

# FÍSICA

# Sumário - Física

## Questões Seleccionadas

Conhecimentos Básicos e Fundamentais .....	3
O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta de Leis Físicas .....	4
Energia, Trabalho e Potência .....	9
A Mecânica e o Funcionamento do Universo.....	10
Fenômenos Elétricos e Magnéticos .....	11
Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação .....	20
O Calor e os Fenômenos Térmicos .....	26
Gabarito.....	30





Observe a seguir um exemplo de progressão aritmética em que o primeiro termo é 4 e a razão é 2.

4      6      8      10      12      14

A variação de espaço de um móvel, em movimento uniformemente variado, a cada unidade de tempo constitui uma progressão aritmética.

Suponha que a progressão aritmética mostrada anteriormente representa a variação de espaço, em metros, sofrida por um móvel em movimento uniformemente variado a cada segundo. Considerando a situação descrita, a velocidade inicial do móvel era de

- A) 0.                      C) 2 m/s.                      E) 4 m/s.  
 B) 1 m/s.                      D) 3 m/s.

- 04.** Um corpo em queda na atmosfera não aumenta sua velocidade indefinidamente, pois há uma velocidade-limite, que está diretamente relacionada à resistência do ar. Essa resistência aumenta à medida que a velocidade do corpo se eleva e se torna constante quando a velocidade é constante, além de também depender da forma e da densidade do corpo. A tabela a seguir contém o valor da velocidade-limite de alguns corpos:

Corpo	Massa	Raio (cm)	Velocidade-limite (m/s)
Esfera de ferro	30 kg	10	180
Esfera de madeira	3,4 kg	10	60
Esfera de madeira	0,3 kg	10	18,4
Bola de pingue-pongue	2,4 g	1,9	8,7

Considerando a situação em que a esfera de ferro e a de madeira de maior massa caem com velocidades constantes iguais às velocidades-limite da tabela anterior, a força de resistência do ar nas duas esferas está orientada para

- A) cima e possui módulo aproximadamente 9 vezes maior na esfera de ferro.  
 B) baixo e possui módulo aproximadamente 9 vezes maior na esfera de ferro.  
 C) cima e possui módulo aproximadamente 9 vezes menor na esfera de ferro.  
 D) cima e possui módulo aproximadamente igual em ambas.  
 E) baixo e possui módulo aproximadamente igual em ambas.

- 05.** Um famoso paradoxo grego, conhecido como "Aquiles e a tartaruga", diz que Aquiles, ao apostar uma corrida com uma tartaruga, nunca irá ultrapassá-la. Nesse paradoxo, a tartaruga começa a uma distância  $d$  à frente do homem e possui uma velocidade  $v$ , que é dez vezes menor do que a de Aquiles. Nessas condições, ele nunca alcançaria a tartaruga, porque quando ele percorrer a distância  $d$ ,

a tartaruga terá percorrido  $d/10$ , quando ele percorrer mais  $d/10$ , ela terá percorrido mais  $d/100$ , e assim por diante. Porém, existe uma solução para esse paradoxo. Ela consiste no fato de que é possível conseguir um resultado finito para uma soma de infinitos termos.

Nessa situação, o tempo que Aquiles levará para alcançar a tartaruga é

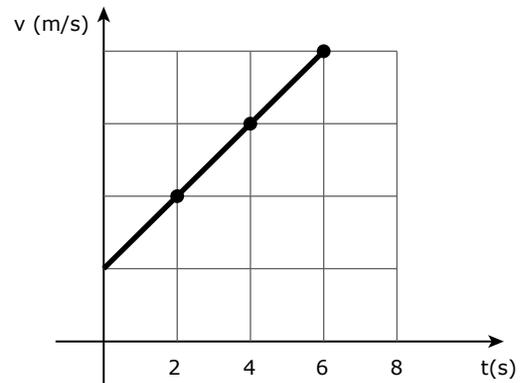
- A)  $\frac{d}{10v}$   
 B)  $\frac{d}{9v}$   
 C)  $\frac{9d}{10v}$   
 D)  $\frac{9d}{v}$   
 E)  $\frac{10d}{v}$

- 06.** Um motociclista percebe um aviso de um radar com limite de 40 km/h com uma antecedência de 750 m. Imediatamente, ele aciona levemente os freios, entrando em Movimento Retilíneo Uniformemente Retardado e percorrendo 350 metros em 10 segundos. Em seguida, mantendo essa desaceleração constante, ele percorre os outros 400 metros em 20 segundos, passando então pelo radar sem ser multado.

O módulo da velocidade, em km/h, com que a moto passou pelo radar foi de

- A) 15.  
 B) 20.  
 C) 25.  
 D) 30.  
 E) 36.

- 07.** Em provas de esqui, é comum ver os competidores se apoiarem em barras para darem um impulso inicial no momento da largada. O gráfico a seguir mostra como varia a velocidade, em função do tempo, para um determinado esquiador, nos instantes iniciais da prova.



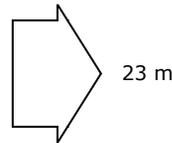
Sabendo-se que em seu impulso inicial o esquiador gastou 2 s e que nesse intervalo ele se deslocou 3 m, então, no intervalo de tempo de 4 s a 6 s, ele terá percorrido

- A) 3 m.
- B) 5 m.
- C) 7 m.
- D) 12 m.
- E) 15 m.

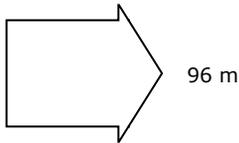
**08.** No trânsito, deve-se manter certa distância entre dois automóveis para evitar colisões entre eles. Quando o automóvel da frente freia bruscamente, dependendo do tempo de reação (intervalo de tempo entre a percepção do obstáculo e o acionamento do freio) do motorista de trás, da velocidade do automóvel e da distância entre eles, a colisão pode ser inevitável.

Distâncias percorridas até a parada

Carro a 45 km/h em estrada seca



Carro a 126 km/h em estrada seca

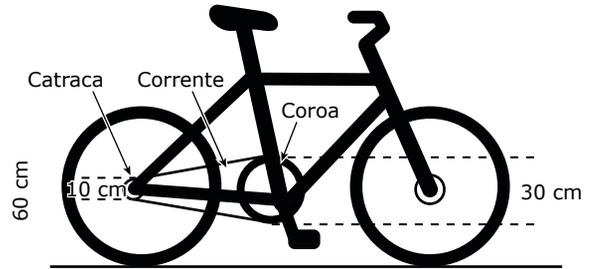


Em relação aos módulos de aceleração do carro, nas duas situações mostradas na figura anterior, podemos afirmar que eles são diferentes, sendo o módulo da aceleração na

- A) primeira situação, aproximadamente, quatro vezes maior que o da segunda.
- B) primeira situação, aproximadamente, o dobro do módulo da segunda.
- C) primeira situação pouco maior que o módulo da segunda.
- D) segunda situação, aproximadamente, quatro vezes maior que o da primeira.
- E) segunda situação, aproximadamente, o dobro do módulo da primeira.

**09.** A invenção da bicicleta como meio de locomoção é algo muito difícil de especificar no tempo. Vários autores defendem que a bicicleta surgiu em 1790, pela mão do conde francês Mede de Sivrac. Outros consideram que a sua criação é posterior a essa data. Uma bicicleta, como a representada na figura a seguir, move-se a partir do movimento dos pedais, os quais fazem girar uma roda dentada chamada coroa.

Essa coroa está ligada, por meio de uma corrente, a outra roda dentada, chamada de catraca, a qual movimentada a roda traseira da bicicleta.



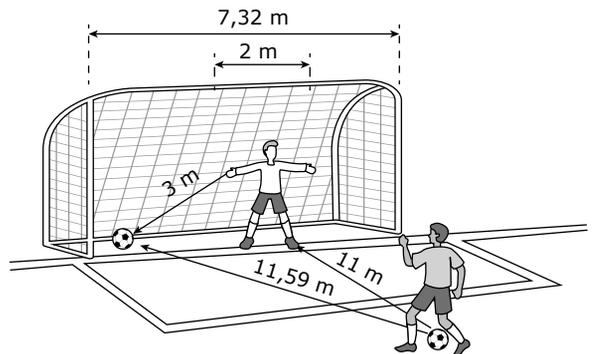
A coroa dianteira, acoplada ao pedal, recebe movimento do ciclista. Como existe uma corrente ligando-a a uma catraca traseira menor, uma pedalada, que corresponde a uma volta da coroa dianteira, corresponde a várias voltas da catraca traseira e, conseqüentemente, da roda traseira. Quando um ciclista realiza 10 pedaladas completas na bicicleta representada anteriormente, ele percorre uma distância de

- A)  $6\pi$  cm.
- B)  $60\pi$  cm.
- C)  $600\pi$  cm.
- D)  $1\ 800\pi$  cm.
- E)  $3\ 600\pi$  cm.

**10.**

**A Cinemática do futebol**

A Física entra em cena para provar o que o goleiro já sabe: se não tentar adivinhar o canto e partir uma fração de segundo antes da bola, vai chegar atrasado. E atraso é gol do adversário.



Um chute não muito forte faz com que a bola, colocada na marca do pênalti, viaje a 90 km/h. Nessa velocidade, ela cruzará a linha em 0,46 s. Esse é todo o tempo que o goleiro tem para adivinhar o canto em que a bola entrará. Ele não pode ter reflexos comuns. Normalmente, uma pessoa gasta 0,7 s entre, por exemplo, ver um sinal vermelho e pisar no freio.

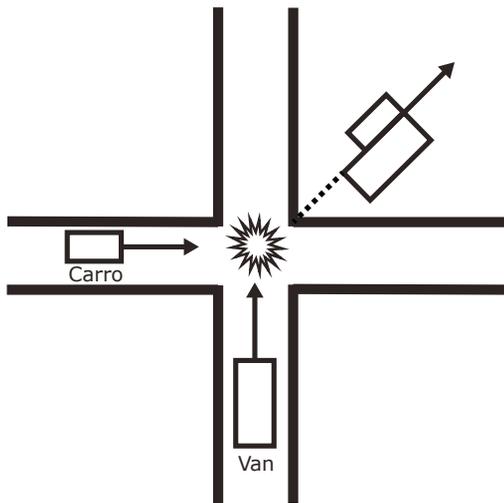
A vantagem para o batedor é massacrante e, assim, a Física deixa poucas possibilidades de desculpa para quem perde pênaltis. De novo, ela demonstra outra verdade que todo jogador sabe: "Pênalti perdido é falha do cobrador". Mesmo.

FOLHA DE S.PAULO (Adaptação).

Com base na figura anterior, considerando-se que o goleiro adivinhe o canto certo e salte no mesmo instante em que o jogador chuta a bola, para que ele consiga fazer a defesa, a velocidade média de sua mão deve ser, no mínimo, igual a

- A) 6 km/h.
- B) 13 km/h.
- C) 18 km/h.
- D) 23 km/h.
- E) 30 km/h.

11. (Enem PPL-2021) Foi realizada uma perícia técnica de um acidente de trânsito em que um carro colidiu com uma van em um cruzamento a 90°, como esquematizado na figura. A van tem massa duas vezes maior que a do carro. Depois da colisão, os dois veículos permanecem "grudados" um ao outro e deslocaram-se a um ângulo de 45° com a direção de suas velocidades iniciais. Um radar mediu o módulo da velocidade da van, imediatamente antes da colisão, encontrando 40 km/h.



Qual o valor do módulo da velocidade do carro, em quilômetro por hora (km/h), imediatamente antes da colisão?

- A) 20
- B)  $20\sqrt{2}$
- C) 40
- D)  $40\sqrt{2}$
- E) 80

12. (Enem PPL-2021) A balança de braços iguais (balança A) faz medição por meio da comparação com massas de referência colocadas em um dos pratos. A balança de plataforma (balança B) determina a massa indiretamente pela força de compressão aplicada pelo corpo sobre a plataforma.



Balança A



Balança B

As balanças A e B são usadas para determinar a massa de um mesmo corpo. O procedimento de medição de calibração foi conduzido em um local da superfície terrestre e forneceu o valor de 5,0 kg para ambas as balanças. O mesmo procedimento de medição é conduzido para esse corpo em duas situações.

Situação 1: superfície lunar, onde o módulo da aceleração da gravidade é  $1,6 \text{ m/s}^2$ . A balança A forneceu o valor  $m_1$ , a balança B forneceu o valor  $m_2$ .

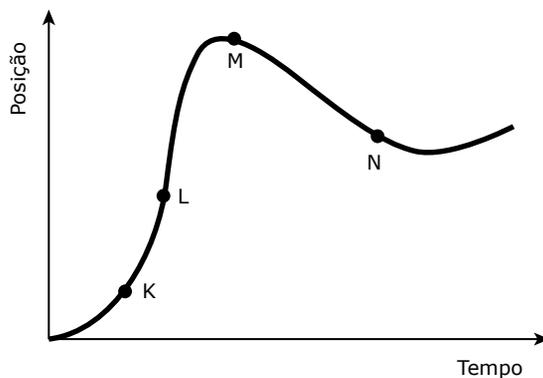
Situação 2: interior de um elevador subindo com aceleração constante de módulo  $2 \text{ m/s}^2$ , próximo à superfície da Terra. A balança A forneceu o valor  $m_3$ , e a balança B forneceu o valor  $m_4$ .

Disponível em: <http://fisica.tubalivre.com>. Acesso em 23 nov. 2013 (Adaptação).

Em relação ao resultado do procedimento de calibração, os resultados esperados para a situação 1 e 2 são, respectivamente,

- A)  $m_1 = 5,0 \text{ kg}$  e  $m_2 < 5,0 \text{ kg}$ ;  $m_3 = 5,0 \text{ kg}$  e  $m_4 > 5,0 \text{ kg}$ .
- B)  $m_1 = 5,0 \text{ kg}$  e  $m_2 = 5,0 \text{ kg}$ ;  $m_3 = 5,0 \text{ kg}$  e  $m_4 = 5,0 \text{ kg}$ .
- C)  $m_1 < 5,0 \text{ kg}$  e  $m_2 < 5,0 \text{ kg}$ ;  $m_3 = 5,0 \text{ kg}$  e  $m_4 = 5,0 \text{ kg}$ .
- D)  $m_1 = 5,0 \text{ kg}$  e  $m_2 = 5,0 \text{ kg}$ ;  $m_3 < 5,0 \text{ kg}$  e  $m_4 < 5,0 \text{ kg}$ .
- E)  $m_1 < 5,0 \text{ kg}$  e  $m_2 = 5,0 \text{ kg}$ ;  $m_3 > 5,0 \text{ kg}$  e  $m_4 = 5,0 \text{ kg}$ .

13. (Enem) Um piloto testa um carro em uma reta longa de um autódromo. A posição do carro nessa reta, em função do tempo, está representada no gráfico.



