,0 \cdot 10^{-6}))$$

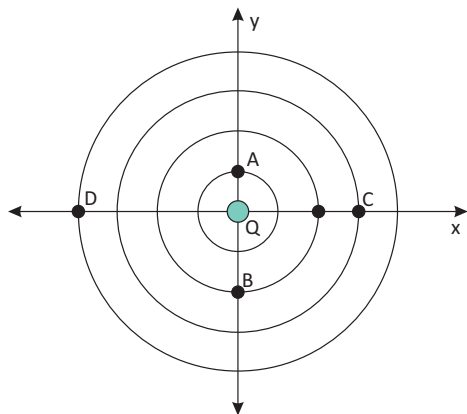
$$\tau = 1,8 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

$$\text{B } \tau_{oper} + \tau_{El} = \Delta E_c$$

$$\tau_{oper} = -1,8 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

**F** EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**01| UDESC** Na figura abaixo, estão representadas algumas superfícies equipotenciais geradas no vácuo por uma partícula Q, a qual tem carga elétrica positiva de  $2,0 \mu\text{C}$  ( $2,0 \cdot 10^{-6}\text{C}$ ). Os pontos A, B, C e D encontram-se distantes da partícula: 10,0 cm, 20,0 cm, 30,0 cm e 40,0 cm, respectivamente. O valor da constante eletrostática para o vácuo é  $9,0 \cdot 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ .

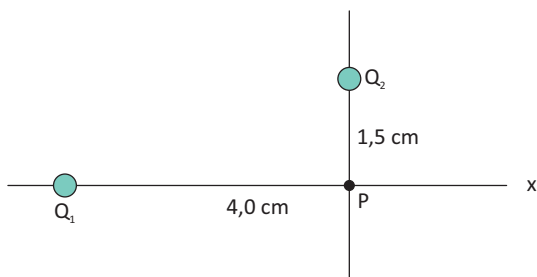


**Note e adote:**  
Equipotencial é uma linha ou uma superfície em que seus pontos apresentam um mesmo valor potencial elétrico.

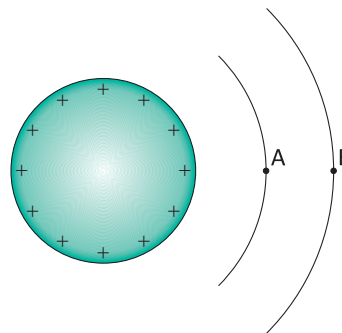
Calcule

- A** os potenciais elétricos em A e B, bem como a ddp entre A e B;
- B** a razão entre os potenciais de C e de D, ou seja:  $V_C/V_D$ .

**02| EN PORTUGAL** Na figura, temos um par de eixos cartesianos. As cargas elétricas  $Q_1 = +2,0 \mu\text{C}$  e  $Q_2 = -3,0 \mu\text{C}$  estão fixas em cada eixo. Determine o valor do potencial elétrico resultante, que é criado no ponto P pelas duas cargas. É dada a constante de Coulomb no SI:  $k_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{V} \cdot \text{m}/\text{C}$

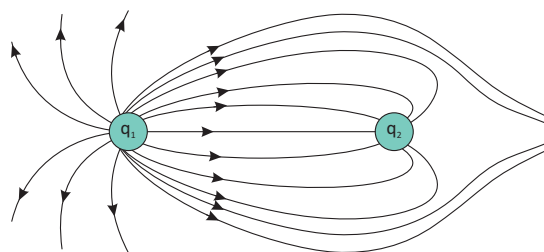


**03| UF-JUIZ DE FORA** A figura representa uma superfície esférica condutora, carregada positivamente, e dois pontos, A e B, ambos no plano da página. Nessa condição, marque v (verdadeiro) e F (falso) nos itens abaixo.



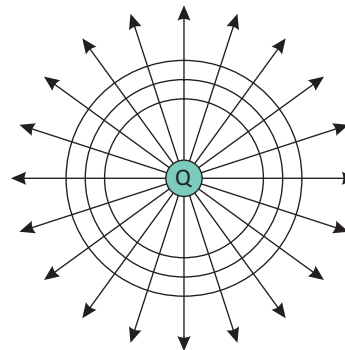
- A** o potencial em B é maior que em A.
- B** um elétron em B tem maior energia potencial do que em A.
- C** o campo elétrico em B é mais intenso do que em A.
- D** o potencial em A é igual ao potencial em B.
- E** o trabalho realizado pela força elétrica para deslocar um elétron de B para A é nulo.

**04| UNICAMP** A figura mostra as linhas de força de um campo eletrostático criado por um sistema de duas cargas puntiformes  $q_1$  e  $q_2$ .



- A** Nas proximidades de que carga o campo eletrostático é mais intenso? Por quê?
- B** Qual é o sinal do produto  $q_1 \cdot q_2$ ?

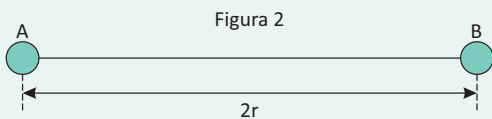
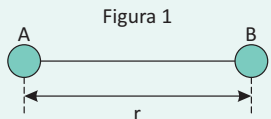
**05| UFG** Uma carga puntiforme Q gera uma superfície equipotencial de 2,0V a uma distância de 1,0m de sua posição. Tendo



em vista o exposto, calcule a distância entre as superfícies equipotenciais que diferem dessa por 1,0V.

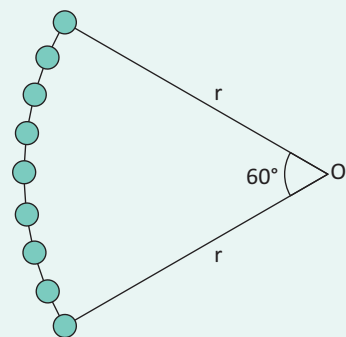
**T ENEM E VESTIBULARES**

**01 | UFJF** A figura a seguir mostra um sistema de duas partículas puntiformes, A e B, em repouso, com cargas elétricas iguais a Q, separadas por uma distância r. Sendo K a constante eletrostática, pode-se afirmar que o módulo da variação da energia potencial da partícula B na presença da partícula A, quando sua distância é modificada para 2r, é:



- A  $(KQ^2)/(4r^2)$
- B  $(KQ^2)/(2r)$
- C  $(KQ)/(2r^2)$
- D  $(KQ)/(4r^2)$
- E  $(KQ^2)/r$

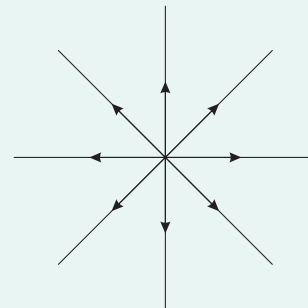
**02 | UECE** N prótons, cada um de carga q, foram distribuídos aleatoriamente ao longo de um arco de círculo de  $60^\circ$  e raio r, conforme ilustra a figura. Considerando  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  e o potencial de referência no infinito igual a zero, assinale a alternativa que contém o valor do potencial elétrico no ponto O devido a esses prótons.



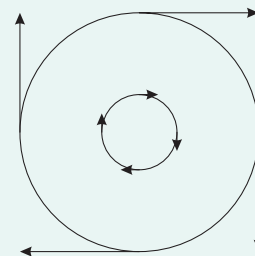
- A  $\frac{kqN}{r}$
- B  $\frac{kNq}{r} \cos 60^\circ$
- C  $\frac{kNq}{r}$
- D  $\frac{2kNq}{r} \cos 30^\circ$
- E N. D. A.

**03 | UEG** Linhas de força são linhas tangentes ao vetor campo elétrico em cada um de seus pontos, sendo essas linhas de força orientadas no sentido do vetor campo e perpendiculares às superfícies equipotenciais. Das figuras a seguir, qual(is) pode(m) representar as linhas de força de um campo elétrico produzido por cargas elétricas estacionárias?

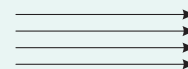
I.



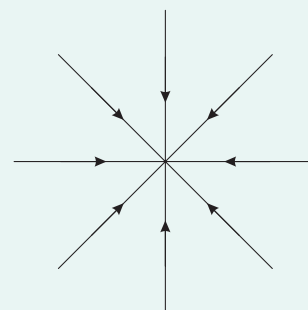
II.



III.



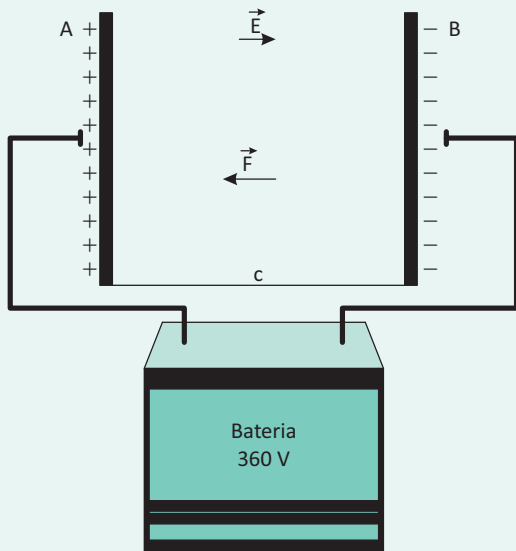
IV.



- A Apenas a figura I.
- B As figuras I e IV.
- C As figuras I, II e IV.
- D As figuras I, III e IV.
- E Todas as figuras.



04| UEPB Duas placas metálicas paralelas, A e B, são ligadas a uma bateria, estabelecendo entre elas uma tensão  $U_{AB} = 360 \text{ V}$ , como mostra a figura.