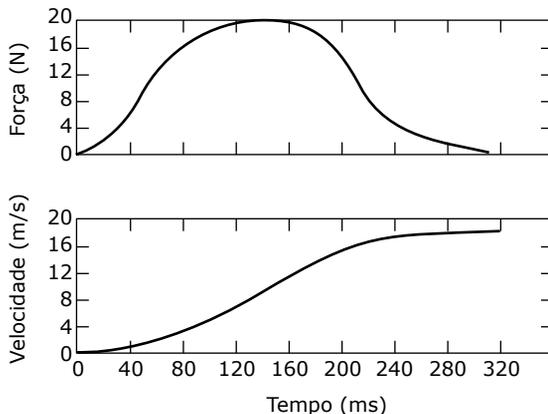
Os pontos em que a velocidade do carro é menor e maior são respectivamente,

- A) K e M.  
 B) N e K.  
 C) M e L.  
 D) N e L.  
 E) N e M.
14. (Enem) Com um dedo, um garoto pressiona contra a parede duas moedas, de R\$ 0,10 e R\$ 1,00, uma sobre a outra, mantendo-as paradas. Em contato com o dedo está a moeda de R\$ 0,10 e contra a parede está a de R\$ 1,00. O peso da moeda de R\$ 0,10 é 0,05 N e o da de R\$ 1,00 é 0,09 N. A força de atrito exercida pela parede é suficiente para impedir que as moedas caiam. Qual é a força de atrito entre a parede e a moeda de R\$ 1,00?
- A) 0,04 N  
 B) 0,05 N  
 C) 0,07 N  
 D) 0,09 N  
 E) 0,14 N
15. (Enem) Um carrinho de brinquedo funciona por fricção. Ao ser forçado a girar suas rodas para trás, contra uma superfície rugosa, uma mola acumula energia potencial elástica. Ao soltar o brinquedo, ele se movimenta sozinho para frente e sem deslizar. Quando o carrinho se movimenta sozinho, sem deslizar, a energia potencial elástica é convertida em energia cinética pela ação da força de atrito
- A) dinâmico na roda, devido ao eixo.  
 B) estático na roda, devido à superfície rugosa.  
 C) estático na superfície rugosa, devido à roda.  
 D) dinâmico na superfície rugosa, devido à roda.  
 E) dinâmico na roda, devido à superfície rugosa.
16. (Enem) Um navio petroleiro é capaz de transportar milhares de toneladas de carga. Neste caso, uma grande quantidade de massa consegue flutuar. Nessa situação o empuxo é
- A) maior que a força peso do petroleiro.  
 B) igual à força peso do petroleiro.  
 C) maior que a força peso da água deslocada.  
 D) igual à força peso do volume submerso do navio.  
 E) igual à massa da água deslocada.

17. (Enem) Na Antiguidade, algumas pessoas acreditavam que, no lançamento oblíquo de um objeto, a resultante das forças que atuavam sobre ele tinha o mesmo sentido da velocidade em todos os instantes do movimento. Isso não está de acordo com as interpretações científicas atualmente utilizadas para explicar esse fenômeno. Desprezando a resistência do ar, qual é a direção e o sentido do vetor força resultante que atua sobre o objeto no ponto mais alto da trajetória?
- Indefinido, pois ele é nulo, assim como a velocidade vertical nesse ponto.
  - Vertical para baixo, pois somente o peso está presente durante o movimento.
  - Horizontal no sentido do movimento, pois, devido à inércia, o objeto mantém seu movimento.
  - Inclinado na direção do lançamento, pois a força inicial que atua sobre o objeto é constante.
  - Inclinado para baixo e no sentido do movimento, pois aponta para o ponto onde o objeto cairá.

## ENERGIA, TRABALHO E POTÊNCIA

01. Uma bola de beisebol com massa de 1 kg é lançada com uma força que varia com o tempo. No gráfico a seguir foram registradas, no mesmo período, a força e a velocidade na direção horizontal da bola.



Disponível em: [https://edisdisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4174628/mod\\_resource/content/2/David%20A.%20Winter-Biomechanics%20and%20Motor%20Control%20of%20Human%20Movement-Wiley%20%282009%29.pdf](https://edisdisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4174628/mod_resource/content/2/David%20A.%20Winter-Biomechanics%20and%20Motor%20Control%20of%20Human%20Movement-Wiley%20%282009%29.pdf).

- A potência instantânea da bola de beisebol é
- máxima entre os 40 ms e 80 ms.
  - mínima entre os 120 ms e 160 ms.
  - máxima entre os 160 ms e 200 ms.
  - mínima entre os 200 ms e 240 ms.
  - máxima entre os 280 ms e 320 ms.

02. (Enem PPL–2021) O Brasil possui um nível de irradiação solar tão alto que mesmo no local menos ensolarado do país é possível gerar mais eletricidade solar que no local mais ensolarado da Alemanha, que investe muito no desenvolvimento e implantação de plantas fotovoltaicas.

No ano de 2013, a quantidade de energia elétrica gerada em toda a Alemanha a partir de células solares, cuja eficiência média é de 15%, somou 30 000 GWh em uma área estimada de 170 km<sup>2</sup> anuais. Por sua vez, no chamado cinturão solar brasileiro, a irradiação chega a atingir 2 200 kWh/m<sup>2</sup> anuais. Uma alternativa de geração de energia elétrica nessa região é a instalação de células solares como as da Alemanha, que podem abastecer milhões de residências. No Brasil, nos últimos anos, o consumo médio residencial foi da ordem de 2 000 kWh anuais.

PIERRO, B. Para aproveitar o sol. *Pesquisa Fapesp*, n. 258, ago. 2017 (Adaptação).

O número de residências, em milhões, que poderiam ser abastecidas caso fossem instalados, no cinturão solar brasileiro, painéis solares com área e eficiência equivalentes aos utilizados na Alemanha é mais próximo de:

- 2,3
- 15
- 28
- 56,1
- 187

03. (Enem PPL–2021) Para gerar energia elétrica em uma hidrelétrica é necessário integrar a vazão do rio, a quantidade de água disponível em determinado período de tempo e desníveis do relevo, sejam eles naturais, como as quedas-d'água, sejam criados artificialmente. Existem dois tipos de unidades de geração de energia: acumulação e fio-d'água. As unidades de acumulação são localizadas em locais com altas quedas-d'água e, dado o seu grande porte, permitem o acúmulo de grande quantidade de água. As unidades a fio-d'água geram energia com o fluxo de água do rio, ou seja, pela vazão com mínimo ou nenhum acúmulo do recurso hídrico.

Em uma região existem rios com potencial para geração de energia. No intuito de construir uma unidade de fio-d'água, deve-se comparar as características desses rios.

*Atlas de energia elétrica do Brasil*. Disponível em: [www.fisica.net](http://www.fisica.net). Acesso em: 4 dez. 2018 (adaptação).

A principal grandeza física desses rios que deve ser observada é o(a)

- velocidade de correnteza maior.
- deslocamento vertical do relevo maior.
- área de secção transversal do leito menor.
- volume de água por unidade de tempo menor.
- quantidade de massa de água por unidade de tempo menor.

**04.** (Enem) Para que se faça a reciclagem das latas de alumínio são necessárias algumas ações, dentre elas:

1. recolher as latas e separá-las de outros materiais diferentes do alumínio por catação;
2. colocar as latas em uma máquina que separa as mais leves das mais pesadas por meio de um intenso jato de ar;
3. retirar, por ação magnética, os objetos restantes que contêm ferro em sua composição.

As ações indicadas possuem em comum o fato de

- A) exigirem o fornecimento de calor.
- B) fazerem uso da energia luminosa.
- C) necessitarem da ação humana direta.
- D) serem relacionadas a uma corrente elétrica.
- E) ocorrerem sob a realização de trabalho de uma força.

**05.** (Enem) Para reciclar um motor de potência elétrica igual a 200 W, um estudante construiu um elevador e verificou que ele foi capaz de erguer uma massa de 80 kg a uma altura de 3 metros durante 1 minuto. Considere a aceleração da gravidade 10,0 m/s<sup>2</sup>.

Qual a eficiência aproximada do sistema para realizar tal tarefa?

- A) 10%
- B) 20%
- C) 40%
- D) 50%
- E) 100%

**06.** (Enem) Todo ano, cresce a demanda mundial de energia com o aumento das populações e do consumo. É cada vez mais necessário buscar fontes alternativas que não degradem os recursos do planeta nem comprometam a sobrevivência das espécies. Ainda há muito o que se descobrir sobre o uso eficiente de recursos energéticos provenientes de fontes renováveis, mas elas estão mais próximas do que parece da adoção em larga escala.

BARBOSA, M. A sustentabilidade da energia renovável. *Superinteressante*, n. 102, 1996.

Os recursos energéticos do tipo citado são provenientes de

- A) pilhas e baterias.
- B) usinas nucleares e hidrelétricas.
- C) células solares e geradores eólicos.
- D) centrais geotérmicas e termoeletricas.
- E) usinas maremotrizes e combustíveis fósseis.

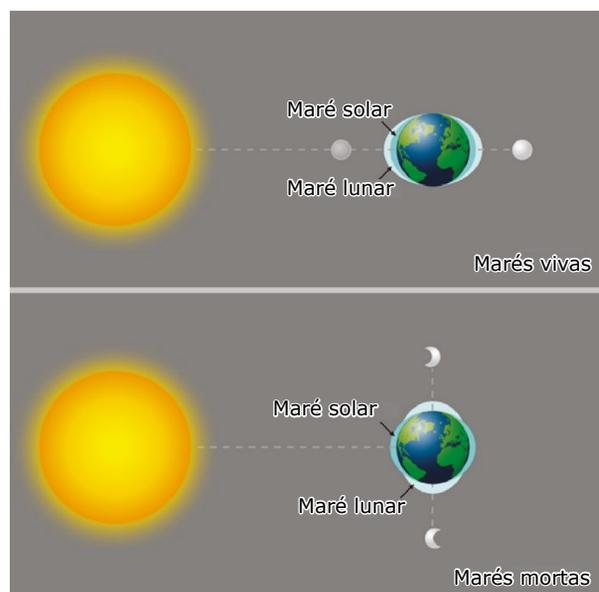
**07.** (Enem) Um automóvel, em movimento uniforme, anda por uma estrada plana, quando começa a descer uma ladeira, na qual o motorista faz com que o carro se mantenha sempre com velocidade escalar constante.

Durante a descida, o que ocorre com as energias potencial, cinética e mecânica do carro?

- A) A energia mecânica mantém-se constante, já que a velocidade escalar não varia e, portanto, a energia cinética é constante.
- B) A energia cinética aumenta, pois a energia potencial gravitacional diminui e quando uma se reduz, a outra cresce.
- C) A energia potencial gravitacional mantém-se constante, já que há apenas forças conservativas agindo sobre o carro.
- D) A energia mecânica diminui, pois a energia cinética se mantém constante, mas a energia potencial gravitacional diminui.
- E) A energia cinética mantém-se constante, já que não há trabalho realizado sobre o carro.

## A MECÂNICA E O FUNCIONAMENTO DO UNIVERSO

**01.** Os estudos sobre marés são muito importantes para a Economia e a Biologia. Existem dois tipos principais de marés, as marés de sizígia e as marés de quadratura. As marés de sizígia, também conhecidas como marés vivas, ocorrem quando o Sol, a Terra e a Lua estão alinhados, havendo sobreposição das marés solares e lunares, fazendo com que as marés altas sejam mais altas, e as marés baixas sejam mais baixas. Já as marés de quadratura, também conhecidas como marés mortas, ocorrem quando a Lua e o Sol formam um ângulo de 90°, sendo a posição da Terra o vértice.



Fonte: Instituto Hidrográfico.

- Em uma mesma região na Terra o efeito da maré alta será
- A) anulado no período de Lua Nova.
  - B) reforçado no período de Lua Cheia.
  - C) reforçado no período de Lua Minguante.
  - D) menor em comparação à maré alta no período de Lua Crescente.
  - E) menor em comparação à maré baixa no período de Lua Nova.

- 02.** Imagine que um programa de TV noticie: "A distância do Sol à estrela menos imponente do sistema formado por três estrelas, *Alpha Centauri*, é de, aproximadamente, 4,2 anos-luz."

Entre os comentários feitos por cinco pessoas que assistiram ao programa, o único pertinente é:

- A) 4,2 anos-luz correspondem ao tempo que a luz precisa para sair dessa estrela e chegar à Terra.
- B) A imagem que vemos dessa estrela é do futuro e está a 4,2 anos em relação ao presente observado na Terra.
- C) A luz leva, aproximadamente, 4,2 anos para percorrer a distância entre a Terra e essa estrela.
- D) A luz leva, aproximadamente, 4,2 anos-luz para percorrer a distância entre a Terra e essa estrela.
- E) 4,2 anos-luz correspondem ao tempo que a luz precisa para sair dessa estrela, chegar à Terra e voltar até a estrela.

- 03.** Em 2006, o brasileiro Marcos Pontes entrou para a história como o primeiro astronauta brasileiro a viajar para o espaço. Um dos objetivos da missão consistia em realizar diversos experimentos científicos no espaço dentro de uma estação que se manteve em órbita em torno da Terra. Na ocasião, o astronauta deu algumas entrevistas para o Brasil e, durante a transmissão, pudemos observar objetos flutuando à sua volta. Nessas condições, esses objetos flutuam porque a(o)

- A) gravidade é praticamente zero na altitude indicada.
- B) campo gravitacional não existe fora da atmosfera da Terra.
- C) força gravitacional da Terra é anulada pela gravidade do Sol e da Lua.
- D) campo gravitacional da Terra foi blindado pelo material especial da nave.
- E) nave e os objetos dentro dela estão em "queda livre", simulando uma situação de ausência de gravidade.

- 04.** (Enem) Ao soltar um martelo e uma pena na Lua em 1973, o astronauta David Scott confirmou que ambos atingiram juntos a superfície. O cientista italiano Galileu Galilei (1564-1642), um dos maiores pensadores de todos os tempos, previu que, se minimizarmos a resistência do ar, os corpos chegariam juntos à superfície.

OLIVEIRA, A. *A influência do olhar*. Disponível em: [www.cienciahoje.org.br](http://www.cienciahoje.org.br). Acesso em: 15 ago. 2016 (Adaptação).

Na demonstração, o astronauta deixou cair em um mesmo instante e de uma mesma altura um martelo de 1,32 kg e uma pena de 30 g. Durante a queda no vácuo, esses objetos apresentam iguais

- A) inércias.
- B) impulsos.
- C) trabalhos.
- D) acelerações.
- E) energias potenciais.

- 05.** (Enem) Em 1543, Nicolau Copérnico publicou um livro revolucionário em que propunha a Terra girando em torno do seu próprio eixo e rodando em torno do Sol. Isso contraria a concepção aristotélica, que acredita que a Terra é o centro do universo. Para os aristotélicos, se a Terra gira do oeste para o leste, coisas como nuvens e pássaros, que não estão presas à Terra, pareceriam estar sempre se movendo do leste para o oeste, justamente como o Sol. Mas foi Galileu Galilei que, em 1632, baseando-se em experiências, rebateu a crítica aristotélica, confirmando assim o sistema de Copérnico. Seu argumento, adaptado para a nossa época, é: se uma pessoa, dentro de um vagão de trem em repouso, solta uma bola, ela cai junto a seus pés. Mas se o vagão estiver se movendo com velocidade constante, a bola também cai junto a seus pés. Isto porque a bola, enquanto cai, continua a compartilhar do movimento do vagão.

O princípio físico usado por Galileu para rebater o argumento aristotélico foi

- A) a lei da inércia.
- B) ação e reação.
- C) a segunda lei de Newton.
- D) a conservação da energia.
- E) o princípio da equivalência.

## FENÔMENOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS

- 01.** Penetrei no interior de um cubo metálico e ali permaneci sem nenhum dano. Usando velas acesas, eletrômetros e todos os demais instrumentos de verificação de fenômenos elétricos, não constatee a menor influência sobre eles [...] embora durante todo o tempo o exterior do cubo estivesse altamente carregado e grandes faíscas e eflúvios elétricos saltassem de todos os pontos da superfície externa.

FARADAY, Michael.

O fenômeno descrito por Faraday, conhecido como blindagem eletrostática, permite concluir que, no interior de um condutor eletrizado em equilíbrio eletrostático, o potencial elétrico é

- A) nulo, assim como o campo elétrico, e as cargas em excesso ficam distribuídas uniformemente na superfície externa desse condutor.
- B) constante e não nulo, e o campo elétrico é nulo, ficando as cargas em excesso distribuídas na superfície externa desse condutor.
- C) constante e não nulo, assim como o campo elétrico, e as cargas em excesso ficam distribuídas na superfície externa desse condutor.
- D) nulo e o campo elétrico é não nulo, ficando as cargas em excesso distribuídas uniformemente na superfície externa desse condutor.
- E) constante e não nulo, e o campo elétrico é nulo, ficando as cargas em excesso distribuídas uniformemente na superfície interna desse condutor.

- 02.** O golfe é um dos esportes mais populares nos Estados Unidos da América, assim como no Brasil é o futebol. Escondido por todo o glamour que o cerca, o golfe apresenta um perigo maior do que se imagina a seus praticantes: em dias chuvosos, a probabilidade de um golfista ser atingido por um raio é bastante alta devido ao fato de o esporte ser praticado em vastos descampados, e também pelo movimento realizado com o taco metálico (*swing*) para acertar a bolinha. Na Flórida, estado americano com muitos campos de golfe, é bastante comum se ouvirem notícias de pessoas que se acidentaram dessa forma.



De acordo com o texto anterior, a prática do golfe pode ser perigosa em dias chuvosos. Isso ocorre porque

- A) o movimento da tacada (*swing*) eletriza o taco negativamente, devido à transferência de elétrons deste para a Terra.
- B) o taco, por ser metálico e pontiagudo, funciona como um para-raios.
- C) o taco é feito de metal e, portanto, conduz bem a eletricidade.

- D) o taco, por ser metálico, contém elétrons livres que atraem os raios.
- E) o movimento da tacada orienta as cargas elétricas do metal e produz uma descarga elétrica.

- 03.** A figura a seguir representa um resistor, um dispositivo bastante comum em circuitos elétricos.



Resistores são componentes que têm por finalidade oferecer uma oposição à passagem de corrente elétrica, através de seu material. A essa oposição damos o nome de resistência elétrica, que possui como unidade o ohm. Os resistores causam uma queda de tensão em alguma parte de um circuito elétrico, porém jamais causam quedas de corrente elétrica. Isso significa que a corrente elétrica que entra em um terminal do resistor será exatamente a mesma que sai pelo outro terminal. Uma das funções dos resistores é a de transformar energia elétrica em energia térmica, fenômeno conhecido como Efeito Joule.

Para diminuir a potência dissipada por Efeito Joule nesse dispositivo, mantendo-o sob tensão elétrica invariável, deve-se

- A) substituir o material que o constitui por outro com maior condutividade elétrica.
- B) aumentar a espessura do fio que constitui o resistor.
- C) diminuir o comprimento e aumentar a espessura do fio que constitui o resistor.
- D) substituir o material que o constitui por outro com menor resistividade elétrica.
- E) aumentar o comprimento do fio que constitui o resistor.

- 04.** Após o voo, o corpo de uma abelha é portador de uma pequena carga positiva. Quando ela se aproxima da antera, ocorre uma distribuição irregular de carga no grão de pólen que é levemente condutor. O grão, apesar de neutro, é atraído para o inseto onde é aderido às cerdas que revestem seu corpo. Graças às cerdas, o pólen não perde cargas negativas para o corpo do animal. Caso contrário seria repelido por ele. Quando pousa em outra flor, a abelha provoca uma distribuição irregular de carga no carpelo, onde partículas negativas são atraídas em direção à abelha se concentrando no estigma. Devido à proximidade do pólen com o estigma, este atrai o grão com uma força maior que a abelha. Assim, com a passagem do grão de pólen para o estigma ocorre a polinização.

EM DIA COM AS CIÊNCIAS DA NATURAIS, n. 1,  
Edição para professores (Adaptação).

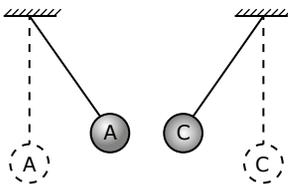
Durante o processo de polinização, são verificados alguns fenômenos elétricos. Entre eles,

- A) eletrização por atrito entre o pólen e o estigma.
- B) eletrização por atrito entre a abelha e o grão de pólen.
- C) eletrização por contato do pólen ao entrar em contato com a abelha.
- D) indução de cargas no corpo do animal durante o voo.
- E) indução de cargas no pólen com a aproximação da abelha.

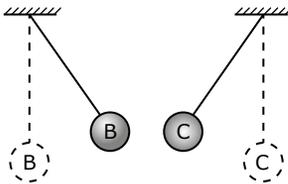
**05.** Os eletroscópios são dispositivos utilizados para se verificar se um corpo está eletrizado ou não. Um exemplo de eletroscópio é o pêndulo eletrostático.

Foram feitos experimentos com três pêndulos eletrostáticos idênticos, A, B e C, formados por esferas metálicas e fios isolantes. Em cada experimento, dois pêndulos foram aproximados e verificou-se que, nos três experimentos, houve atração eletrostática entre as esferas.

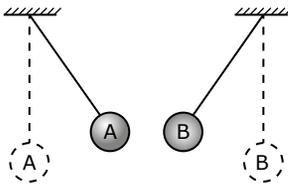
Experimento 1



Experimento 2



Experimento 3

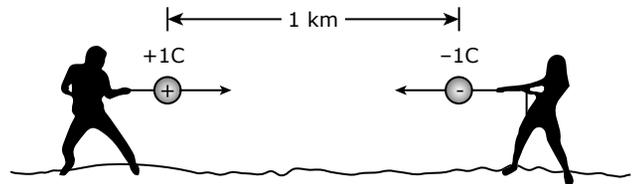


A análise dos resultados desse experimento mostra que

- A) as três esferas possuem cargas de mesmo sinal.
- B) apenas duas esferas possuem cargas de mesmo sinal.
- C) duas esferas possuem cargas iguais e uma esfera está neutra.
- D) duas esferas possuem cargas diferentes e uma esfera está neutra.
- E) uma esfera está eletrizada e as outras duas estão neutras.

**06.** Embora a unidade de carga elétrica no Sistema Internacional de Medidas seja o coulomb (C), muitas cargas elétricas são expressas em mC (microcoulomb). A razão disso é que 1 C é uma carga elétrica tão grande que objetos ordinários só podem abrigar cargas de alguns milionésimos do coulomb.

Durante uma aula de Eletrostática, para convencer os alunos de que 1 C é uma carga muito grande, o professor sugeriu uma experiência virtual em que duas esferas, hipoteticamente eletrizadas com cargas de +1 C e de -1 C, estariam separadas 1 km. Dois estudantes tentariam segurar essas esferas, anulando a atração elétrica entre elas (figura a seguir).

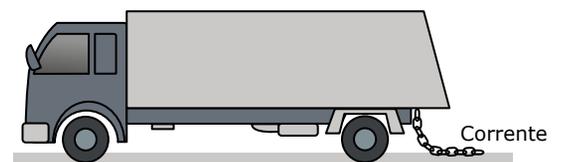


Nessa experiência virtual, os dois estudantes poderiam impedir a aproximação das esferas?

Considere a constante eletrostática do ar igual a  $9 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$ .

- A) Sim, mas os estudantes teriam de fazer uma força bem grande, da ordem de grandeza do peso de uma pessoa adulta.
- B) Sim, pois a distância de separação entre as esferas é tão grande que a força de atração entre as esferas seria muito pequena.
- C) Sim, pois as forças elétricas entre as duas esferas seriam iguais e de sentidos opostos e, por isso, essas forças iriam se anular.
- D) Não, mesmo sendo tão grande a distância entre as esferas, a força de atração entre elas seria da ordem do peso de um carro.
- E) Não, pois a força de atração elétrica entre as duas esferas teria um valor sobre-humano, da ordem do peso de um prédio.

**07.** Você já deve ter percebido, em alguns caminhões que circulam pelas estradas, uma corrente metálica presa por uma das pontas ao chassi e com a outra extremidade tocando o chão. Essa prática é bastante comum em caminhões que transportam produtos inflamáveis, como a gasolina.



O uso dessa corrente tem a finalidade de

- A) impedir a distribuição das cargas elétricas na superfície do caminhão.
- B) impedir que o caminhão se descarregue eletricamente durante a viagem.
- C) permitir a descarga da carga elétrica acumulada na superfície do caminhão.
- D) produzir cargas elétricas no caminhão por atrito com o chão.
- E) permitir que o caminhão se eletrize através do contato com o chão.

08. Três esferas condutoras idênticas, A, B e C, inicialmente neutras, estão em contato, como representado na figura 1. Dois bastões, igualmente eletrizados positivamente, são colocados à mesma distância das esferas A e C, sem tocá-las, como mostrado na figura 2. Mantendo os bastões em suas posições, as esferas são separadas, como indica a figura 3.

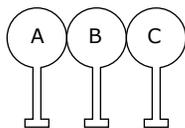


Figura 1

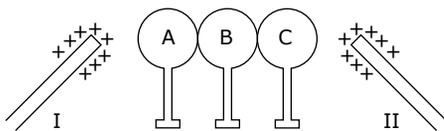


Figura 2

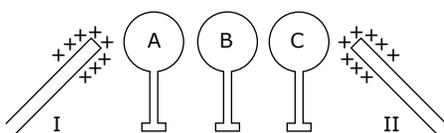
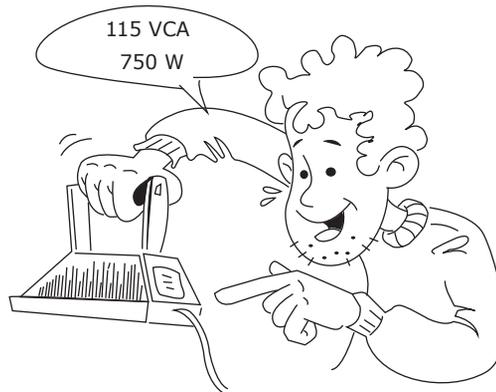


Figura 3

Após esse processo, é possível concluir que

- A) as três esferas ficarão eletrizadas negativamente.
- B) as esferas A e C ficarão eletrizadas negativamente, e a esfera B, positivamente.
- C) as três esferas permanecerão neutras.
- D) as esferas A e C ficarão eletrizadas positivamente, e a esfera B, negativamente.
- E) as três esferas ficarão eletrizadas positivamente.

09. (Enem PPL-2021) Buscando conhecer as informações técnicas de um ferro elétrico para avaliar o consumo de energia, um estudante identifica algumas informações desse eletrodoméstico fornecidas pelo fabricante, como mostra a figura.



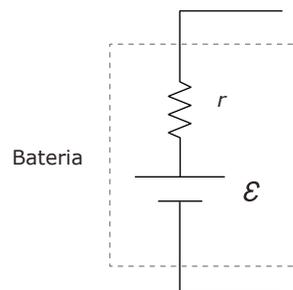
Sabe-se que esse aparelho é utilizado, em média, 30 minutos por dia, durante 30 dias.

GRAF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: Edusp, 1993 (Adaptação).

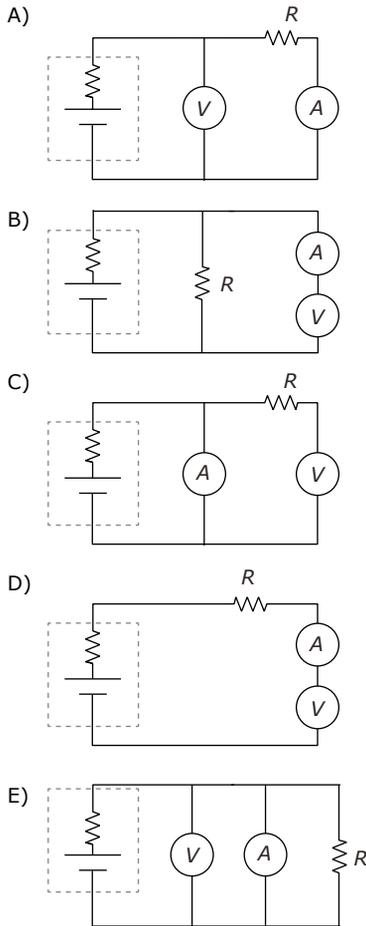
Qual é o valor mais próximo do consumo mensal de energia desse eletrodoméstico, em kWh?

- A) 0,87
- B) 1,73
- C) 3,45
- D) 11,3
- E) 22,5

10. (Enem PPL-2021) Baterias são dispositivos que acumulam energia e estão presentes em inúmeros aparelhos portáteis. Uma bateria ideal não possui resistência interna. Entretanto, baterias reais apresentam resistência interna disponibilizando uma tensão efetiva  $V$  inferior à sua tensão nominal  $\mathcal{E}$ , conforme a figura. Uma vez que se sabe o valor da tensão nominal da bateria, determina-se sua carga pelo conhecimento da corrente  $i$  enquanto está conectada a um circuito de resistência  $R$ , de tensão efetiva  $V$ , e da resistência interna  $r$  da bateria.