Suponha que a distância entre as placas é de  $d = 4,0 \text{ cm}$ , e que um elétron de carga  $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  é liberado, a partir do repouso, nas proximidades da placa negativa. A partir das informações dadas, pode-se afirmar que a intensidade do campo entre as placas e a intensidade da força elétrica que atua no elétron valem, respectivamente:

- A  $8 \cdot 10^3 \text{ N/C}$  e  $15,6 \cdot 10^{-20} \text{ N}$ .
- B  $7 \cdot 10^4 \text{ N/C}$  e  $13,4 \cdot 10^{-16} \text{ N}$ .
- C  $9 \cdot 10^3 \text{ N/C}$  e  $14,4 \cdot 10^{-16} \text{ N}$ .
- D  $11 \cdot 10^2 \text{ N/C}$  e  $12,4 \cdot 10^{-18} \text{ N}$ .
- E  $6 \cdot 10^4 \text{ N/C}$  e  $16,4 \cdot 10^{-17} \text{ N}$ .

05| PUC As linhas de força foram idealizadas pelo físico inglês Michael Faraday com o objetivo de visualizar o campo elétrico numa região do espaço. Em cada ponto de uma linha de força, a direção do campo elétrico é tangente à linha. Qual das afirmações abaixo NÃO corresponde a uma propriedade das linhas de força?

- A As linhas de força de um campo elétrico uniforme são paralelas e equidistantes entre si.
- B Para uma carga puntiforme positiva, as linhas de força apontam “para fora” da carga.
- C As linhas de força “convergem” para cargas puntiformes negativas.
- D Nas vizinhanças da superfície de um condutor isolado e carregado, as linhas de força são perpendiculares à superfície.
- E As linhas de força do campo elétrico são sempre fechadas.

06| UFRGS Uma carga de  $-10^{-6} \text{ C}$  está uniformemente distribuída sobre a superfície terrestre. Considerando-se que o potencial elétrico criado por essa carga é nulo a uma distância infinita, qual será aproximadamente o valor desse potencial elétrico sobre a superfície da Lua?

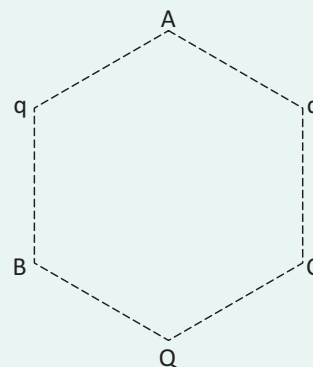
Dados:  $D_{\text{Terra-Lua}} = 3,8 \cdot 10^8 \text{ m}$ ;  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

- A  $-2,4 \cdot 10^7 \text{ V}$ .
- B  $-0,6 \cdot 10^{-1} \text{ V}$ .
- C  $-2,4 \cdot 10^{-5} \text{ V}$ .
- D  $-0,6 \cdot 10^7 \text{ V}$ .
- E  $-9,0 \cdot 10^6 \text{ V}$ .

07| PUC Uma carga de  $2,0 \cdot 10^{-7} \text{ C}$  encontra-se isolada, no vácuo, distante  $6,0 \text{ cm}$  de um ponto P. Dado:  $K_0 = 9,0 \cdot 10^9$  unidades SI Qual a proposição correta?

- A O vetor campo elétrico no ponto P está voltado para a carga.
- B O campo elétrico no ponto P é nulo porque não há nenhuma carga elétrica em P.
- C O potencial elétrico no ponto P é positivo e vale  $3,0 \cdot 10^4 \text{ V}$ .
- D O potencial elétrico no ponto P é negativo e vale  $-5,0 \cdot 10^4 \text{ V}$ .
- E Em P são nulos o campo elétrico e o potencial, pois aí não existe carga elétrica.

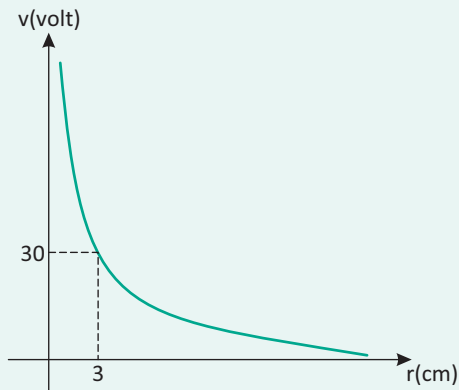
08| FMVASSOURAS Três vértices não consecutivos de um hexágono regular são ocupados por cargas elétricas pontuais.



Duas destas cargas têm o mesmo valor  $q$  e a terceira vale  $Q$ . Sendo nulo o potencial elétrico no vértice A não ocupado por carga, é correto afirmar que:

- A  $Q = -q$
- B  $Q = -2q$
- C  $Q = -3q$
- D  $Q = -4q$
- E  $Q = -6q$

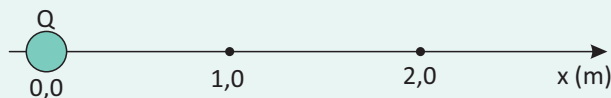
**09 | UFLAVRAS** O diagrama potencial elétrico versus distância de uma carga elétrica puntiforme  $Q$  no vácuo é mostrado abaixo. Considere a constante eletrostática do vácuo  $K_0 = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ .



Pode-se afirmar que o valor de  $Q$  é:

- A**  $+3,0 \cdot 10^{-12} \text{ C}$
- B**  $+0,1 \cdot 10^{-12} \text{ C}$
- C**  $+3,0 \cdot 10^{-9} \text{ C}$
- D**  $+0,1 \cdot 10^{-9} \text{ C}$
- E**  $-3,0 \cdot 10^{-12} \text{ C}$

**10 | UNICAMP** Uma carga de  $-2,0 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  está na origem de um eixo  $X$ . A diferença de potencial entre  $x_1 = 1,0 \text{ m}$  e  $x_2 = 2,0 \text{ m}$  (em  $\text{V}$ ) é:



- A**  $+3$
- B**  $-3$
- C**  $-18$
- D**  $+18$
- E**  $-9$

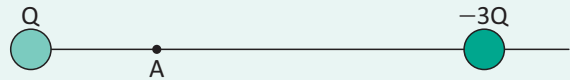
**11 | UNESP** Na configuração de cargas da figura, qual é a expressão que representa o potencial elétrico no ponto  $P$ ?



( $K$  = constante eletrostática do vácuo)

- A**  $+k \cdot Q/3a$
- B**  $-k \cdot 4Q/a$
- C**  $+k \cdot 2Q/2a$
- D**  $-k \cdot Q/a$
- E**  $-k \cdot 2Q/3a$

**12 | UFCE** Duas cargas puntiformes de valores  $Q$  e  $-3Q$  estão separadas por uma distância de  $104 \text{ cm}$ , conforme a figura.



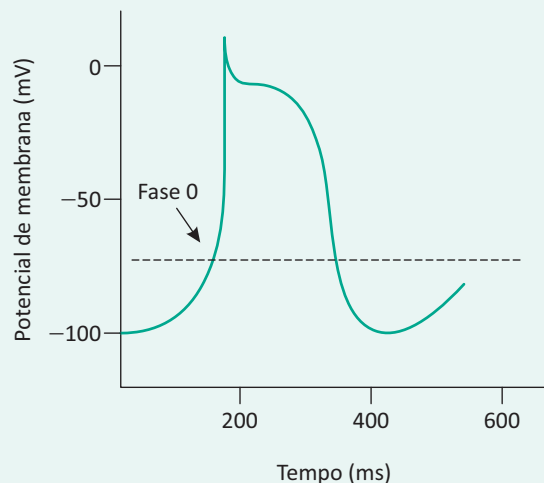
O ponto  $A$  e pontos infinitamente distantes das cargas têm potencial nulo. Qual é, em centímetros, a distância entre a carga  $-3Q$  e o ponto  $A$ .

- A**  $75 \text{ cm}$
- B**  $76 \text{ cm}$
- C**  $77 \text{ cm}$
- D**  $78 \text{ cm}$
- E**  $79 \text{ cm}$

**13 | FUVEST** Um sistema formado por três cargas puntiformes iguais, colocadas em repouso nos vértices de um triângulo equilátero, tem energia potencial eletrostática igual a  $U$ . Substitui-se uma das cargas por outra, na mesma posição, mas com o dobro do valor. A energia potencial eletrostática do novo sistema será igual a:

- A**  $4U/3$
- B**  $3U/2$
- C**  $5U/3$
- D**  $2U$
- E**  $3U$

**14 | ENEM** As células possuem potencial de membrana, que pode ser classificado em repouso ou ação, e é uma estratégia eletrofisiológica interessante e simples do ponto de vista físico. Essa característica eletrofisiológica está presente na figura a seguir, que mostra um potencial de ação disparado por uma célula que compõe as fibras de Purkinje, responsáveis por conduzir os impulsos elétricos para o tecido cardíaco, possibilitando assim a contração cardíaca. Observa-se que existem quatro fases envolvidas nesse potencial de ação, sendo denominadas fases 0, 1, 2 e 3.



O potencial de repouso dessa célula é  $-100\text{mV}$ , e quando ocorre influxo de íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Ca}^{2+}$ , a polaridade celular pode atingir valores de até  $+10\text{mV}$ , o que se denomina despolarização celular. A modificação no potencial de repouso pode disparar um potencial de ação quando a voltagem da membrana atinge o limiar de disparo que está representado na figura pela linha pontilhada. Contudo, a célula não pode se manter despolarizada, pois isso acarretaria a morte celular. Assim, ocorre a repolarização celular, mecanismo que reverte a despolarização e retorna a célula ao potencial de repouso. Para tanto, há o efluxo celular de íons  $\text{K}^+$ .