De posse de um voltímetro  $V$ , de um amperímetro  $A$  e de uma resistência-teste  $R$ , a configuração adequada para avaliar a carga da bateria é:



11. (Enem PPL-2021) No manual de instruções de um conjunto de 30 lâmpadas idênticas, usadas para enfeite, está especificado que o conjunto deve ser ligado em uma rede elétrica de 120 V, resultando em uma corrente total de 4,5 A. No entanto, o manual não informa a potência nominal de cada lâmpada para a aquisição de lâmpadas individuais de reposição em caso de queima. Depois de ligar o conjunto, percebe-se que, ao retirar qualquer lâmpada, um terço das demais não acende.

Qual a potência nominal de cada lâmpada?

- A) 4 W
- B) 18 W
- C) 55 W
- D) 180 W
- E) 540 W

12. (Enem PPL-2021) Pretende-se construir um banheiro em uma área externa, no qual serão instalados dois chuveiros elétricos que podem ser ligados simultaneamente, cada um com consumo de 5,5 kW. A tensão disponível na rede elétrica é de 220 V. Sabe-se que quanto maior for a área de seção reta de um cabo elétrico, maior será a intensidade de corrente que ele conseguirá suportar, porém, maior será o seu custo.

Portanto, deve ser selecionado o cabo de menor área de seção reta que seja capaz de suportar a corrente requerida para a instalação.

No quadro são apresentados os valores nominais de área de seção reta de cabos elétricos comumente encontrados no mercado (com isolamento térmico), com suas correspondentes correntes máximas.

Área de seção reta (mm <sup>2</sup> )	Corrente máxima (A)
0,5	12
1,5	23
2,5	31
6,0	54
16,0	100

ABNT. NBR 5410/2004: método de referência B1 para cabos de cobre com isolamento em EPR ou XLPE (90 °C) com dois condutores carregados. Disponível em: [www.iar.unicamp.br](http://www.iar.unicamp.br). Acesso em: 30 out. 2015 (Adaptação).

O cabo que apresenta o menor custo e que suporta a corrente total necessária na fiação dos chuveiros é o que tem a área de seção reta, em mm<sup>2</sup>, igual a:

- A) 0,5
- B) 1,5
- C) 2,5
- D) 6,0
- E) 16,0

13. (Enem) Em uma manhã ensolarada, uma jovem vai até um parque para acampar e ler. Ela monta sua barraca próxima de seu carro, de uma árvore e de um quiosque de madeira. Durante sua leitura, a jovem não percebe a aproximação de uma tempestade com muitos relâmpagos.

A melhor maneira de essa jovem se proteger dos relâmpagos é

- A) entrar no carro.
- B) entrar na barraca.
- C) entrar no quiosque.
- D) abrir um guarda-chuva.
- E) ficar embaixo da árvore.

14. (Enem) Com o avanço das multifunções dos dispositivos eletrônicos portáteis, como os *smartphones*, o gerenciamento da duração da bateria desses equipamentos torna-se cada vez mais crítico. O manual de um telefone celular diz que a quantidade de carga fornecida pela sua bateria é de 1 500 mAh.

A quantidade de carga fornecida por essa bateria, em coulomb, é de

- A) 90.
- B) 1 500.
- C) 5 400.
- D) 90 000.
- E) 5 400 000.

**15.** (Enem) Ao dimensionar circuitos elétricos residenciais, é recomendado utilizar bitolas dos fios condutores e disjuntores, de acordo com a intensidade de corrente elétrica demandada. Esse procedimento é recomendado para evitar acidentes. No quadro é especificada a associação para três circuitos distintos de uma residência, relacionando tensão no circuito, bitolas de fios condutores e a intensidade de corrente elétrica máxima suportada pelo disjuntor.

Dimensionamento – Circuito residencial				
Identificação	Tensão (volt)	Bitola do fio (mm <sup>2</sup> )	Disjuntor máximo (A)	Equipamento a ser ligado (W)
Circuito 1	110	2,5	20	4 200
Circuito 2	220	2,5	20	4 200
Circuito 3	220	6,0	35	6 600

Com base no dimensionamento do circuito residencial, em qual(is) do(s) circuito(s) o(s) equipamento(s) é(estão) ligado(s) adequadamente?

- A) Apenas no Circuito 1.
- B) Apenas no Circuito 2.
- C) Apenas no Circuito 3.
- D) Apenas nos Circuitos 1 e 2.
- E) Apenas nos Circuitos 2 e 3.

**16.** (Enem) Baterias de lítio, utilizadas em dispositivos eletrônicos portáteis, são constituídas de células individuais com ddp de 3,6 V. É comum os fabricantes de computadores utilizarem as células individuais para a obtenção de baterias de 10,8 V ou 14,4 V. No entanto, fazem a propaganda de seus produtos fornecendo a informação do número de células da bateria e sua capacidade de carga em mAh, por exemplo, 4 400 mAh.

Disponível em: [www.laptopbattery.net](http://www.laptopbattery.net).  
Acesso em: 15 nov. 2011 (Adaptação).

Dentre as baterias de 10,8 V e 14,4 V, constituídas por 12 células individuais, qual possui maior capacidade de carga?

- A) A bateria de 10,8 V, porque possui combinações em paralelo de 4 conjuntos com 3 células em série.
- B) A bateria de 14,4 V, porque possui combinações em paralelo de 3 conjuntos com 4 células em série.
- C) A bateria de 14,4 V, porque possui combinações em série de 3 conjuntos com 4 células em paralelo.
- D) A bateria de 10,8 V, porque possui combinações em série de 4 conjuntos com 3 células em paralelo.
- E) A bateria de 10,8 V, porque possui combinações em série de 3 conjuntos com 4 células em série.

**17.** (Enem) Uma família adquiriu um televisor e, no manual do usuário, constavam as especificações técnicas, como apresentado no quadro. Esse televisor permaneceu 30 dias em repouso (*stand-by*). Considere que a eficiência entre a geração e a transmissão de eletricidade na usina é de 30%.

Tensão de entrada	AC 100-240 V 50/60 Hz
Consumo de potência	45 W
Potência em repouso	1 W

Que quantidade de energia em Joules, foi produzida na usina para manter o televisor em *standy-by*?

- A) 2,59 MJ
- B) 6,05 MJ
- C) 8,64 MJ
- D) 117 MJ
- E) 377 MJ

**18.** (Enem) A utilização de placas de aquecimento solar como alternativa ao uso de energia elétrica representa um importante mecanismo para economia de recursos naturais. Um sistema de aquecimento solar com capacidade de geração de energia de 1MJ/dia por metro quadrado foi instalado para aquecer a água de um chuveiro elétrico de potência de 2 kW, utilizado durante meia hora por dia.

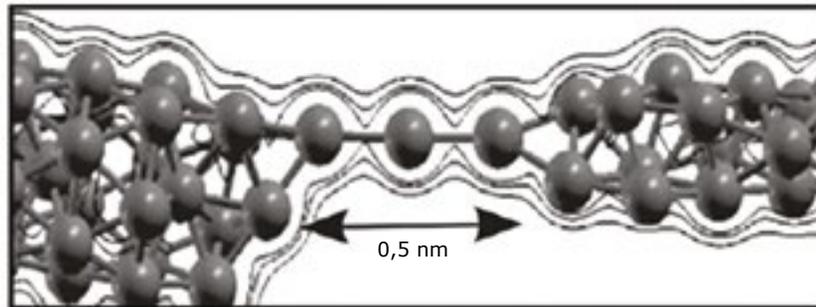
A área mínima da placa solar deve ser de

- A) 1,0 m<sup>2</sup>.
- B) 1,8 m<sup>2</sup>.
- C) 2,0 m<sup>2</sup>.
- D) 3,6 m<sup>2</sup>.
- E) 6,0 m<sup>2</sup>.

- 19.** (Enem) Durante a formação de uma tempestade, são observadas várias descargas eléctricas, os raios, que podem ocorrer: das nuvens para o solo (descarga descendente), do solo para as nuvens (descarga ascendente) ou entre uma nuvem e outra. As descargas ascendentes e descendentes podem ocorrer por causa do acúmulo de cargas eléctricas positivas ou negativas, que induz uma polarização oposta no solo.

Essas descargas eléctricas ocorrem devido ao aumento da intensidade do(a)

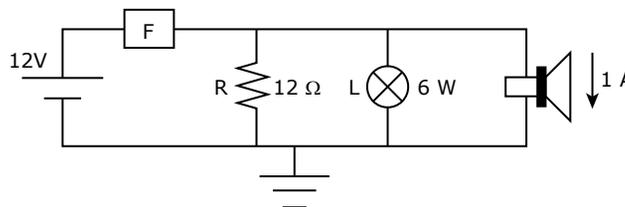
- A) campo magnético da Terra.
  - B) corrente eléctrica gerada dentro das nuvens.
  - C) resistividade eléctrica do ar entre as nuvens e o solo.
  - D) campo eléctrico entre as nuvens e a superfície da Terra.
  - E) força eletromotriz induzida nas cargas acumuladas no solo.
- 20.** (Enem) Recentemente foram obtidos os fios de cobre mais finos possíveis, contendo apenas um átomo de espessura, que podem, futuramente, ser utilizados em microprocessadores. O chamado nanofio, representado na figura, pode ser aproximado por um pequeno cilindro de comprimento 0,5 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). A seção reta de um átomo de cobre é de  $0,05 \text{ nm}^2$  e a resistividade do cobre é  $17 \Omega \cdot \text{nm}$ . Um engenheiro precisa estimar se seria possível introduzir esses nanofios nos microprocessadores atuais.



AMORIM, E. P. M; SILVA, E Z. Ab initio study of linear atomic chains in copper nanowires. *Physical Review B*. v. 81, 2010 (Adaptação).

Um nanofio utilizando as aproximações propostas possui resistência eléctrica de

- A)  $170 \text{ n}\Omega$ .
  - B)  $0,17 \Omega$ .
  - C)  $1,7 \Omega$ .
  - D)  $17 \Omega$ .
  - E)  $170 \Omega$ .
- 21.** (Enem) Fusíveis são dispositivos de proteção de um circuito eléctrico, sensíveis ao excesso de corrente eléctrica. Os modelos mais simples consistem de um filamento metálico de baixo ponto de fusão, que se funde quando a corrente ultrapassa determinado valor, evitando que as demais partes do circuito sejam danificadas. A figura mostra um diagrama de um circuito em que o fusível F protege um resistor R de  $12 \Omega$ , uma lâmpada L de  $6 \text{ W}$  e um alto-falante que conduz  $1 \text{ A}$ .

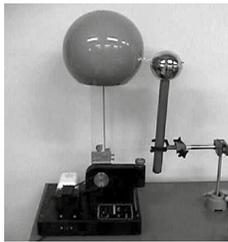


Sabendo que esse fusível foi projetado para trabalhar com uma corrente até 20% maior que a corrente nominal que atravessa esse circuito, qual é o valor, em ampères, da corrente máxima que o fusível F permite passar?

- A) 1,0
- B) 1,5
- C) 2,0
- D) 2,5
- E) 3,0

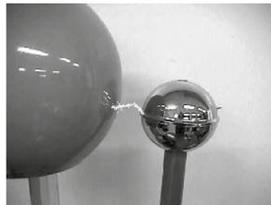
- 22.** (Enem) Em museus de ciências, é comum encontrarem-se máquinas que eletrizam materiais e geram intensas descargas elétricas. O gerador de Van de Graaff (Figura 1) é um exemplo, como atestam as faíscas (Figura 2) que ele produz. O experimento fica mais interessante quando se aproxima do gerador em funcionamento, com a mão, uma lâmpada fluorescente (Figura 3). Quando a descarga atinge a lâmpada, mesmo desconectada da rede elétrica, ela brilha por breves instantes. Muitas pessoas pensam que é o fato de a descarga atingir a lâmpada que a faz brilhar. Contudo, se a lâmpada for aproximada dos corpos da situação (Figura 2), no momento em que a descarga ocorrer entre eles, a lâmpada também brilhará, apesar de não receber nenhuma descarga elétrica.

Figura 1



Gerador de Van de Graaff

Figura 2



Descarga elétrica no gerador

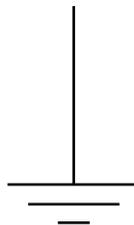
Figura 3



Lâmpada fluorescente

A grandeza física associada ao brilho instantâneo da lâmpada fluorescente, por estar próxima a uma descarga elétrica, é o (a)

- A) carga elétrica.
  - B) campo elétrico.
  - C) corrente elétrica.
  - D) capacitância elétrica.
  - E) condutividade elétrica.
- 23.** (Enem) Os manuais dos fornos micro-ondas desaconselham, sob pena de perda da garantia, que eles sejam ligados em paralelo juntamente a outros aparelhos eletrodomésticos por meio de tomadas múltiplas, popularmente conhecidas como “benjamins” ou “tês”, devido ao alto risco de incêndio e derretimento dessas tomadas, bem como daquelas dos próprios aparelhos. Os riscos citados são decorrentes da
- A) resistividade da conexão, que diminui devido à variação de temperatura do circuito.
  - B) corrente elétrica superior ao máximo que a tomada múltipla pode suportar.
  - C) resistência elétrica elevada na conexão simultânea de aparelhos eletrodomésticos.
  - D) tensão insuficiente para manter todos os aparelhos eletrodomésticos em funcionamento.
  - E) intensidade do campo elétrico elevada, que causa o rompimento da rigidez dielétrica da tomada múltipla.
- 24.** (Enem) No manual de uma máquina de lavar, o usuário vê o símbolo:

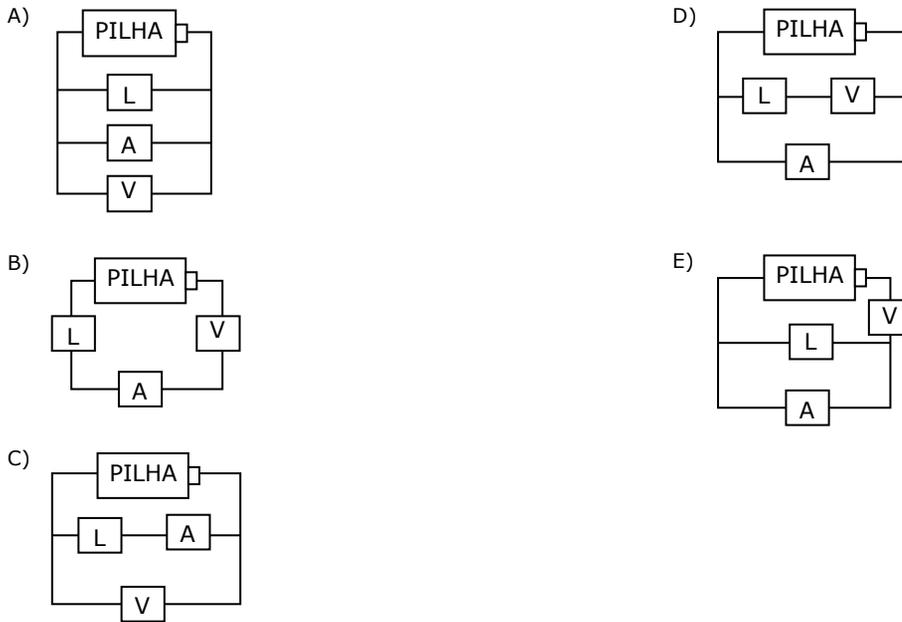


Este símbolo orienta o consumidor sobre a necessidade de a máquina ser ligada a

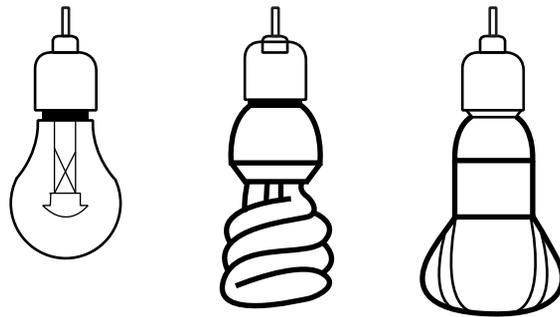
- A) um fio terra para evitar sobrecarga elétrica.
- B) um fio neutro para evitar sobrecarga elétrica.
- C) um fio terra para aproveitar as cargas elétricas do solo.
- D) uma rede de coleta de água da chuva.
- E) uma rede de coleta de esgoto doméstico.