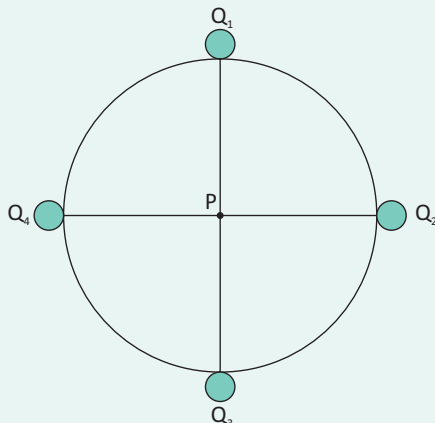
Qual das fases, presentes na figura, indica o processo de despolarização e repolarização celular, respectivamente?

- A Fases 0 e 2.
- B Fases 0 e 3.
- C Fases 1 e 2.
- D Fases 2 e 0.
- E Fases 3 e 1.

15| **MACK** Um aluno, ao estudar Física, encontra no seu livro a seguinte questão: “No vácuo ( $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ ), uma carga puntiforme  $Q$  gera, à distância  $D$ , um campo elétrico de intensidade  $360 \text{ N/C}$  e um potencial elétrico de  $180 \text{ V}$ , em relação ao infinito”. A partir dessa afirmação, o aluno determinou o valor correto dessa carga como sendo

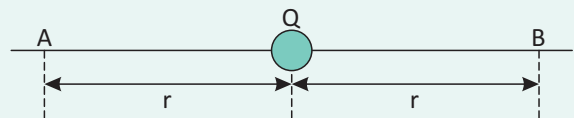
- A  $24 \mu\text{C}$
- B  $10 \mu\text{C}$
- C  $30 \text{ nC}$
- D  $18 \text{ nC}$
- E  $10 \text{ nC}$

16| **UNIMONTES** Calcule o potencial elétrico no ponto P. O raio do círculo é  $r = 0,5 \text{ m}$  e, o valor das cargas  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1\mu\text{C}$ ,  $Q_4 = -2\mu\text{C}$ .  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$



- A  $36 \cdot 10^3 \text{ V}$
- B  $18 \cdot 10^3 \text{ V}$
- C  $54 \cdot 10^3 \text{ V}$
- D  $9 \cdot 10^3 \text{ V}$
- E  $27 \cdot 10^3 \text{ V}$

17| **MACK** O sistema representado pelo esquema está no vácuo, cuja constante eletrostática é  $k_0$ . A carga  $Q$  está fixa e os pontos A e B são equidistantes de  $Q$ . Se uma carga  $q$  for deslocada de A até B, o trabalho do campo elétrico de  $Q$ , nesse deslocamento, será igual a:



- A zero
- B  $k_0 \cdot q \cdot Q/r$
- C  $k_0 \cdot Q/r$
- D  $2 \cdot k_0 \cdot q \cdot Q/r$
- E  $1/2 \cdot k_0 \cdot q \cdot Q/r$

18| **UFPA** No campo de uma carga A puntual  $Q$  são dados dois pontos A e B sobre uma mesma linha de força. Transporta-se uma carga elétrica  $q = 5,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  ao longo da citada linha de força, do ponto A ao ponto B; em seguida, de B até um ponto muito longínquo. Na primeira etapa o campo efetua o trabalho  $\tau_{AB} = +10 \text{ J}$  e na segunda etapa, o trabalho  $\tau_{B\infty} = +40 \text{ J}$ . Adotar  $V_\infty = 0$ . Os potenciais em A e B são, respectivamente:

- A  $4,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$  e  $1,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$
- B  $8,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$  e  $2,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$
- C  $16,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$  e  $4,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$
- D  $32,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$  e  $8,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$
- E  $64,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$  e  $16,0 \cdot 10^6 \text{ volts}$

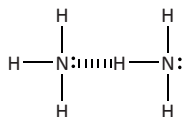
## FRENTE A FORÇAS INTERMOLECULARES EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 23)

01|

a)  $\text{NH}_3$ : Ponte ou Ligação de hidrogênio e Forças de Van der Waals ou London ou dipolo-dipolo induzido.

$\text{PH}_3$ : Forças de Van der Waals ou Dispersão de London.

b)



c) As ligações de hidrogênio entre as moléculas de  $\text{NH}_3$  fazem com que os pontos de fusão e de ebulição deste composto sejam mais elevados que aqueles do  $\text{PH}_3$ , que não apresenta essa força intermolecular.

d)  $\text{NH}_3$ : Líquido

$\text{PH}_3$ : Gasoso

02|

a) A diferença nos pontos de fusão está relacionada com as forças intermoleculares da substâncias apresentadas. No cloreto de sódio, existem interações eletrostáticas entre os íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ . Na molécula de glicose, existem interações de Van der Waals e ligações de hidrogênio, além de interações dipolo-dipolo. Já a naftalina é um hidrocarboneto, no qual existe apenas interações de Van der Waals.

b)

Substâncias	$T_{\text{fusão}} (^\circ\text{C})$	Solubilidade em Água
Cloreto de sódio	801	Solúvel
Glicose	186	Solúvel ou pouco solúvel
Naftalina	80	Insolúvel

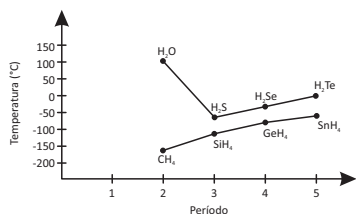
Como a molécula de água é polar tem-se: Para o  $\text{NaCl}$ , ocorre interação eletrostática entre os íons e a água.

Para a glicose, ocorre ligações de hidrogênio entre o grupo hidroxila da glicose e a molécula de água.

Para a naftalina, não há interações com a molécula de água pois a naftalina é um hidrocarboneto apolar.

03|

a)



b) Os elementos do Grupo 16 são mais eletronegativos que os elementos do Grupo 14, assim suas ligações com o hidrogênio são mais polares, formando interações intermoleculares mais fortes. Já os elementos do grupo 14 possuem interações intermoleculares mais fracas.

04|

A sílica tem grupos polares capazes de interagir fortemente com o fenol, que possui uma hidroxila em sua estrutura. Desse modo, o fenol interagirá mais fortemente com a sílica. Já o naftaleno, que não possui grupos polares, interagirá fracamente com a sílica. Assim, o naftaleno deixará a coluna primeiro, sendo seguido posteriormente pelo fenol.

05|

Na solvatação dos íons benzoato e sódio pelas moléculas polares de água, são formadas interações químicas do tipo íon-dipolo mediante a orientação das cargas elétricas dos íons e os polos elétricos das moléculas de água. Por outro lado, a solvatação das moléculas pouco polares de ácido benzóico pela água envolve a formação de interações químicas do tipo ligações de hidrogênio, menos intensas quando comparadas às ligações formadas na solvatação do benzoato de sódio.

## ENEM E VESTIBULARES (P. 24)

01| B    04| A    07| E    11| C

02| E    05| B    08| D    10| B

03| E    06| B    09| C    12| C

## GEOMETRIA MOLECULAR EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 31)

01|

- a) I- $\text{CH}_4$ ,  $\text{PH}_3$   
b) I- tetraédrica; II- pirâmide trigonal

02|

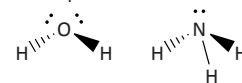
- $\text{NH}_3$ .....piramidal
- $\text{CH}_4$ .....tetraédrica
- $\text{CO}_2$ .....Plana linear
- $\text{H}_2\text{O}$ .....angular

03|

- a)
- $\text{BeH}_2 \rightarrow$  figura A
  - $\text{BF}_3 \rightarrow$  figura B
  - $\text{CH}_4 \rightarrow$  figura C
- b)  $\text{H}_2\text{O}$ . Na molécula de  $\text{H}_2\text{O}$ , temos 4 pares de elétrons estereoaativos, sendo dois pares ligantes e dois não ligantes. A repulsão entre os pares de elétrons não ligantes é maior que a repulsão entre os pares ligantes. Logo, o ângulo entre os átomos diminui.
- $\text{CH}_4 \rightarrow 109^\circ 28'$
  - $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 104,5^\circ$

04|

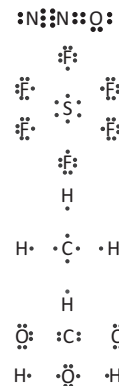
a) Ambas são tetraédricas, quando se considera os pares de elétrons não ligantes.



b) O ângulo da água é aproximadamente  $105^\circ$  e o da amônia é aproximadamente  $109^\circ$ . Tal diferença se deve ao fato de a água ter dois pares de elétrons livres, os quais têm maior intensidade de repulsão entre si e empurram mais fortemente os pares ligantes para mais próximo uns dos outros.

05|

a)



o  $\text{SF}_6$  não segue a regra do octeto

b) o  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{H}_2\text{O}$  são moléculas polares

06|

- a) polares:  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ; apolares:  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CH}_4$ .  
b) átomo: eletronegatividade; molécula: geometria e simetria.

## ENEM E VESTIBULARES (P. 32)

01| B    05| C    09| D    13| A

02| D    06| C    10| A

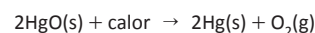
03| B    07| C    11| E

04| D    08| B    12| B

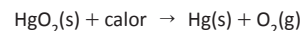
## FRENTE B FUNÇÕES INORGÂNICAS EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 38)

01|

a) A reação de formação do oxigênio, a partir do óxido de mercúrio requer uma quantidade significativa de calor que será utilizado para decomposição do óxido, conforme uma das reações químicas balanceada:



ou



Esta reação é endotérmica

- b) Nome do ácido correto  
 Fórmula molecular associada ao nome do ácido citado  
 Estrutura de Lewis associada ao ácido citado
- c) Duas propriedades químicas de ácidos  
 Dentre as propriedades, tem-se:  
 Ionizam-se em água gerando H<sup>+</sup>;  
 Possuem sabor azedo;  
 São corrosivos;  
 Sofrem mudanças de cor na presença de indicadores ácido/base;  
 Conduzem corrente elétrica quando ionizados em água;  
 Reagem com bases (reação de neutralização).

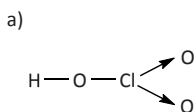
02|

- a)  $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl}(\text{aq}) + \text{HClO}(\text{aq})$   
 b)  $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{Cl}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$   
 como na reação há produção de gás cloro, o inconveniente é que a água de lavadeira é irritante aos olhos, devido a presença do cloro.

03|

- a) 80%  
 b)  $4,8 \cdot 10^{24}$  ions

04|



- b) clorato de alumínio

05|

- a)  $\text{HNO}_3$  – ácido nítrico;  
 $\text{NH}_4\text{OH}$  – hidróxido de amônio.  
 b) Nox do urânio no  $\text{U}_3\text{O}_8$ :  $\frac{16}{3^+}$   
 Nox do urânio no  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$ :  $6^+$

ENEM E VESTIBULARES (P. 39)

- 01| E    04| A    07| D    10| D  
 02| D    05| C    08| A    11| B  
 03| C    06| 01    09| C

BASES OU HIDRÓXIDOS

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 45)

- 01|  $\text{CaCO}_3$ .
- 02|  
 O composto formado por X e Y, ao reagir com água, forma uma base.
- 03|  
 A condutividade elétrica da mistura do frasco A é a maior porque se trata de uma solução 1 molar de eletrólito forte.
- 04|  
 Porque é praticamente insolúvel em água.
- 05|  
 Podemos afirmar que eles são alcalinos.

ENEM E VESTIBULARES (P. 45)

- 01| B    04| B    07| E    10| D  
 02| A    05| B    08| C  
 03| C    06| C    09| B

SAIS

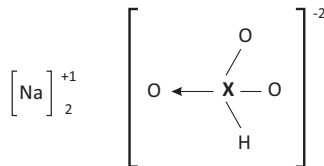
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 50)

01|

Cátion	Ânion	Fórmula do composto	Nome do composto
		$\text{NH}_4\text{Cl}$	Cloreto de amônio
$\text{Ba}^{2+}$			Cloreto de bário
	$\text{NO}_3^-$	$\text{AgNO}_3$	
		$\text{Fe}(\text{OH})_2$	Hidróxido de ferro-II

02|

a)



b) dois

03|

- $\text{Cu}_2\text{CO}_3$  → Carbonato de cobre I, Carbonato cuproso
- $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$  → Oxalato de amônio
- $\text{Fe}(\text{OH})_3$  → Hidróxido de férrico, hidróxido de ferro III
- $\text{KHSO}_4$  → Sulfato ácido de potássio
- $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  → Nitrato de magnésio
- $\text{Na}_2\text{S}$  → Sulfeto de sódio
- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  → Sulfato cúprico pentaidratado
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  → Óxido de alumínio

04|

- a)
- cátions:  $\text{Na}^+$ ;  $\text{Ca}^{2+}$   
 ânions:  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{PO}_4^{3-}$ ;  $\text{CO}_3^{2-}$ .  
 formulas e nomes:
- $\text{NaCl}$  → cloreto de sódio
  - $\text{Na}_3\text{PO}_4$  → fosfato de sódio
  - $\text{Na}_2\text{CO}_3$  → carbonato de sódio
  - $\text{CaCl}_2$  → cloreto de cálcio
  - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  → fosfato de cálcio
  - $\text{CaCO}_3$  → carbonato de cálcio

05|

- a)  $\text{H}_3\text{PO}_4$   
 $\text{Mg}(\text{OH})_2$   
 $\text{SnF}_2$
- b) ácido de Arrhenius  
 $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$   
 Base de Arrhenius  
 $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$   
 Sal de Arrhenius  
 $\text{SnF}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{F}^-(\text{aq})$

ENEM E VESTIBULARES (P. 51)

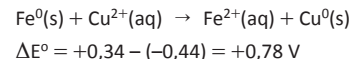
- 01| A    05| 30    09| E    13| D  
 02| C    06| A    10| D    14| A  
 03| A    07| A    11| E    15| E  
 04| C    08| B    12| E

FRENTE C

ELETROQUÍMICA

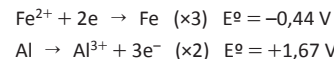
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 59)

01|

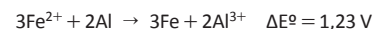


02|

- a) A equação química balanceada que representa esse processo é calculada da seguinte forma



Somando-se ambas as semirreações, tem-se a reação global e a diferença de potencial a seguir.



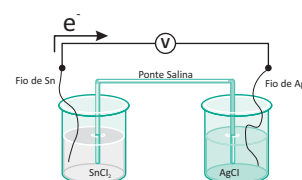
- b) O fluxo de elétrons vai do Al (ânodo) para o  $\text{Fe}^{2+}$  (cátodo), o agente oxidante é  $\text{Fe}^{2+}$  e o agente redutor é Al.

03|

- a)  $2\text{Al}^0 + 3\text{Cu}^{2+} \leftrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{Cu}^0$   
 b)  $2\text{Al}^0 + 3\text{Cu}^{2+} \leftrightarrow 2\text{Al}^{3+} + 3\text{Cu}^0$   
 $\Delta E^0 = 0,34 + 1,66 = 2,00 \text{ V}$

04|

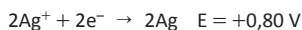
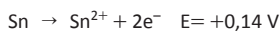
a)



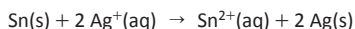
- b) As soluções preparadas a partir de cloreto de estanho ( $\text{SnCl}_2$ ) e cloreto de prata ( $\text{AgCl}$ ) devem apresentar concentrações molares iguais a 1 mol/L. Logo, para preparar 100 mL de cada uma dessas soluções será necessário utilizar 19 g de  $\text{SnCl}_2$  e 14,3 g de  $\text{AgCl}$  para se preparar as duas soluções independentemente.

c)

**Semirreações balanceadas:**



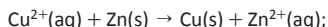
**Reação global:**



**Potencial padrão:**

$$E = 0,14 + 0,80 = 0,94 \text{ V.}$$

05| Equação:



ddp: 3,3 V

### ENEM E VESTIBULARES (P. 61)

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 01  D | 06  C | 11  B | 16  E |
| 02  A | 07  C | 12  B | 17  D |
| 03  B | 08  A | 13  E | 18  A |
| 04  A | 09  E | 14  D | 19  A |
| 05  B | 10  D | 15  C | 20  B |

### FRENTE D EQUILÍBRIO QUÍMICO EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 69)

01|

$$a) K = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

b) Com o aumento da temperatura houve aumento da concentração do  $\text{NO}_2$  (cor marrom). Assim podemos afirmar que a reação direta é endotérmica.

c) Ficará menos intensa, pois a redução do volume desloca o equilíbrio no sentido de formação do reagente ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ).

02|

a) A reação não tem um reagente limitante e ela teve rendimento de 30%, ou seja, apenas 0,3 mol de  $\text{N}_2$  reagiu. Logo, pela estequiometria da reação, formou-se 0,6 mol de  $\text{NH}_3$ , o que equivale a 10,2 g ( $0,6 \text{ mol} \times 17 \text{ g mol}^{-1}$ )

b)  $K_c = 0,55$

03|

a) Não, pois o  $Q_c$  é diferente de  $K_c$

b) No sentido dos produtos, aumentando a concentração de  $\text{N}_2\text{O}_4$ .

04|

a)  $p_{\text{NO}} = 0,24 \text{ atm}$ ;  $p_{\text{Cl}_2} = 0,12 \text{ atm}$

b)  $K_p = 1,6875 \cdot 10^{-2}$

05|  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,0714$

06|

a) 90%

b)  $K_c = 36,45 \text{ mol.L}^{-1}$

### ENEM E VESTIBULARES (P. 70)

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 01  E | 04  C | 07  C | 10  E |
| 02  D | 05  C | 08  C |       |
| 03  E | 06  D | 09  A |       |

### FATORES QUE DETERMINAM O EQUILÍBRIO EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 74)

01|

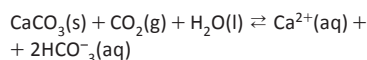
a) Pelo princípio de Le Chatelier, com a redução do volume de um sistema reacional, o equilíbrio químico da reação será deslocado para o sentido de menor volume. Portanto, pela estequiometria da reação, nesse caso, o equilíbrio será deslocado no sentido de formação de amônia ( $\text{NH}_3$ ).

b)  $P = 26,24 \text{ atm}$

02|

a) Em águas transparentes, a maior incidência de luz facilita a ocorrência da fotossíntese, processo realizado pelas algas simbiotas (zooxantelas). A matéria orgânica assim produzida é fonte de energia que pode ser utilizada pelos pólipos do coral em seu crescimento e na produção de seus esqueletos calcários.

b) Em águas quentes, a quantidade de  $\text{CO}_2(\text{g})$  dissolvido será menor, pois, para um gás, quanto maior a temperatura, menor a solubilidade. Sendo assim, o equilíbrio

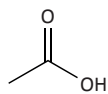


estará deslocado para a esquerda, favorecendo a formação de  $\text{CaCO}_3(\text{s})$ , constituinte dos exoesqueletos dos corais.