25. (Enem) Um electricista precisa medir a resistência elétrica de uma lâmpada. Ele dispõe de uma pilha, de uma lâmpada (L), de alguns fios e de dois aparelhos: um voltímetro (V), para medir a diferença de potencial entre dois pontos, e um amperímetro (A), para medir a corrente elétrica.

O circuito elétrico montado pelo electricista para medir essa resistência é:



26. (Enem) A figura apresenta a comparação dos gastos de três tipos de lâmpadas residenciais de mesmo brilho, durante cinco anos. Considera-se a utilização média de vinte pontos de luz, utilizando em média dez lâmpadas acesas durante 6 horas ao custo de R\$ 0,30, para cada 1 kWh consumido.



**Incandescente**

**Fluorescente compacta**

**LED**

Investimento na compra	R\$ 60,00	R\$ 360,00	R\$ 2 800,00
Potência média de cada lâmpada	60 W	16 W	8 W
Consumo de energia	6 480 kWh	1 728 kWh	864 kWh
Lâmpadas trocadas	110	20	Zero
Gasto com energia	R\$ 1 944,00	R\$ 518,40	R\$ 259,20
Gasto com lâmpadas trocadas	R\$ 330,00	R\$ 360,00	Zero

Ano-base = 360 dias

Com base nas informações, a lâmpada energeticamente mais eficiente, a mais viável economicamente e a de maior vida útil são, respectivamente,

- A) fluorescente compacta, LED, LED.  
 B) LED, fluorescente compacta, LED.  
 C) fluorescente compacta, incandescente, LED.  
 D) LED, incandescente, fluorescente compacta.  
 E) fluorescente compacta, fluorescente compacta, LED.

## OSCILAÇÕES, ONDAS, ÓPTICA E RADIAÇÃO

**01.** A cor é uma percepção visual provocada pela ação de um feixe de fótons sobre células especializadas da retina. Essas células transmitem, por meio de informações pré-processadas no nervo óptico, estímulos para o sistema nervoso. A cor de um material é determinada pelas médias das frequências das ondas que as moléculas constituintes do material refletem. Um objeto terá determinada cor se não absorver, justamente, as ondas correspondentes à frequência daquela cor.

Se colocarmos um disco de papel amarelo sobre um pano azul e levarmos esse conjunto para um quarto escuro iluminado apenas por luz amarela, veremos

- A) um disco preto sobre um pano amarelo.
- B) um disco amarelo sobre um pano preto.
- C) um disco azul sobre um pano amarelo.
- D) um disco preto sobre um pano preto.
- E) um disco amarelo sobre um pano azul.

**02.** Quando era criança, Joaquim era muito criativo e fazia seus próprios brinquedos. Certa vez, com a ajuda de seu pai, ele encheu de água uma lâmpada incandescente comum da sua casa, que tinha acabado de queimar. Veja na figura a seguir a lâmpada antes e depois de ter sido preenchida com água:



Joaquim gostava de brincar com a lâmpada preenchida com água porque ela lhe possibilitava observar objetos ampliados e concentrar os raios solares em um ponto para queimar pequenos pedaços de papel.

O brinquedo de Joaquim funciona dessa maneira, pois a lâmpada apresenta o mesmo comportamento de um(a)

- A) lente convergente.
- B) lente divergente.
- C) espelho côncavo.
- D) espelho convexo.
- E) espelho plano.

**03.** O período de oscilação de um pêndulo simples é dado pela expressão  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ , em que L é o comprimento do pêndulo medido a uma temperatura  $\theta$ , e g, a aceleração da gravidade no local em que o relógio foi calibrado.

A alteração no funcionamento do relógio percebida quando esses valores mudam é o

- A) adiantamento, se ele for levado para um local onde a aceleração da gravidade for menor que g.
- B) adiantamento, se ele for levado para um local onde a temperatura ambiente for maior que  $\theta$ .
- C) atraso, se ele for levado de uma cidade na linha do Equador para outra na linha dos polos.
- D) atraso, independentemente da elevação ou do abaixamento da temperatura ambiente.
- E) adiantamento, se ele for levado para um local onde a aceleração da gravidade for maior que g e a temperatura ambiente menor que  $\theta$ .

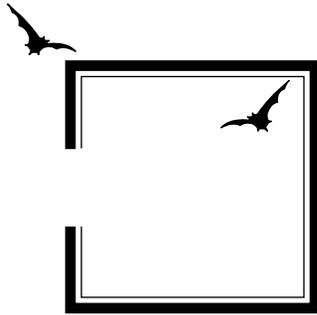
**04.** Em suas experiências com pêndulos, Galileu fez várias descobertas importantes, entre elas que o tempo de uma oscilação completa não depende do peso do corpo suspenso na extremidade do fio. Isso quer dizer que o tempo de oscilação é o mesmo tanto para um corpo "leve" quanto para um corpo "pesado".

Esse fenômeno é explicado pelo fato de a aceleração da gravidade ser

- A) mais intensa para o corpo mais leve próximo à superfície da Terra.
- B) mais intensa para o corpo mais pesado próximo à superfície da Terra.
- C) idêntica para ambos os corpos, que adquirem a mesma aceleração.
- D) incapaz de influenciar o movimento de corpos muito leves.
- E) incapaz de influenciar o movimento de corpos muito pesados.

**05.** Sabe-se que o morcego emite ultrassom de sua boca ou de suas narinas para se locomover no escuro, encontrar suas presas e, também, para se comunicar com outros morcegos.

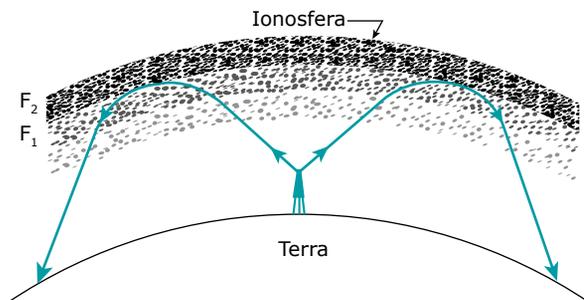
Considere que uma sala de um prédio abandonado, no qual as paredes são bem espessas, está com a porta aberta. Um morcego do lado de fora emite um ultrassom. Considere ainda que há outro morcego dentro da sala (veja a figura).



Pode-se afirmar que o morcego de dentro da sala irá captar o ultrassom emitido pelo primeiro, pois, ao passar pela porta, a onda sonora emitida sofre

- A) polarização.
- B) reflexão.
- C) eco.
- D) interferência.
- E) difração.

- 06.** As ondas de rádio são ondas eletromagnéticas com uma faixa de frequência menor que a luz visível. Elas se propagam em linha reta e, devido à curvatura da Terra, se afastam do ponto em que foram emitidas em direção ao espaço. Mas, chegando a uma das camadas mais altas da atmosfera – a ionosfera, que recebe radiação direta do Sol e, por isso, fica ionizada –, as ondas de rádio mudam de direção. A figura a seguir mostra uma antena emitindo ondas de rádio que se propagam nas camadas da atmosfera.



Como pode ser observado na figura, as ondas emitidas pela antena são refletidas pelas camadas mais altas da atmosfera. Isso se deve ao fato de

- A) o índice de refração da camada  $F_1$  ser igual ao de  $F_2$ .
- B) o índice de refração da camada  $F_1$  ser maior que o de  $F_2$ .
- C) o índice de refração da camada  $F_2$  ser nulo.
- D) a velocidade de propagação da onda diminuir com a altura.
- E) a frequência da onda diminuir com a altura.

- 07.** (Enem PPL–2021) No dia 14 de julho de 2015, a sonda espacial norte-americana New Horizons atingiu o ponto mais próximo que qualquer artefato humano esteve do planeta-anão Plutão. Neste instante a distância da sonda à Terra era de aproximadamente 5 bilhões de quilômetros. As primeiras imagens de Plutão não chegaram à Terra instantaneamente quando enviadas através de um sinal de rádio, pois a velocidade da luz é de  $3 \cdot 10^8$  m/s.

NOGUEIRA, S. Uma jornada até Plutão. *Pesquisa Fapesp*, n. 234, ago. 2015. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br>. Acesso em: 2 jul. 2019 (Adaptação).

No momento da máxima aproximação de Plutão, o valor mais próximo do tempo decorrido entre o envio de uma imagem pela antena transmissora da sonda e sua recepção por uma antena receptora na Terra é

- A)  $4,6 \cdot 10^3$  s.
- B)  $9,3 \cdot 10^3$  s.
- C)  $1,6 \cdot 10^1$  s.
- D)  $1,7 \cdot 10^4$  s.
- E)  $3,4 \cdot 10^4$  s.

- 08.** (Enem PPL–2021)

Especificações técnicas	
Consumo de energia:	127 V ~ 60 Hz, 1 200 W
Potência máxima:	700 W
Frequência operacional:	2 450 MHz
Dimensões externas (A x L x P):	(26,5 x 45,3 x 32,8) cm
Dimensões do compartimento do forno (A x L x P):	(22,5 x 32,0 x 29,2) cm
Capacidade do forno:	20 litros
Uniformidade de cozimento:	Sistema de prato giratório
Peso líquido:	10,22 kg

O quadro contém as especificações técnicas de um forno de micro-ondas, em que é possível distinguir entre a potência consumida pelo eletrodoméstico quando ligado em uma rede elétrica sob determinadas condições de tensão elétrica e frequência e a máxima potência fornecida aos alimentos nele aquecidos. Também distinguem-se a frequência de micro-ondas, à qual o alimento é submetido, e a frequência da rede elétrica.

Utiliza-se esse equipamento para descongelar um alimento durante 15 minutos, em potência máxima.

Durante o descongelamento, a frequência da onda eletromagnética que aquece o alimento e a quantidade aproximada de energia fornecida para aquecê-lo são, respectivamente,

- A) 2 450 MHz e 630 kJ.
- B) 2 450 MHz e 114 kJ.
- C) 2 390 MHz e 630 kJ.
- D) 60 Hz e 114 kJ.
- E) 60 Hz e 127 kJ.

**09.** (Enem PPL–2021) As notas musicais, assim como a grande maioria dos sons encontrados na natureza, são complexas e formadas pela superposição de várias ondas senoidais. A figura apresenta três componentes harmônicas e a composição resultante, construídas na mesma escala, para um instrumento sonoro. Essa composição carrega uma “assinatura sônica” ou timbre do corpo que a produz.

Componente harmônica A	
Componente harmônica B	
Componente harmônica C	
Formato de onda do som complexo	

RODRIGUES, F. V. Fisiologia da música: uma abordagem comparativa (Revisão). *Revista da Biologia*, v. 2, jun. 2008. Disponível em: [www.ib.usp.br](http://www.ib.usp.br). Acesso em: 22 jun. 2012 (Adaptação).

Essas componentes harmônicas apresentam iguais

- A) amplitude e velocidade.
- B) amplitude e frequência.
- C) frequência e velocidade.
- D) amplitude e comprimento de onda.
- E) frequência e comprimento de onda.

**10.** (Enem) O terremoto e o tsunami ocorridos no Japão em 11 de março de 2011 romperam as paredes de isolamento de alguns reatores da usina nuclear de Fukushima, o que ocasionou a liberação de substâncias radioativas. Entre elas está o iodo-131, cuja presença na natureza está limitada por sua meia-vida de oito dias.

O tempo estimado para que esse material se desintegre até atingir 1/16 da sua massa inicial é de

- A) 8 dias.
- B) 16 dias.
- C) 24 dias.
- D) 32 dias.
- E) 128 dias.

**11.** (Enem) Alguns modelos mais modernos de fones de ouvido contam com uma fonte de energia elétrica para poderem funcionar. Esses novos fones têm um recurso, denominado “Cancelador de Ruídos Ativo”, constituído de um circuito eletrônico que gera um sinal sonoro semelhante ao sinal externo de frequência fixa. No entanto para que o cancelamento seja realizado, o sinal sonoro produzido pelo circuito precisa apresentar simultaneamente características específicas bem determinadas.

Quais são as características do sinal gerado pelo circuito desse tipo de fone de ouvido?

- A) Sinal com mesma amplitude, mesma frequência e diferença de fase igual a  $90^\circ$  em relação ao sinal externo.
- B) Sinal com mesma amplitude, mesma frequência e diferença de fase igual a  $180^\circ$  em relação ao sinal externo.
- C) Sinal com mesma amplitude, mesma frequência e diferença de fase igual a  $45^\circ$  em relação ao sinal externo.
- D) Sinal de amplitude maior, mesma frequência e diferença de fase igual a  $90^\circ$  em relação ao sinal externo.
- E) Sinal com mesma amplitude, mesma frequência e mesma fase do sinal externo.

**12.** (Enem) O princípio básico de produção de imagens em equipamentos de ultrassonografia é a produção de ecos. O princípio pulso-eco refere-se à emissão de um pulso curto de ultrassom que atravessa os tecidos do corpo. No processo de interação entre o som e órgãos ou tecidos, uma das grandezas relevantes é a impedância acústica, relacionada à resistência do meio à passagem do som, definida pelo produto da densidade ( $\rho$ ) do material pela velocidade ( $v$ ) do som nesse meio.

Quanto maior a diferença de impedância acústica entre duas estruturas, maior será a intensidade de reflexão do pulso e mais facilmente será possível diferenciá-las. A tabela mostra os diferentes valores de densidade e velocidade para alguns órgãos ou tecidos.