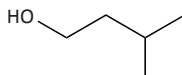
03|

a) A segunda reação, pois não é uma reação reversível nas condições apresentadas.

b)



ácido acético

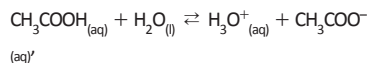


3-metil-butanol

04|

a) O equilíbrio será deslocado no sentido dos reagentes, ou seja, no sentido de diminuir a ionização do ácido acético.

b) Sendo a temperatura constante, o valor de  $K_a$  permanece constante. Para a reação química



tem-se que:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

Portanto, para que  $K_a$  permaneça constante, o aumento da concentração de íons acetato no meio implicará aumento da concentração de ácido acético.

05|

a) O catalisador tem a função de diminuir a energia de ativação, aumentando a velocidade da reação.

OU

O catalisador tem a função de diminuir a energia de ativação para atingir o equilíbrio mais rapidamente.

b) Usar a lei dos gases ou Lê Chatelier — A quantidade de  $\text{SO}_{3(\text{g})}$  formado será maior, visto que, com o aumento da pressão, o equilíbrio deslocará para o menor número de mols (lado direito da reação).

OU

A quantidade de  $\text{SO}_{3(\text{g})}$  formado será maior, visto que, com o aumento da pressão, o equilíbrio deslocará para o menor número de mols (lado direito da reação).

### ENEM E VESTIBULARES (P. 75)

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 01  E | 04  D | 07  B | 10  C |
| 02  A | 05  B | 08  C |       |
| 03  A | 06  B | 09  E |       |

### EQUILÍBRIO IÔNICO EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 79)

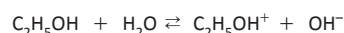
01|  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^- + \text{H}_3\text{O}^+$   
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H} \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^- + \text{H}^+$

$$K_a = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}]}$$

Como o ácido é monoprótico, temos:  $[\text{H}^+] = 7,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$

02|

A opção não foi adequada, pois a água apresenta maior acidez que o etanol.



03|

a)  $K_a = 1,5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ .

b) O ácido octanóico e o ácido butanóico apresentam o mesmo número de ligações de hidrogênio, logo o ácido de maior massa apresentará o maior ponto de ebulição e este ácido é o octanóico.

O ácido octanóico possui ponto de ebulição menor do que o ácido hexanodióico porque apresenta apenas um grupo carboxila, enquanto que o outro possui dois grupos carboxila e consequentemente faz maior número de ligações de hidrogênio.

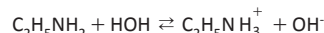
04|

a) aumenta a cor azul (deslocamento para a direita)

b)  $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ;  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ;  
 $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}$  (azul)

05|

a) A basicidade da dimetilamina é maior do que a da etilamina, portanto  $K_2 > K_1$ .



b)  $0,01 \text{ mol} \times \text{L}^{-1}$

ENEM E VESTIBULARES (P. 80)

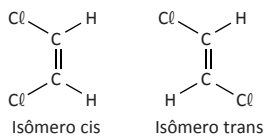
- 01| C    04| B    07| C    10| D  
 02| C    05| C    08| B  
 03| C    06| A    09| E

FRENTE E

ISOMERIA ESPACIAL OU ESTEREOISOMERIA  
 EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 85)

01|

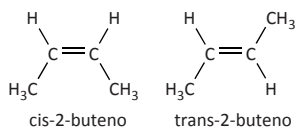
a) As duas substâncias orgânicas produzidas na reação mencionada no enunciado constituem isômeros geométricos:



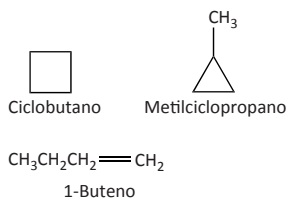
b) Enquanto o isômero TRANS é um composto apolar, o isômero cis é polar. Assim, as interações intermoleculares são mais fortes no composto polar, o que aumenta seu ponto de ebulição. Logo, o isômero cis é o maior ponto de ebulição.

02|

a)

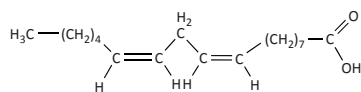


b)



03|

A fórmula estrutural do ácido cis,cis-9,-12-octadecadienoico é:



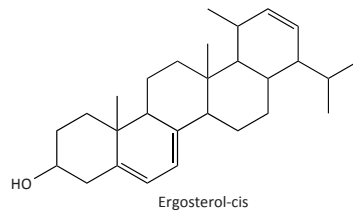
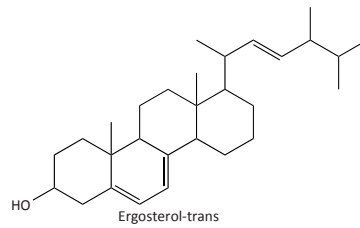
De um modo geral, os óleos vegetais são triésteres formados a partir de ácidos graxos e glicerina. Logo, o ácido cis,cis-9,-12-octadecadienoico pode ser obtido conforme a equação descrita a seguir:

Triéster do ácido cis,cis-9,12-octadecadienoico + 3 água → 3 ácido cis,cis-9,12-octadecadienoico + glicerina

04|

a) Dois carbonos mudaram de  $sp^3$  para  $sp^2$

b)



05|

a)



b) 22.286 kJ/mol

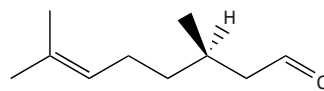
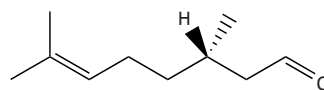
ENEM E VESTIBULARES (P. 85)

- 01| A    04| D    07| A    10| D  
 02| C    05| C    08| C  
 03| B    06| D    09| B

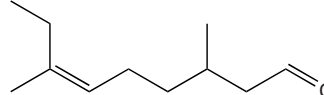
ISOMERIA ÓPTICA  
 EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 91)

01|

a)



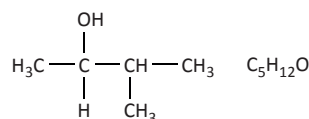
b)



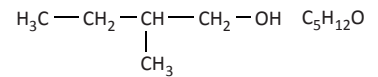
02|

Fórmula molecular das substâncias citadas.

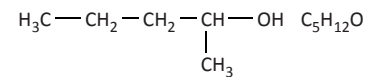
1.



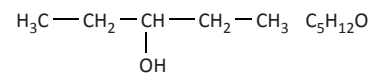
2.



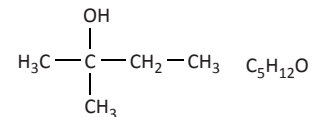
3.



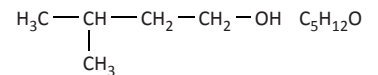
4.



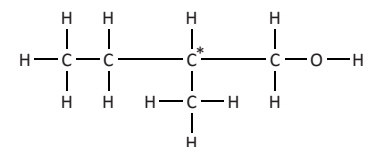
5.



6.



Fórmula estrutural completa do álcool primário que apresenta carbono assimétrico (quiral)



C\* = carbono quiral

03|

a) O composto possui atividade ótica.

Justificativa:

A molécula contém carbono quiral ou,  
 A molécula contém carbono assimétrico ou,

A molécula contém carbono ligado a quatro substituintes diferentes ou,

A molécula não possui plano de simetria.

Justificativa: A análise da estrutura química da penicilina mostra que a substância possui atividade ótica, pois não possui nenhum plano de simetria, verificado pela presença de carbonos quirais ou assimétricos (ligados a quatro substituintes diferentes).

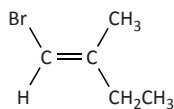
b) Serão aceitos nomes ou fragmentos de estrutura dos seguintes grupamentos:

amida ou carboxiamida, ácido carboxílico ou carboxila, sulfeto orgânico ou tioéter.

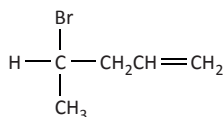


04 |

a)

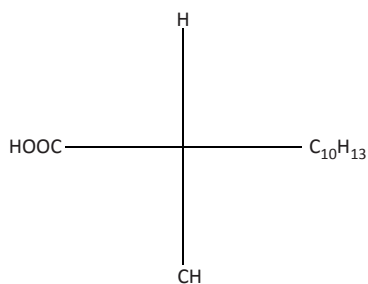
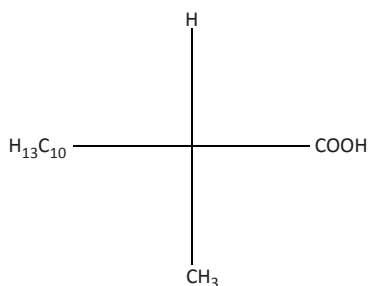


b)



05 |

- a) O ibuprofeno e o alminoprofeno apresentam apenas um carbono assimétrico, isto é, carbono ligado a quatro substituintes diferentes.
- b) As projeções de Fischer para os enantiômeros do composto I são:



### ENEM E VESTIBULARES (P. 92)

- |        |        |        |
|--------|--------|--------|
| 01   D | 05   B | 09   A |
| 02   B | 06   A | 10   B |
| 03   E | 07   D | 11   E |
| 04   E | 08   D |        |

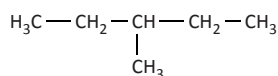
### REAÇÕES DE SUBSTITUIÇÃO EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 98)

01 |

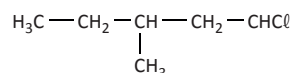
- a) 2-Heptanol:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CHOHCH}_3$   
3-Heptanona:  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$

02 |

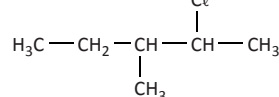
a)



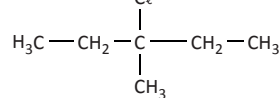
Composto - I



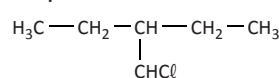
Composto - II



Composto - III



Composto - IV



b)

Cálculo dos valores percentuais de cada composto.