Estruturas	$\rho \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$	$v \left( \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$
Cérebro	1 020	1 530
Músculo	1 040	1 580
Gordura	920	1 450
Osso	1 900	4 040

CAVALCANTE, M. A.; PEÇANHA, R.; LEITE, V. F. Princípios básicos de imagens ultrassônicas e a determinação do som no ar através do eco. *Física na Escola*, n. 1, 2012 (Adaptação).

Em uma imagem de ultrassom, as estruturas mais facilmente diferenciáveis são

- A) osso e gordura.
- B) cérebro e osso.
- C) gordura e cérebro.
- D) músculo e cérebro.
- E) gordura e músculo.

- 13.** (Enem) Duas jarras idênticas foram pintadas, uma de branco e a outra de preto, e colocadas cheias de água na geladeira. No dia seguinte, com a água a 8 °C, foram retiradas da geladeira e foi medido o tempo decorrido para que a água, em cada uma delas, atingisse a temperatura ambiente. Em seguida, a água das duas jarras foi aquecida até 90 °C e novamente foi medido o tempo decorrido para que a água nas jarras atingisse a temperatura ambiente. Qual jarra demorou menos tempo para chegar à temperatura ambiente nessas duas situações?
- A) A jarra preta demorou menos tempo nas duas situações.
  - B) A jarra branca demorou menos tempo nas duas situações.
  - C) As jarras demoraram o mesmo tempo, já que são feitas do mesmo material.
  - D) A jarra preta demorou menos tempo na primeira situação e a branca, na segunda.
  - E) A jarra branca demorou menos tempo na primeira situação e a preta, na segunda.

- 14.** (Enem) A telefonia móvel no Brasil opera com celulares cuja potência média de radiação é cerca de 0,6 W. Por recomendação do ANSI/IEEE, foram estipulados limites para exposição humana à radiação emitida por esses aparelhos. Para o atendimento dessa recomendação, valem os conselhos: segurar o aparelho a uma pequena distância do ouvido, usar fones de ouvido para as chamadas de voz e utilizar o aparelho no modo viva voz ou com dispositivos *bluetooth*. Essas medidas baseiam-se no fato de que a intensidade da radiação emitida decai rapidamente conforme a distância aumenta, por isso, afastar o aparelho reduz riscos.

COSTA, E. A. F. *Efeitos na saúde humana da exposição aos campos de radiofrequência*. Disponível em: [www.ced.ufsc.br](http://www.ced.ufsc.br). Acesso em: 16 nov. 2011 (Adaptação).

Para reduzir a exposição à radiação do celular de forma mais eficiente, o usuário deve utilizar

- A) fones de ouvido, com o aparelho na mão.
- B) fones de ouvido, com o aparelho no bolso da calça.
- C) fones *bluetooth*, com o aparelho no bolso da camisa.
- D) o aparelho mantido a 1,5 cm do ouvido, segurado pela mão.
- E) o sistema viva voz, com o aparelho apoiado numa mesa de trabalho.

- 15.** (Enem) Algumas crianças, ao brincarem de esconde-esconde, tapam os olhos com a mão, acreditando que, ao adotarem tal procedimento, não poderão ser vistas. Essa percepção da criança contraria o conhecimento científico porque, para serem vistos, os objetos
- A) refletem partículas de luz (fótons), que atingem os olhos.
  - B) geram partículas de luz (fótons), convertidas pela fonte externa.
  - C) são atingidos por partículas de luz (fótons), emitidas pelos olhos.
  - D) refletem partículas de luz (fótons), que se chocam com os fótons emitidos pelos olhos.
  - E) são atingidos pelas partículas de luz (fótons), emitidas pela fonte externa e pelos olhos.

- 16.** (Enem) A corrida dos 100 m rasos é uma das principais provas do atletismo e qualifica o homem mais rápido do mundo. Um corredor de elite foi capaz de percorrer essa distância em 10 s, com 41 passadas. Ele iniciou a corrida com o pé direito. O período de oscilação do pé direito desse corredor foi mais próximo de
- A) 1/10 s.
  - B) 1/4 s.
  - C) 1/2 s.
  - D) 2 s.
  - E) 4 s.

- 17.** (Enem) Em mídias ópticas como CDs, DVDs e *blue-rays*, a informação é representada na forma de *bits* (zeros e uns) e é fisicamente gravada e lida por feixes de luz *laser*. Para gravar um valor “zero”, o laser brilha intensamente, de modo a “queimar” (tornar opaca) uma pequena área do disco, de tamanho comparável a seu comprimento de onda. Ao longo dos anos, as empresas de tecnologia vêm conseguindo aumentar a capacidade de armazenamento de dados em cada disco; em outras palavras, a área usada para se representar um *bit* vem se tornando cada vez mais reduzida. Qual alteração da onda eletromagnética que constitui o *laser* permite o avanço tecnológico citado no texto?
- A) A diminuição de sua energia.  
 B) O aumento de sua frequência.  
 C) A diminuição de sua amplitude.  
 D) O aumento de sua intensidade.  
 E) A diminuição de sua velocidade.

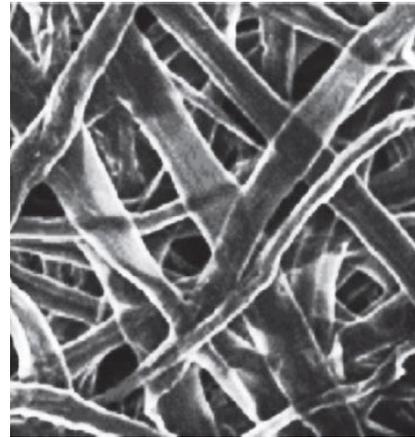
- 18.** (Enem) Em 26 de dezembro de 2004, um *tsunami* devastador, originado a partir de um terremoto na costa da Indonésia, atingiu diversos países da Ásia, matando quase 300 mil pessoas. O grau de devastação deveu-se, em boa parte, ao fato de as ondas de um *tsunami* serem extremamente longas, com comprimento de onda de acerca de 200 km. Isto é muito maior que a espessura da lâmina de líquido,  $d$ , típica do Oceano Índico, que é de cerca de 4 km. Nessas condições, com boa aproximação, a sua velocidade de propagação torna-se dependente de  $d$ , obedecendo à relação  $v = \sqrt{g \cdot d}$ . Nessa expressão,  $g$  é a aceleração da gravidade, que pode ser tomada como  $10 \text{ m/s}^2$ .

SILVEIRA, F. L.; VARRIALE, M. C. Propagação das ondas marítimas e dos tsunamis. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, n. 2, 2005 (Adaptação).

Sabendo-se que o *tsunami* consiste em uma série de ondas sucessivas, qual é o valor mais próximo do intervalo de tempo entre duas ondas consecutivas?

- A) 1 min  
 B) 3,6 min  
 C) 17 min  
 D) 60 min  
 E) 216 min
- 19.** (Enem) Folhas de papel, como as utilizadas para impressão de documentos, são opacas e permeáveis aos líquidos. Esse material é constituído de microfibras entrelaçadas de celulose, que são transparentes à luz. Quando sobre elas se derrama glicerina, elas se tornam translúcidas.

Uma imagem da superfície de uma folha de papel, ampliada por um microscópio eletrônico de varredura, pode ser vista na figura. No quadro é apresentada a razão ( $n$ ) entre a velocidade da luz no vácuo e no respectivo material (celulose, glicerina ou ar).

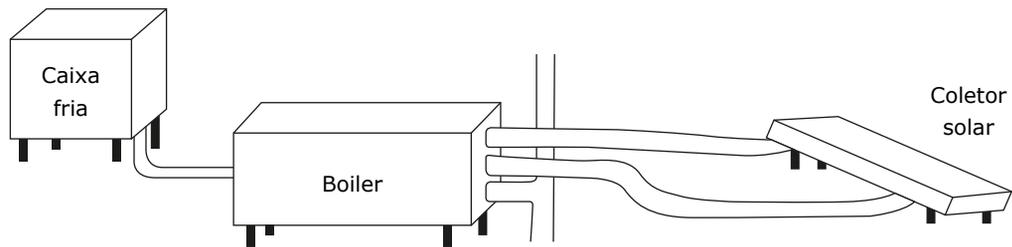


Material	$n$
Celulose	1,46
Glicerina	1,47
Ar	1,00

Nessa situação, o papel se tornou translúcido porque a luz é

- A) mais refletida.  
 B) mais absorvida.  
 C) mais espalhada.  
 D) menos refratada.  
 E) menos transmitida.
- 20.** (Enem) Ao assistir a uma apresentação musical, um músico que estava na plateia percebeu que conseguia ouvir quase perfeitamente o som da banda, perdendo um pouco de nitidez nas notas mais agudas. Ele verificou que havia muitas pessoas bem mais altas à sua frente bloqueando a visão direta do palco e o acesso aos alto-falantes. Sabe-se que a velocidade do som no ar é de  $340 \text{ m/s}$  e que a região de frequências das notas emitidas é de, aproximadamente,  $20 \text{ Hz}$  à  $4\,000 \text{ Hz}$ .
- Qual fenômeno ondulatório é o principal responsável para que o músico percebesse essa diferenciação do som?
- A) Difração.  
 B) Reflexão.  
 C) Refração.  
 D) Atenuação.  
 E) Interferência.

21. (Enem) Um engenheiro decidiu instalar um aquecedor solar em sua casa, conforme mostra o esquema.



De acordo com as instruções de montagem, para se ter um aproveitamento máximo da incidência solar, as placas do coletor devem ser instaladas com um ângulo de inclinação determinado.

O parâmetro que define o valor do ângulo de inclinação dessas placas coletoras é a

- A) altitude.
  - B) latitude.
  - C) longitude.
  - D) nebulosidade.
  - E) umidade relativa do ar.
22. (Enem) Partículas beta, ao atravessarem a matéria viva, colidem com uma pequena porcentagem de moléculas e deixam atrás de si um rastro aleatoriamente pontilhado de radicais livres e íons quimicamente ativos. Essas espécies podem romper ainda outras ligações moleculares, causando danos celulares.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2002 (Adaptação).

A capacidade de gerar os efeitos descritos dá-se porque tal partícula é um

- A) elétron e, por possuir massa relativa desprezível, tem elevada energia cinética translacional.
  - B) nêutron e, por não possuir carga elétrica, tem alta capacidade de produzir reações nucleares.
  - C) núcleo do átomo de hélio (He) e, por possuir massa elevada, tem grande poder de penetração.
  - D) fóton e, por não possuir massa, tem grande facilidade de induzir a formação de radicais livres.
  - E) núcleo do átomo de hidrogênio (H) e, por possuir carga positiva, tem alta reatividade química.
23. (Enem) As miragens existem e podem induzir à percepção de que há água onde não existe. Elas são a manifestação de um fenômeno óptico que ocorre na atmosfera.

Disponível em: [www.invivo.fiocruz.br](http://www.invivo.fiocruz.br). Acesso em: 29 fev. 2012.

Esse fenômeno óptico é consequência da

- A) refração da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.
  - B) reflexão da luz ao incidir no solo quente.
  - C) reflexão difusa da luz na superfície rugosa.
  - D) dispersão da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.
  - E) difração da luz nas camadas de ar próximas do chão quente.
24. (Enem) O sonar é um equipamento eletrônico que permite a localização de objetos e a medida de distâncias no fundo do mar, pela emissão de sinais sônicos e ultrassônicos e a recepção dos respectivos ecos. O fenômeno do eco corresponde à reflexão de uma onda sonora por um objeto, a qual volta ao receptor pouco tempo depois de o som ser emitido. No caso do ser humano, o ouvido é capaz de distinguir sons separados por, no mínimo, 0,1 segundo. Considerando uma condição em que a velocidade do som no ar é 340 m/s, qual é a distância mínima a que uma pessoa deve estar de um anteparo refletor para que se possa distinguir o eco do som emitido?

- A) 17 m
- B) 34 m
- C) 68 m
- D) 1 700 m
- E) 3 400 m

**25.** (Enem) Para afinar um violão, um músico necessita de uma nota para referência, por exemplo, a nota Lá em um piano. Dessa forma, ele ajusta as cordas do violão até que ambos os instrumentos toquem a mesma nota. Mesmo ouvindo a mesma nota, é possível diferenciar o som emitido pelo piano e pelo violão.

Essa diferenciação é possível, porque

- A) a ressonância do som emitido pelo piano é maior.
- B) a potência do som emitido pelo piano é maior.
- C) a intensidade do som emitido por cada instrumento é diferente.
- D) o timbre do som produzido por cada instrumento é diferente.
- E) a amplitude do som emitido por cada instrumento é diferente.

**26.** (Enem) As moléculas de água são dipolos elétricos que podem se alinhar com um campo magnético. Quando o campo elétrico oscila, as moléculas de água fazem o mesmo. No forno de micro-ondas, a frequência de oscilação do campo elétrico é igual à frequência natural de oscilação das moléculas de água. Assim, a comida é cozida quando o movimento giratório das moléculas de água transfere a energia térmica às moléculas circundantes.

HEWITT, P. *Física conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2002 (Adaptação).

A propriedade das ondas que permite, nesse caso, um aumento da energia de rotação das moléculas de água é a

- A) reflexão.
- B) refração.
- C) ressonância.
- D) superposição.
- E) difração.

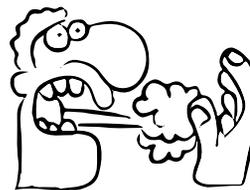
## O CALOR E OS FENÔMENOS TÉRMICOS

**01.** O rio da Amazônia *Shanay-Timpishka*, que significa “fervido com o calor do Sol”, é conhecido por suas águas ferventes. Apesar de ele estar localizado a mais de 650 km do vulcão ativo mais próximo, a temperatura média da água é de 86 °C em um trecho que se estende por aproximadamente 6 km. Esse valor, por exemplo, é muito superior à temperatura média de 28 °C das águas do rio Negro, que está localizado na mesma bacia hidrográfica que o *Shanay-Timpishka*. Em 2011, o geólogo Andrés Ruzo estudou o rio para entender as altas temperaturas, e descobriu que o rio é aquecido por fontes termais alimentadas por falhas geológicas. O *Shanay-Timpishka* é o maior rio geotérmico do mundo, fazendo dele uma poderosa fonte de calor no Peru.

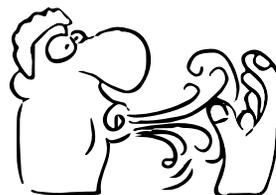
Sendo o calor específico da água igual a 1 cal/g.°C, a quantidade de calor necessária para 1 L de água do rio Negro atingir a temperatura média das águas do *Shanay-Timpishka* é de

- A) 58 . 10<sup>1</sup> cal.
- B) 28 . 10<sup>2</sup> cal.
- C) 86 . 10<sup>2</sup> cal.
- D) 58 . 10<sup>3</sup> cal.
- E) 86 . 10<sup>3</sup> cal.