Dados reatividade dos hidrogênios:

- um átomo de hidrogênio terciário é cinco vezes mais reativo do que um átomo de hidrogênio primário.

$$\text{reatividade } H^{\text{terciário}} = 5 \times \text{reatividade } H^{\text{primário}}$$

logo

$$\text{reatividade } H^{\text{primário}} = \frac{17}{5} \%$$

- um átomo de hidrogênio secundário é quatro vezes mais reativo do que um átomo de hidrogênio primário.

$$\text{reatividade } H^{\text{secundário}} = 4 \times \text{reatividade } H^{\text{primário}}$$

logo

$$\text{reatividade } H^{\text{primário}} = 4 \times \frac{17}{5} \%$$

Composto - I

Nesse composto existem 6 (seis) hidrogênios primários, assim a sua reatividade será:

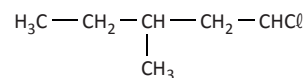
$$\text{Composto (I)} = 6 \times \frac{17}{5} \% \Rightarrow \text{Composto (X)} = 20,4 \%$$

$$\text{Composto (IV)} = 3 \times \frac{17}{5} \% \Rightarrow \text{Composto (X)} = 10,2 \%$$

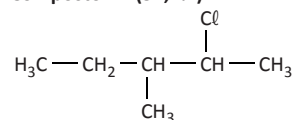
Desse modo, temos que os Hidrogênios primários consomem um percentual de reatividade de 30,6%. Sobrando para o composto II um percentual de 52,4%:

$$100\% - (17\% + 30,6\%) = 52,4\%$$

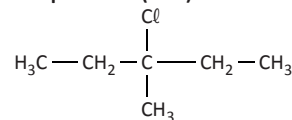
Composto - I (20,4%)



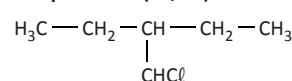
Composto - II (52,4%)



Composto - III (17%)

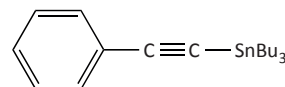


Composto - IV (10,2%)

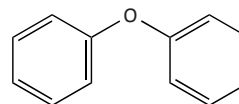


03 |

a)

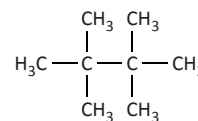


b)



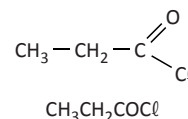
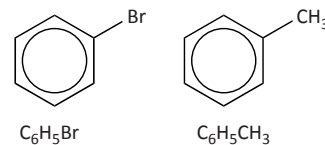
04 |

- a) A fórmula molecular plana do isômero que fornece apenas um haleta quando sofre uma monohalogenação é:



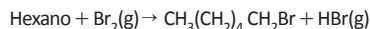
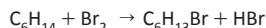
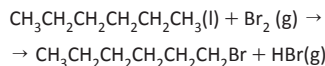
- b) A fórmula molecular do produto após halogenação total é  $\text{C}_8\text{Cl}_{18}$ . Logo, a massa molar é igual a:  $[(8 \times 12) + (18 \times 35,5)] = 735 \text{ g/mol}$ .

05 |



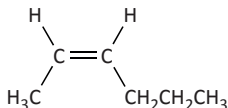
06|

a) Experimento I

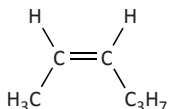


Reação de substituição

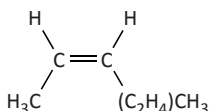
b)



OU



OU



ENEM E VESTIBULARES (P. 100)

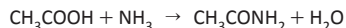
- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 01  B | 05  B | 09  B | 13  C |
| 02  A | 06  E | 10  A |       |
| 03  A | 07  A | 11  D |       |
| 04  D | 08  A | 12  D |       |

FRENTE F

EFEITOS ELETRÔNICOS INDUTIVOS E MESOMÉRICOS DOADORES E RETIRADORES DE ELÉTRONS

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 107)

01|

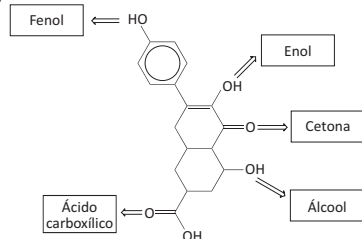


Função orgânica: éster.

Hibridação:  $sp^2$

02|

a)



b) O hidrogênio mais ácido é presente no grupo carboxila, o que pode ser explicado pelo grande efeito indutivo da ligação C=O.

03|

Gab: Molécula A

Uma das nomenclaturas:

- fenilmetanol
  - álcool benzílico
- Molécula D

Uma das nomenclaturas:

- p-metilfenol
- p-metil-hidroxibenzeno
- 4-metilfenol
- 4-metil-1-hidroxibenzeno

Fenol

04|

a) A → 4-metilfenol ou para-metilfenol ou 4-metilbenzol

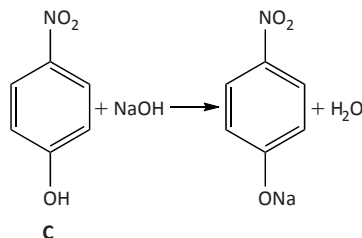
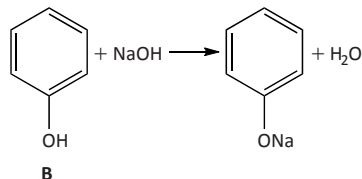
B → fenol ou benzenol

C → 4-nitrofenol ou 4-nitrobenzol ou para-nitrofenol

b) A < B < C

c) O  $\text{NO}_2$  presente na substância C apresenta efeito indutivo retirador de elétrons, o que provoca um aumento da acidez da substância. Já na substância A o  $\text{CH}_3$  presente apresenta efeito indutivo doador de elétrons, o que provoca efeito contrário, ou seja, diminuição da acidez. No caso da substância B, esta presente o átomo de hidrogênio, ficando com valor de acidez entre o da substância A e C.

d)



05|

a) 2,6-diisopropilfenol

b) O propofol apresenta maior acidez relativa. Os fenóis são, via de regra, muito mais ácidos do que os alcoóis de estrutura relacionada (como o cicloexanol). O principal motivo para isto é que, nos fenóis, as bases conjugadas (fenóxidos ou fenolatos) são estabilizadas por ressonância.

c) Resposta: 200 g de fenol. Pela estequiometria da reação, para a síntese de 1 mol de propofol seria necessário utilizar exatamente 1 mol de fenol. Entretanto,

como o rendimento deste processo é de 47%, uma quantidade maior de reagente terá de ser usada. Através de uma regra de três simples, chega-se ao valor de 2,13 mol de fenol para se produzir 1 mol do anestésico. Como a massa molar do fenol é de  $94,0 \text{ g mol}^{-1}$ , a massa de fenol necessária será de, aproximadamente, 200 g.

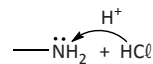
06|

a) I- Sim – N e S entre carbonos são hetero-átomos

II. Sim



III. Sim

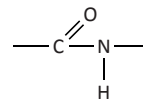


IV. Sim –  $\text{COOH} + \text{NaOH}$

V. Não – Cefalexina é composto de função mista

VI. Sim –  $\text{CH}_3$

VII. Sim



b) Dióxido de Carbono:  $\text{CO}_2$

Água:  $\text{H}_2\text{O}$

Óxidos de Nitrogênio:  $\text{NO}_x$

Óxidos de Enxofre:  $\text{SO}_x$

c) 16 mols de átomos de carbono

% em massa = 54,86

ENEM E VESTIBULARES (P. 108)

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 01  B | 04  D | 07  B | 10  B |
| 02  A | 05  B | 08  D | 11  C |
| 03  D | 06  D | 09  A |       |

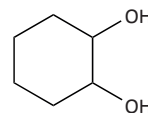
REAÇÕES DE ADIÇÃO

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 116)

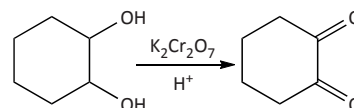
01|

a)

Produto principal



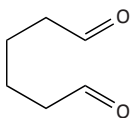
Equação química da reação



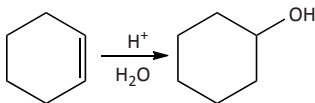
b)  $C_6H_{12}$



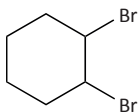
$C_6H_{10}O_2$



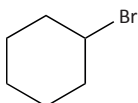
c) Reação de hidratação de álcool.



d)  $Br_2$



HBr

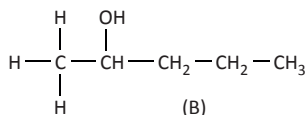


02|

- A reação de adição pode formar o 2-iodo-propano e o 1-iodo propano.
- O produto que se forma predominantemente é o 2-iodo-propano.
- O hidrogênio do HI liga-se, preferencialmente, ao carbono 1 do propeno, quase não se ligando ao carbono 2. Essa preferência é expressa pela Regra de Markownikoff, segundo a qual o hidrogênio (ou o grupo mais eletropositivo) se adiciona ao carbono que já está mais hidrogenado

03|

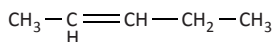
a)



b) Composto (A) penteno ou pent-1-eno ou 1-penteno ou penteno-1.

Composto (B) 2-pentanol ou pentan-2-ol.

c)



04|

a) Fórmulas moleculares:

A =  $C_6H_6$

B =  $C_6H_8$

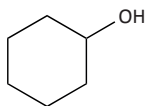
C =  $C_6H_8$

D =  $C_6H_{10}$

E =  $C_6H_{12}$

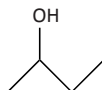
b) Isomeria de posição

c)



05|

a)

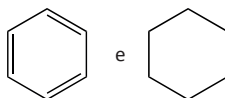


b) Isomeria geométrica e de posição.

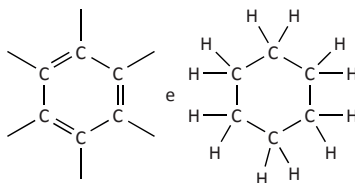
c) Porque os alcenos trans são mais estáveis que alcenos cis.

06|

a)



ou



b) Para o composto I, tem-se:

- 3 ligações pi;
- 12 ligações sigma;
- hidridização do tipo  $sp^2$ .

Para o composto II, tem-se:

- 0 ligações pi;
- 18 ligações sigma;
- hidridização do tipo  $sp^3$ .

ENEM E VESTIBULARES (P. 117)

01| C    04| D    07| D    10| D

02| B    05| B    08| B

03| C    06| A    09| C

BIOLOGIA

FRENTE G

BOTÂNICA

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 129)

01|

Correspondem ao tubo polínico (gametófito masculino) e ao saco embrionário (gametófito feminino).

02|

- Monocotiledônea
- Pinheiro
- Musgo
- samambaia.

03|

Vaso condutor, cutícula e estômato.

04|

Elas pertencem à mesma ordem e ao mesmo reino, contudo, são de espécies diferentes.

05|

Elas apresentam dupla fecundação, sendo que o primeiro núcleo espermático une-se com a oosfera e o segundo, com os dois núcleos polares.

06|

É importante que o Grão de Pólen absorva substâncias ao nível do estigma.

ENEM E VESTIBULARES (P. 129)

01| A    04| B    07| A    10| C

02| C    05| A    08| D    11| B

03| E    06| B    09| C

FRENTE H

GENÉTICA

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 139)

01|

- A chance é de 6,25%.
- 7 classes

02|

Mínimo: 1,4 cm.

Máximo: 2,0 cm

03|

Caracterizam herança quantitativa.

04|

As sementes produzidas a partir da reprodução do milho híbrido produzirão plantas que irão diferir umas das outras em suas características e produtividade.

05|

Há quatro classes genotípicas.

## ENEM E VESTIBULARES (P. 140)

- 01| E      02| D      03| B  
 04|  
 1/4 negro; 2/4 mulatos escuros; 1/4 mulatos médios.  
 05| C      07| C      09| C  
 06| D      08| C      10| 11

## FRENTE I CITOLOGIA EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 152)

- 01|  
Corresponde às bases nitrogenadas.  
 02|  
Ligação de hidrogênio.  
 03|  
A concentração de bases do tipo guanina nessa fita é de 40%.  
 04|  
Fermentação, fotossíntese e respiração aeróbia.  
 05|  
a) A respiração anaeróbica é o processo de extração de energia de compostos orgânicos sem a utilização do O<sub>2</sub> como aceptor final de elétrons.  
 b) A quebra da glicose através da fermentação produz 2ATPs como saldo energético.  
 c) Ao contrário da fermentação alcoólica, a fermentação lática não produz CO<sub>2</sub>.

## ENEM E VESTIBULARES (P. 153)

- 01| C      05| B      09| VFV  
 02| C      06| B      10| A  
 03| C      07| C      11| C  
 04| A      08| A      12| C

## FRENTE J REINO VEGETAL / FUNGI/ PROTISTA/ MONERA EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 163)

- 01|  
a) As algas pardas possuem os seguintes tipos de talo: filamentosos, pseudoparenquimatosos e parenquimatosos, sendo representadas somente por espécies pluricelulares.  
 b) As algas verdes possuem clorofila a e b além de outros pigmentos tais como carotenos e xantofilas.  
 02|  
Pigmento clorofila.  
 03|  
Possuem a presença de parede celular.

- 04|  
Trata-se de um processo de divisão assexuada, por brotamento, na levedura.

- 05|  
Reino monera.

## ENEM E VESTIBULARES (P. 163)

- 01| B      04| D      07| D      10| D  
 02| A      05| C      08| A      11| B  
 03| A      06| B      09| A      12| B

- 13|  
1. Tubo I.  
Está em uma temperatura ótima que favorece o processo de fermentação alcoólica executada pelas leveduras e que liberam CO<sub>2</sub> provocando o enchimento do balão.  
 2.  
a) Ciclo I: mitose e meiose  
Ciclo: somente mitose  
 b) Essas leveduras mantêm as características genéticas favoráveis aos objetivos da indústria.

- 14|  
a) bactéria ou Arqueobactéria. Uma possível fonte de energia para a manutenção do metabolismo desse organismo seria a oxidação de matéria orgânica ou inorgânica.  
 b) A respiração celular pode ser aeróbica ou anaeróbica. A respiração celular aeróbica usa O<sub>2</sub> como aceptor de elétrons, enquanto a respiração celular anaeróbica usa alguma molécula diferente do oxigênio como aceptor de elétrons, sulfatos e nitratos, por exemplo.

- 15|  
1. Tubo 1 – Mitose  
Tubo 2 – Mitose e meiose  
 2. Sim.  
No tubo 1, ocorre apenas a fissão binária. Em cinco dias a quantidade / densidade de indivíduos será maior que no tubo 2, em que ocorre a fissão binária seguida de conjugação tendo, assim, um número de etapas maior e, portanto, gastando mais tempo para aumentar sua população.  
 3. Os paramédicos do tubo 2 realizam conjugação, processo que amplia a variabilidade genética. Logo, nesse tubo, a população terá composição genética distinta e não será uma população clonal.  
 4. Sim.

Apesar de os indivíduos da população original possuírem genomas idênticos, caso ocorra uma conjugação entre indivíduos que descendem de uma mesma célula, o processo poderia ser considerado uma endogamia.

- 16|  
a) Protozoários de água doce possuem citoplasma hipotônico em relação à água do mar, sendo que, nesse caso, a célula (protozoário) murcharia em função da maior saída de água para o meio externo (água do mar).  
 b) Trata-se de um mecanismo de osmorregulação, com transporte passivo e seletivo denominado de osmose, no qual apenas o solvente (água) se difunde pela membrana celular.

## FRENTE K FISIOLOGIA EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 172)

- 01|  
Axônios e dendritos em menor quantidade.  
 02|  
A despolarização da membrana do axônio e o potencial de ação durante o impulso nervoso.  
 03|  
O efeito da intoxicação pelo agrotóxico sobre o sistema digestório humano é manifestado pelo aumento de: salivação, secreção gástrica, secreção das enzimas pancreáticas, contração da vesícula biliar e motilidade do trato gastrointestinal.  
 04|  
O sistema nervoso autônomo é formado por fibras simpáticas e parassimpáticas que atuam nos órgãos viscerais de maneira antagonística. A liberação de adrenalina pelo sistema nervoso simpático promove o aumento do ritmo cardíaco e a constricção dos vasos sanguíneos periféricos.  
 05|  
Mielinizada.  
Presença da bainha de mielina e transmissão saltatória do impulso nervoso.  
 06|  
a) A transmissão do impulso nervoso é realizada através da liberação de neurotransmissores, pelos axônios, na placa motora ou sinapse neuromuscular.  
 b) A ação do sistema nervoso coordena a movimentação, que é facilitada, pois os músculos se fixam ao esqueleto através dos tendões.

## ENEM E VESTIBULARES (P. 173)

- 01| C      04| E      07| A      10| E  
 02| D      05| B      08| B  
 03| C      06| C      09| C

## FRENTE L

### ZOOLOGIA

#### EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 182)

- 01|
- a) A consequência é que as formas imaturas (larvas) não competem por alimento com as formas adultas, pois possuem hábitos alimentares diferentes.
- b) Hemimetabolia ou metamorfose incompleta: do ovo eclode uma ninfa, que embora seja semelhante ao adulto não apresenta asas desenvolvidas. Desenvolvimento direto, sem metamorfose ou ametábolo: do ovo eclode um indivíduo jovem semelhante ao adulto.
- c) O crescimento nos insetos ocorre por meio da muda ou ecdise, processo regulado pelo hormônio ecdisona. Em cada muda o exoesqueleto se separa da epiderme e rompe-se em determinados locais. O inseto então abandona o exoesqueleto antigo e cresce rapidamente antes que o novo exoesqueleto seja secretado. Dessa forma, o crescimento dos insetos não é contínuo, mas ocorre somente nas fases onde há troca do exoesqueleto.
- 02|
- a) O zoólogo recebeu um exemplar pertencente ao filo equinodermos. O ouriço-do-mar pertence à classe equinoides.
- b) Os equinodermos são animais dioicos, realizam a fecundação externa e apresentam desenvolvimento indireto, uma vez que formam larvas.
- 03|
- Os animais prototérios apresentam o desenvolvimento embrionário fora do corpo materno, sendo gerados em ovos, como é o caso do ornitorrinco. Já os animais metatérios apresentam o início do desenvolvimento embrionário no interior do útero, e o estágio final desse desenvolvimento ocorre no marsúpio, como é o caso do canguru, ou nas pregas da pele das mães, como nos gambás/cuícas. Por outro lado, os animais eutérios apresentam todo o desenvolvimento embrionário no útero, ligados à parede uterina por meio da placenta, como é o caso do homem.
- 04|
- O gráfico mostra que a taxa metabólica dos peixes (consumo de  $O_2$  por hora) aumenta proporcionalmente ao aumento

da temperatura da água. Se fossem homeotérmicos, com temperatura constante, sua taxa metabólica diminuiria com o aumento da temperatura ambiental.