**02.** As figuras a seguir mostram a sequência de uma experiência.



(I)



(II)

Na figura I, o indivíduo sopra sobre as mãos com a boca aberta. Já na figura II, o indivíduo sopra sobre as mãos com a boca quase fechada. Nessa experiência, observa-se que o ar na primeira situação incide sobre a mão com uma temperatura maior do que na segunda. Isso ocorre porque o gás na situação II sofre uma

- A) expansão isobárica.
- B) compressão adiabática.
- C) expansão isotérmica.
- D) expansão adiabática.
- E) compressão isobárica.

**03.** Sabe-se que os corpos, quando em contato, se estiverem a temperaturas diferentes, trocam energia entre si. Dessa forma, um dos corpos cede calor para o outro até que ambos atinjam a mesma temperatura, situação fisicamente conhecida como equilíbrio térmico.

A partir dessa informação, considere um corpo de massa igual a 400 g, de calor específico 0,20 cal/g.°C, a uma temperatura de 10 °C, em contato térmico com um outro corpo de massa igual a 200 g, de calor específico 0,10 cal/g.°C, a uma temperatura inicial de 60 °C. A temperatura final de equilíbrio do sistema será de

- A) 14 °C.
- B) 15 °C.
- C) 20 °C.
- D) 30 °C.
- E) 40 °C.

04. Uma indústria necessita de uma máquina que opere com uma fonte quente de 600 K e uma fonte fria de 400 K. Ela então contrata uma empresa que lhe apresenta quatro propostas de máquinas. Considere, para cada uma delas, que  $W$ ,  $Q_q$  e  $Q_f$  representam, respectivamente, o trabalho realizado pela máquina, o calor recebido da fonte quente e o calor rejeitado para fonte fria a cada ciclo.

Máquina	$W$ (J)	$Q_q$ (J)	$Q_f$ (J)
I	100	200	100
II	50	200	160
III	100	300	200
IV	150	400	250

Como o analista de projetos da empresa possui grande conhecimento sobre máquinas térmicas, ele percebe que a(s) máquina(s)

- A) II é viável, pois possui um rendimento inferior ao da máquina de Carnot trabalhando nas mesmas condições.
- B) I e II são inviáveis, pois, apesar de respeitarem a Primeira Lei da Termodinâmica, possuem rendimento muito elevado.
- C) II e IV respeitam o princípio da conservação da energia e a Segunda Lei da Termodinâmica, sendo, portanto, viáveis.
- D) III possui um rendimento igual ao de uma máquina de Carnot trabalhando nas mesmas condições e não viola a Primeira Lei da Termodinâmica; logo, é a única viável.
- E) II e IV são as únicas viáveis do ponto de vista da conservação da energia e do rendimento máximo.

05. Joãozinho precisa encher os pneus de sua bicicleta antes de pedalar pela cidade. Para isso, usa uma bomba simples de bicicleta, daquelas que podem ser fixadas no próprio quadro do veículo. Ele testa o funcionamento da bomba e nota que, ao pressionar a bomba rapidamente, o ar sai de dentro da bomba a uma temperatura maior do que a temperatura do ar ao redor.

Considerando que o atrito na bomba é praticamente nulo, o processo que causa o aquecimento do ar quando a bomba é pressionada é um(a)

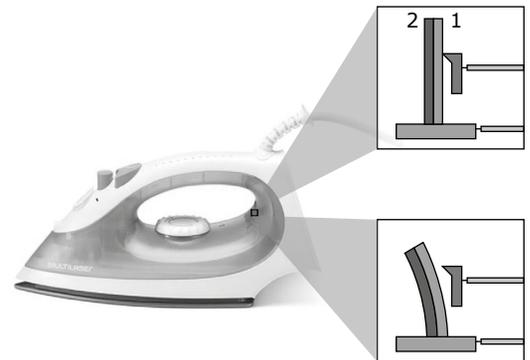
- A) compressão isocórica.
- B) expansão adiabática.
- C) compressão adiabática.
- D) aquecimento isobárico.
- E) expansão isocórica.

06. Um brasileiro, ao viajar para os Estados Unidos pela primeira vez, começou a se sentir mal logo no primeiro dia de viagem. Ele conseguiu um termômetro emprestado no hotel em que estava e mediu a sua temperatura. Ao verificar a medição, ficou surpreso com o resultado: 100 graus. Lembrou-se, então, de que os Estados Unidos adotam a escala Fahrenheit de temperatura.

Sabendo que o gelo derrete a 32 °F e que a água entra em ebulição a 212 °F, o brasileiro poderia concluir que a temperatura, em °C, medida no termômetro é de, aproximadamente,

- A) 23,5.
- B) 35,3.
- C) 37,7.
- D) 39,0.
- E) 42,5.

07. Um termostato é um dispositivo utilizado para controlar a temperatura em diversos aparelhos. Um dos tipos de termostato é construído com duas lâminas metálicas (bimetal) firmemente ligadas, conforme ilustra a figura. Quando a temperatura aumenta, a combinação de lâminas se curva em forma de arco, fazendo com que, a partir de um certo valor de temperatura, o circuito seja aberto, interrompendo a passagem da corrente elétrica.

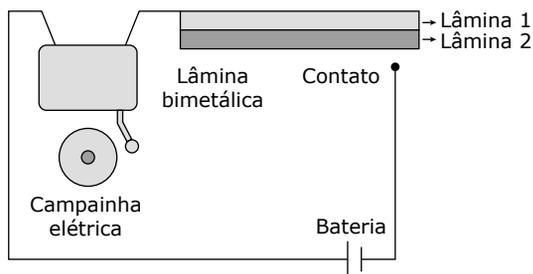


Coeficientes de dilatação linear (valores médios)	
Material	Coeficiente $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
Chumbo	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Zinco	$2,6 \cdot 10^{-5}$
Alumínio	$2,2 \cdot 10^{-5}$
Prata	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Ouro	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Ferro	$1,2 \cdot 10^{-5}$

Para que o curvamento da lâmina bimetálica ocorra do modo mais rápido possível, os materiais dessa lâmina devem ser, respectivamente,

- A) zinco e alumínio.
- B) alumínio e prata.
- C) chumbo e zinco.
- D) ferro e zinco.
- E) chumbo e ferro.

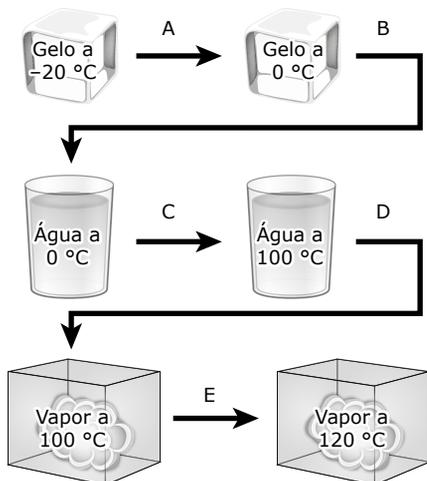
08. A figura a seguir mostra uma lâmina bimetálica usada para ligar o contato elétrico de um alarme contra incêndio.



Ao ocorrer o incêndio, a temperatura do alarme aumenta, assim como a da lâmina bimetálica, que se curvará para baixo. Então, ocorre o contato, que ligará o circuito e consequentemente, a campainha elétrica. Para que a lâmina bimetálica se curve para baixo, é necessário que

- A) o coeficiente de dilatação da lâmina 1 seja menor que o da lâmina 2.
- B) o coeficiente de dilatação da lâmina 2 seja menor que o da lâmina 1.
- C) o coeficiente de dilatação das duas lâminas seja igual.
- D) o coeficiente de condutividade térmica da lâmina 1 seja menor que o da lâmina 2.
- E) o coeficiente de condutividade térmica da lâmina 1 seja maior que o da lâmina 2.

09. A figura seguinte mostra um cubo de gelo de massa igual a 10 g sendo aquecido a partir de uma temperatura inicial até uma temperatura final, na qual a água encontra-se no estado de vapor. Esse processo, constituído pelas etapas A, B, C, D e E, é representado na figura a seguir.



**Dados:**

Calor específico sensível do gelo = 0,50 cal/g.°C

Calor específico sensível da água = 1,0 cal/g.°C

Calor específico latente de fusão do gelo = 80 cal/g

Calor específico latente de vaporização da água = 539 cal/g

No processo representado na figura anterior, durante a etapa

- A) A, o gelo absorve 100 cal de energia para variar a sua temperatura de -20 °C para 0 °C.
- B) A, o gelo absorve 800 cal de energia e não muda de estado físico.
- C) B, o gelo absorve 80 J de energia e muda de estado físico.
- D) C, a água libera 1 000 J de energia para variar sua temperatura de 0 °C para 100 °C.
- E) D, a água libera 5 390 cal de energia e muda de estado físico.

10. (Enem PPL-2021) Alguns recipientes de cozinha apresentam condutividade térmica apropriada para acondicionar e servir alimentos. Assim, os alimentos acondicionados podem manter a temperatura, após o preparo, por um tempo maior. O quadro contém a condutividade térmica (k) de diferentes materiais utilizados na produção desses recipientes.

Condutividade térmica de materiais		
	Material	k (kcal/h m°C)
I	Cobre	332,0
II	Alumínio	175,0
III	Ferro	40,0
IV	Vidro	0,65
V	Cerâmica	0,40

Considerando recipientes de mesma espessura, qual o material recomendado para manter o alimento aquecido por um maior intervalo de tempo?

- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV
- E) V

- 11.** (Enem) Para preparar uma sopa instantânea, uma pessoa aquece em um forno micro-ondas 500 g de água em uma tigela de vidro de 300 g. A temperatura inicial da tigela e da água era de 6 °C. Com o forno de micro-ondas funcionando a uma potência de 800 W, a tigela e a água atingiram a temperatura de 40 °C em 2,5 min. Considere que os calores específicos do vidro e da sopa são, respectivamente, 0,2 cal/g.°C e 1,0 cal/g.°C, e que 1 cal = 4,2 J.

Que percentual aproximado da potência usada pelo micro-ondas é efetivamente convertido em calor para o aquecimento?

- A) 11,8%                      C) 57,1%                      E) 78,4%  
 B) 45,0%                      D) 66,7%

- 12.** (Enem) Em dias com baixas temperaturas, as pessoas utilizam casacos ou blusas de lã com o intuito de minimizar a sensação de frio. Fisicamente, esta sensação ocorre pelo fato de o corpo humano liberar calor, que é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles.

A utilização de vestimenta de lã diminui a sensação de frio, porque

- A) possui a propriedade de gerar calor.  
 B) é constituída de material denso, o que não permite a entrada do ar frio.  
 C) diminui a taxa de transferência de calor do corpo humano para o meio externo.  
 D) tem como principal característica a absorção de calor, facilitando o equilíbrio térmico.  
 E) está em contato direto com o corpo humano, facilitando a transferência de calor por condução.

- 13.** (Enem) Chuveiros elétricos possuem uma chave para regulação da temperatura verão / inverno e para desligar o chuveiro. Além disso, é possível regular a temperatura da água, abrindo ou fechando o registro. Abrindo, diminui-se a temperatura e fechando, aumenta-se.

Aumentando-se o fluxo da água há uma redução na sua temperatura, pois

- A) aumenta-se a área da superfície da água dentro do chuveiro, aumentando a perda de calor por radiação.  
 B) aumenta-se o calor específico da água, aumentando a dificuldade com que a massa de água se aquece no chuveiro.  
 C) diminui-se a capacidade térmica do conjunto água / chuveiro, diminuindo também a capacidade do conjunto de se aquecer.  
 D) diminui-se o contato entre a corrente elétrica do chuveiro e a água, diminuindo também a sua capacidade de aquecê-la.  
 E) diminui-se o tempo de contato entre a água e a resistência do chuveiro, diminuindo a transferência de calor de uma para a outra.

- 14.** (Enem) Um aquecedor solar consiste essencialmente em uma serpentina de metal, a ser exposta ao sol, por meio da qual flui água a ser aquecida. A parte inferior da serpentina é soldada a uma chapa metálica, que é o coletor solar. A forma da serpentina tem a finalidade de aumentar a área de contato com o coletor e com a própria radiação solar sem aumentar muito o tamanho do aquecedor. O metal, sendo bom condutor, transmite a energia da radiação solar absorvida para as paredes internas e, daí, por condução, para a água. A superfície deve ser recoberta com um material, denominado material seletivo quente, para que absorva o máximo de radiação solar e emita o mínimo de radiação infravermelha. Os quadros relacionam propriedades de alguns metais / ligas metálicas utilizadas na confecção de aquecedores solares:

Material metálico	Condutividade térmica (W/m K)
Zinco	116,0
Aço	52,9
Cobre	411,0

Material seletivo quente	Razão entre a absorbância de radiação solar e a emitância de radiação infravermelha
A. Óxido e sulfeto de níquel e zinco aplicados sobre zinco	8,45
B. Óxido e sulfeto de níquel e zinco sobre ferro galvanizado	7,42
C. Óxido de cobre em alumínio anodizado	7,72

ACIOLI, J. L. *Fontes de energia*. Brasília: UnB, 1994 (Adaptação).

Os aquecedores solares mais eficientes e, portanto, mais atrativos do ponto de vista econômico, devem ser construídos utilizando como material metálico e material seletivo quente, respectivamente,

- A) aço e material seletivo quente A.  
 B) aço e material seletivo quente B.  
 C) cobre e material seletivo quente C.  
 D) zinco e material seletivo quente B.  
 E) cobre e material seletivo quente A.

- 15.** (Enem) Em um centro de pesquisa de alimentos, um técnico efetuou a determinação do valor calórico de determinados alimentos da seguinte forma: colocou uma massa conhecida de água em um recipiente termicamente isolado. Em seguida, dentro desse recipiente, foi queimada uma determinada massa do alimento. Como o calor liberado por essa queima é fornecido para a água, o técnico calculou a quantidade de calor que cada grama do alimento libera.

Para a realização desse teste, qual aparelho de medida é essencial?

- A) Cronômetro.                      D) Radiômetro.  
 B) Dinamômetro.                    E) Potenciômetro.  
 C) Termômetro.