Pode-se observar também que numa mesma temperatura o consumo de  $O_2$  é maior quando o peixe está em atividade.

05|

- a) A – Presença da notocorda  
B – Tubo nervoso dorsal oco  
C – Endóstilo  
D – Cauda pós-anal
- b) A mandíbula permitiu a exploração de novos nichos ecológicos e melhorou a capacidade de captura de presas e de defesa contra predadores, tendo vantagem competitiva em relação aos Agnatos.

06|

- a) O filo Echinodermata não tem representantes terrestres ou límnicos, portanto, não ocorre em Minas Gerais.
- b) A célula excretora pode ter um único flagelo muito longo (solenócito) ou um feixe deles (célula-flama). Sua função é eliminar água e excreções nela dissolvidas, principalmente sais e produtos nitrogenados, expulsos para a superfície pelos batimentos dos flagelos.
- c) A concentração salina interna do peixe ósseo marinho é inferior à da água do mar (são hiposmóticos ou hipotônicos). A água perdida, principalmente por difusão (osmose), é repostada por ingestão, e o excesso de sal (NaCl) excretado ativamente pelas brânquias.

#### ENEM E VESTIBULARES (P. 183)

01| B                      02| E                      03| E

04|

- Artrópodo
- Uma das possibilidades:
- Os artrópodos apresentam exoesqueleto que limita o crescimento visível desses animais.
  - Apenas os artrópodos apresentam um padrão de crescimento em escada, em função da presença do exoesqueleto.
- Muda ou ecdise
- Uma das possibilidades:
- Permite o crescimento do animal.
  - Permite a saída do exoesqueleto antigo e seu aumento de tamanho.

05| A                      07| A                      09| B  
06| 22                      08| A                      10| C

## FÍSICA

### FRENTE M

#### ENERGIA E TRABALHO GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

#### EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 187)

01|

$h = 2,5 \text{ cm}$

02|

$0,10 \text{ J}$

03|

- a)  $a = 20 \text{ m/s}^2$   
b) o mínimo valor de  $F_a$  é  $3,3 \cdot 10^4 \text{ N}$   
c)  $P_{ot} = 1,32 \cdot 10^6 \text{ W}$

04|

$v = 3,6 \text{ m/s}$

05|

$E_p = 1,44 \cdot 10^6 \text{ J}$

#### ENEM E VESTIBULARES (P. 192)

01| E                      04| C                      07| E                      10| D  
02| E                      05| B                      08| A                      11| D  
03| C                      06| A                      09| B

#### ENERGIA MECÂNICA E SUA CONSERVAÇÃO

#### EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 197)

01|

$4 \text{ m/s}^2$

02|

$4 \text{ m/s}$

03|

$2,73 \text{ kJ}$

04|

$1 \text{ mm e } 10 \text{ cm.}$

05|

$18 \text{ km/h}$

#### ENEM E VESTIBULARES (P. 198)

01| C                      04| D                      07| B                      10| D  
02| A                      05| E                      08| B                      11| D  
03| D                      06| E                      09| C

#### GRAVITAÇÃO UNIVERSAL EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 207)

01|

$T_t = 365 \text{ dias}$

02|

Aprox. 1,3 anos terrestres

03|

$d_{th} = 9 \cdot d/10$

04|

8

05|

ao próprio raio da Terra

## ENEM E VESTIBULARES (P. 207)

- 01| E    04| A    07| A    10| D  
 02| E    05| A    08| C    11| D  
 03| E    06| C    09| A

## FRENTE N TERMODINÂMICA EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 213)

- 01|  
 $9 \times 10^5 \text{ J}$   
 02|  
 a)  $4,5 \times 10^5 \text{ J}$   
 b)  $\Delta U = 13,5 \times 10^5 \text{ J}$   
 c)  $361 \text{ K}$   
 03|  
 $U = 5,47 \text{ KJ}$   
 04|  
 $U = 225 \text{ KJ}$   
 05|  
 $100 \text{ KJ}$

## ENEM E VESTIBULARES (P. 214)

- 01| A    04| B    07| D    10| D  
 02| A    05| A    08| C    11| D  
 03| A    06| C    09| D

## 2ª LEI DA TERMODINÂMICA EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 219)

- 01|  
 $53\%$   
 02|  
 a)  $43\%$   
 b)  $1806 \text{ J}$   
 c)  $2394 \text{ J}$   
 03|  
 $75\%$   
 04|  
 $400 \text{ K}$  ou  $127^\circ \text{ C}$   
 05|  
 $30\%$

## ENEM E VESTIBULARES (P. 219)

- 01| C    06| B    11| B    16| E  
 02| A    07| C    12| E    17| E  
 03| D    08| E    13| D  
 04| C    09| D    14| D  
 05| D    10| A    15| A

## FRENTE O ONDAS EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 230)

- 01|  
 $4 \text{ Hz}$   
 02|  
 $4 \text{ m}$  e  $7,5 \cdot 10^7 \text{ Hz}$

- 03|  
 $3$   
 04|  
 $11 \text{ s}$   
 05|  
 $5 \text{ s}$

## ENEM E VESTIBULARES (P. 231)

- 01| C    06| E    11| B    16| E  
 02| C    07| A    12| D    17| D  
 03| B    08| C    13| C  
 04| D    09| B    14| E  
 05| B    10| A    15| E

## O SOM EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 240)

- 01|  
 $\lambda_2 = 1,95 \text{ cm}$   
 02|  
 $\beta = 100 \text{ dB}$   
 03|  
 $6 \text{ m}$   
 04|  
 $1100 \text{ Hz}$   
 05|  
 $x = 127,5 \text{ m}$

## ENEM E VESTIBULARES (P. 240)

- 01| D    05| C    09| E    13| D  
 02| E    06| D    10| C    14| D  
 03| A    07| B    11| B    15| D  
 04| D    08| D    12| A

## TUBOS SONOROS EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 247)

- 01|  
 $200 \text{ cm}$   
 02|  
 a)  $f = 48,6 \text{ Hz}$   
 b)  $t = 26,6 \text{ s}$   
 03|  
 $f = 85 \text{ Hz}$   
 04|  
 a)  $P = 36 \cdot 10^{-4} \text{ W}$   
 b)  $L = 0,17 \text{ m}$   
 05|  
 a) Múltiplas reflexões de sons do próprio ambiente.  
 b)  $f = 550 \text{ Hz}$

## ENEM E VESTIBULARES (P. 248)

- 01| B    05| B    09| D    13| C  
 02| A    06| D    10| C  
 03| E    07| A    11| C  
 04| B    08| C    12| D

## FRENTE P ELETROSTÁTICA EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 252)

- 01|  
 $24 \cdot 10^{-6} \text{ N}$   
 02|  
 $2,0 \cdot 10^{-5} \text{ N}$   
 03|  
 a)  $t_{\text{Terra-Sol}} = 500 \text{ s}$   
 b)  $q = 2 \times 10^{-9} \text{ C}$   
 04|  
 $10 \text{ g}$   
 05|  
 $0,50 \mu \text{ C}$

## ENEM E VESTIBULARES (P. 253)

- 01| E    04| C    07| E    10| A  
 02| C    05| B    08| E    11| C  
 03| C    06| A    09| A    12| D

## CAMPO ELÉTRICO EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 262)

- 01|  
 a) Direção: horizontal; sentido: da esquerda para a direita; intensidade:  $1,2 \text{ N}$   
 b) Direção: horizontal; sentido: da direita para a esquerda; intensidade:  $1,2 \text{ N}$   
 02|  
 $E = 5,0 \times 10^9 \text{ V/m}$   
 03|  
 $\text{FVFVV}$   
 04|  
 $1,8 \cdot 10^4 \text{ N/C}$   
 05|  
 a)  $2,5 \text{ m/s}^2$   
 b)  $25 \text{ N/C}$

## ENEM E VESTIBULARES (P. 263)

- 01| D    06| B    11| E    16| A  
 02| B    07| B    12| D    17| B  
 03| E    08| E    13| B    18| A  
 04| A    09| D    14| B    19| B  
 05| A    10| A    15| A

## POTENCIAL ELÉTRICO EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO (P. 271)

01|

$V_A = 1,8 \cdot 10^5 \text{V}$  e  $V_B = 9,0 \cdot 10^4 \text{V}$ ; a ddp é  
 $V_A - V_B = 9,0 \cdot 10^4 \text{V}$

b)  $\frac{V_C}{V_D} = \frac{4}{3}$

02|

- 1,35MV

03|

F V F F F

04|

a) Nas proximidades de  $q_1$ , pois nela é maior a concentração de linhas de campo.

b) Como  $q_1$  é positiva (linhas de campo divergentes) e  $q_2$  negativa (linhas de campo convergentes), o sinal do produto  $q_1 \cdot q_2$  é negativo.

05|

$d = 1,33 \text{m}$

## ENEM E VESTIBULARES (P. 272)

01| B      06| C      11| E      16| B

02| C      07| C      12| D      17| A

03| D      08| D      13| C      18| D

04| C      09| D      14| B

05| E      10| E      15| E



"Conte-me e eu esqueço.  
Mostre-me e eu apenas me lembro.  
Envolve-me e eu compreendo."

Confúcio

  
prepara  
enem



62 3877 3223 | 3877 3222



[WWW.GRUPOPREPARAENEM.COM.BR](http://WWW.GRUPOPREPARAENEM.COM.BR)

ISBN 978-85-88249-33-2