## GABARITO

### Conhecimentos Básicos e Fundamentais

01. D                      03. B  
 02. C                      04. D

### O Movimento, o Equilíbrio e a Descoberta de Leis Físicas

01. B                      07. C                      13. C  
 02. D                      08. E                      14. E  
 03. D                      09. D                      15. B  
 04. A                      10. D                      16. B  
 05. B                      11. E                      17. B  
 06. E                      12. A

### Energia, Trabalho e Potência

01. C                      04. E                      07. D  
 02. C                      05. B  
 03. A                      06. C

### A Mecânica e o Funcionamento do Universo

01. B                      03. E                      05. A  
 02. C                      04. D

## Fenômenos Elétricos e Magnéticos

01. B                      10. A                      19. D  
 02. B                      11. B                      20. E  
 03. E                      12. D                      21. E  
 04. E                      13. A                      22. B  
 05. D                      14. C                      23. B  
 06. D                      15. E                      24. A  
 07. C                      16. A                      25. C  
 08. B                      17. C                      26. B  
 09. D                      18. D

## Oscilações, Ondas, Óptica e Radiação

01. B                      10. D                      19. D  
 02. A                      11. B                      20. A  
 03. E                      12. A                      21. B  
 04. C                      13. A                      22. A  
 05. E                      14. E                      23. A  
 06. B                      15. A                      24. A  
 07. D                      16. C                      25. D  
 08. A                      17. B                      26. C  
 09. A                      18. C

## O Calor e os Fenômenos Térmicos

01. D                      06. C                      11. D  
 02. D                      07. E                      12. C  
 03. C                      08. B                      13. E  
 04. D                      09. A                      14. E  
 05. C                      10. E                      15. C

## RESOLUÇÕES



## INTRODUÇÃO À CINEMÁTICA ESCALAR E MOVIMENTO UNIFORME

### Velocidade média:

$$v_m = \frac{\text{distância total percorrida}}{\text{tempo total gasto}}, \quad v_m = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \quad \text{ou} \quad v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

### Função horária da posição

$$s = s_0 + vt$$

## MOVIMENTO UNIFORMEMENTE VARIADO E MOVIMENTO VERTICAL

### Aceleração escalar média (am):

$$a_m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$v = v_0 + at \quad (\text{função horária da velocidade})$$

$$\Delta s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad (\text{função horária da posição})$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s$$

(equação de Torricelli)

### Equações do movimento vertical:

$$v = v_0 + at \Rightarrow v = v_0 + gt$$

$$\Delta s = v_0 t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow h = v_0 t + \frac{gt^2}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta s \Rightarrow v^2 = v_0^2 + 2gh$$

## LANÇAMENTO HORIZONTAL E LANÇAMENTO OBLÍQUO

### Tempo total

(Aterrisagem à mesma altura do lançamento):

$$t_{\text{total}} = \frac{2v_0 \cdot \text{sen } \theta}{g}$$

### Altura máxima:

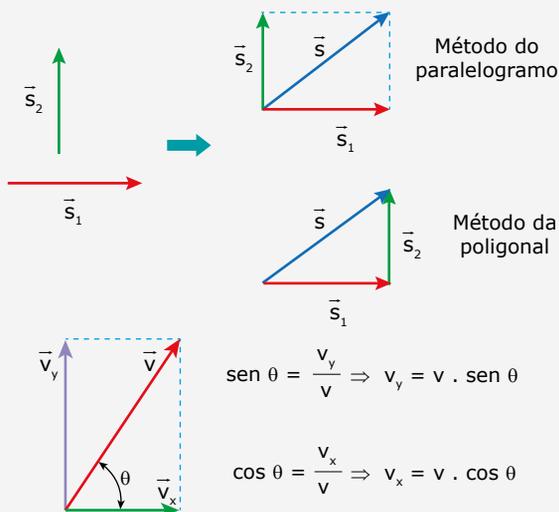
$$h_{\text{máx.}} = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen}^2 \theta}{2g}$$

### Alcance horizontal

(Aterrisagem à mesma altura do lançamento):

$$A = \frac{v_0^2}{g} \text{sen}(2\theta)$$

## INTRODUÇÃO À CINEMÁTICA VETORIAL



## MOVIMENTO CIRCULAR

### Velocidade angular:

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad \text{ou} \quad \omega = 2\pi f$$

### Velocidade linear:

$$v = \omega R \quad \text{ou} \quad 2\pi R f$$

### Relação período e frequência:

$$T = \frac{1}{f}$$

### Aceleração centrípeta:

$$a_c = \frac{v^2}{R}$$

**LEIS DE NEWTON**

**2ª Lei de Newton:**

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

**Definição do peso:**

$$P = mg$$

**Força Elástica:**

$$F_{el} = kx$$

**FORÇAS DE ATRITO**

**Atrito estático:**

$$F_{AE_{máx}} = \mu_e N$$

**Atrito cinético:**

$$F_{AC} = \mu_c N$$

**DINÂMICA DO MOVIMENTO CIRCULAR**

**Força resultante centrípeta:**

$$F_{R_c} = m \frac{v^2}{R}$$

**TEOREMAS DE TORRICELLI E STEVIN**

**Densidade:**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

**Pressão:**

$$p = \frac{F}{A}$$

**Pressão de um líquido:**

$$p = p_0 + \rho gh$$

**TEOREMAS DE PASCAL E ARQUIMEDES**

**Princípio de Pascal elevador hidráulico:**

$$p_a = p_A \Rightarrow \frac{f}{a} = \frac{F}{A} \Rightarrow f = F \frac{a}{A}$$

**Empuxo:**

$$E = \rho_L V_{LD} g$$

**TRABALHO, POTÊNCIA E RENDIMENTO**

**Trabalho de uma força:**

$$W_{AB} = |\vec{F}| \cdot |\vec{d}| \cdot \cos \theta \text{ ou } W_{AB} = F \cdot d \cdot \cos \theta$$

**Trabalho de uma força paralela ao deslocamento:**

$$W = F \cdot d$$

**Potência:**

$$\text{Potência} = \frac{\text{Trabalho (energia transferida)}}{\text{Intervalo de tempo}} \text{ ou } P = \frac{W}{\Delta t}$$

**Rendimento:**

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}$$

**ENERGIA**

**Trabalho e variação da energia cinética:**

$$W = \Delta E_c$$

**Energia cinética de um corpo:**

$$E_c = \frac{mv^2}{2}$$

**Energia potencial gravitacional:**

$$E_{pg} = mgh$$

**Energia potencial elástica:**

$$E_{PE} = \frac{kx^2}{2}$$

**EQUILÍBRIO DE CORPOS EXTENSOS**

**Momento de uma força:**

$$\tau_o = F \cdot d$$

**Condição de equilíbrio de um corpo extenso:**

$$\Sigma \vec{F} = 0 \text{ e } \Sigma \tau = 0$$

**Posição do centro de massa de um sistema com n elementos:**

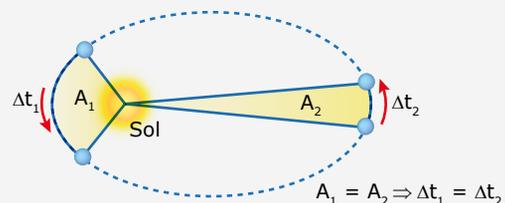
$$x_{CG} = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + m_3 \cdot x_3 + \dots + m_n \cdot x_n}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n}$$

**Forças em alavancas:**

$$F \cdot d_A = R \cdot d_R$$

**LEIS DE KEPLER**

**Segunda Lei de Kepler:**



**Terceira Lei de Kepler:**

$$\frac{T^2}{R^3} = K$$

**Velocidade orbital do planeta:**

$$v = \frac{2\pi}{\sqrt{KR}}$$

### LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

**Lei da gravitação universal:**

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

**Velocidade orbital:**

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

### IMPULSO E QUANTIDADE DE MOVIMENTO

**Quantidade de movimento:**

$$\vec{Q} = m \cdot \vec{v}$$

**Quantidade de movimento de um sistema com n corpos:**

$$\vec{Q} = \vec{Q}_1 + \vec{Q}_2 + \vec{Q}_3 + \dots + \vec{Q}_n$$

**Impulso de uma força:**

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

**Teorema do impulso e quantidade de uma força:**

$$\vec{I}_R = \Delta \vec{Q}$$

**Coefficiente de restituição:**

$$e = \frac{v_{\text{relat. afast.}}}{v_{\text{relat. aprox.}}}$$

### TERMOMETRIA

**Transformação Fahrenheit-Celsius:**

$$\frac{T_C}{100} = \frac{T_F - 32}{180} \Rightarrow$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

**Kelvin-Celsius:**

$$T = T_C + 273,15$$

### DILATOMETRIA

**Dilatação Linear:**

$$\Delta L = L_0 \alpha \Delta T$$

**Dilatação Superficial:**

$$\Delta A = A_0 \beta \Delta T \text{ sendo } \beta = 2\alpha$$

**Dilatação Volumétrica:**

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta T \text{ sendo } \gamma = 3\alpha$$

**Dilatação de líquidos em recipientes que dilatam:**

$$\Delta V_{\text{aparente}} = V_0 \Delta T (\gamma_{\text{líquido}} - \gamma_{\text{béquer}})$$

### PROPAGAÇÃO DE CALOR

**Lei de Fourier:**

$$\phi = K A \frac{\Delta T}{L}$$

**Stefan-Boltzmann:**

$$\phi = \epsilon \sigma A T^4$$

### CALORIMETRIA

**Equivalência Joule Caloria:**

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

**Capacidade Térmica:**

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

**Calor específico:**

$$c = \frac{Q}{m \Delta T}$$

que pode ser rearranjada como  $Q = mc\Delta T$

**Calor Latente:**

$$Q = mL$$

### GASES

**Número de mols:**

$$n = \frac{m}{M}$$

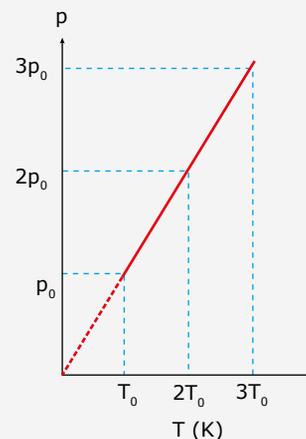
**Equação de Clapeyron:**

$$pV = nRT$$

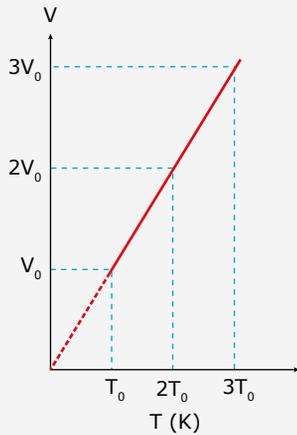
**Transformações de estado de um gás ou estados de gases ideais diferentes com mesmo número de mols:**

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

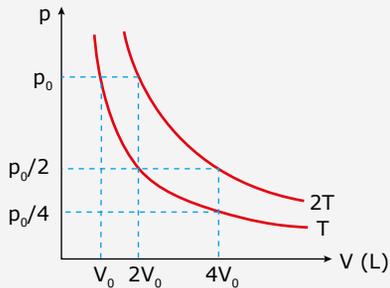
**Transformação isovolumétrica**



**Transformação isobárica**



**Transformação isotérmica**



**Pressão de um gás monoatômico:**

$$p = \frac{Nm_0v^2}{3V}$$

**Energia interna de um gás monoatômico:**

$$U = \frac{3}{2}NkT = \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}pV$$

**Energia interna molecular média:**

$$u = \frac{U}{N} = \frac{3}{2}kT$$

**1ª LEI DA TERMODINÂMICA**

**Trabalho em sistemas gasosos:**

$$W = p\Delta V$$

**Primeira Lei da Termodinâmica:**

$$\Delta U = Q - W$$

**Calores específicos de um gás:**

$$Q = nc_p\Delta T \text{ e } Q = nc_v\Delta T$$

**Transformação adiabática:**

$$pV^\gamma = \text{constante}$$

**2ª LEI DA TERMODINÂMICA**

**Rendimento motor térmico:**

$$\eta = \frac{W}{Q_1}$$

**Coefficiente de eficácia de um refrigerador térmico:**

$$\beta = \frac{Q_2}{W}$$

**Rendimento de Carnot:**

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

**MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)**

**Período de um sistema massa-mola:**

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

**Período de um pêndulo simples:**

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

**Energia do sistema massa-mola:**

$$E_M = \frac{kA^2}{2}$$

**INTRODUÇÃO À ONDULATÓRIA**

**Equação geral das ondas:**

$$\lambda = v/f$$

**Velocidade de uma onda numa corda elástica:**

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

**DIFRAÇÃO E INTERFERÊNCIA DE ONDAS**

**Relação entre velocidade da onda e profundidade da água:**

$$v \propto \sqrt{gh}$$

**Condições de interferência para fontes em fase:**

- 1 - Construtiva, se  $|L_1 - L_2| = n\lambda$
- 2 - Destrutiva, se  $|L_1 - L_2| = (n + 1/2)\lambda$

**Condições de interferência para fontes em oposição de fase:**

- 1 - Construtiva, se  $|L_1 - L_2| = (n + 1/2)\lambda$
- 2 - Destrutiva, se  $|L_1 - L_2| = n\lambda$

**Interferência da luz:**

$$\lambda = \Delta x \cdot d/L$$

## ONDAS ESTACIONÁRIAS

**Frequência do harmônico fundamental em uma corda:**

$$f_1 = v/2L$$

**Frequência dos harmônicos subsequentes na corda:**

$$f_N = N \cdot f_1$$

**Harmônico fundamental de um tubo fechado em uma extremidade:**

$$f_1 = v/4L$$

**Frequência dos harmônicos subsequentes no tubo fechado:**

$$f_N = N \cdot f_1$$

**Harmônico fundamental de um tubo aberto nas duas extremidades:**

$$f_1 = v/2L$$

**Frequência dos harmônicos subsequentes no tubo aberto:**

$$f_N = N \cdot f_1$$

## SOM E EFEITO DOPPLER

**Nível de intensidade sonora em decibel:**

$$N = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

**Efeito Doppler:**

$$f_{\text{aparente}} = f_{\text{fonte}} \cdot \left( \frac{v_{\text{som}} + v_{\text{observador}}}{v_{\text{som}} - v_{\text{fonte}}} \right)$$

## FUNDAMENTOS DA ÓPTICA GEOMÉTRICA

**Relação entre imagem projetada e objeto:**

$$\frac{H}{h} = \frac{Y}{X}$$

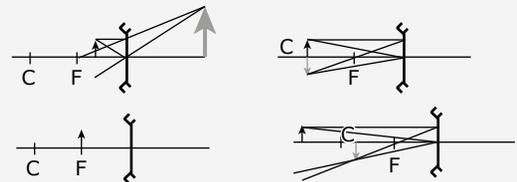
## REFLEXÃO DA LUZ E ESPELHOS PLANOS

**Número de imagens em associação de espelhos planos:**

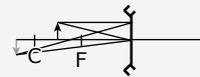
$$N = \frac{360}{\theta} - 1$$

## ESPELHOS ESFÉRICOS

**Formação de imagem em espelho côncavo:**



Não forma imagem



**Formação de imagem de espelho convexo:**



**Aumento de imagem:**

$$A = \frac{i}{o} = \frac{|d_i|}{d_o}$$

**Equação de Gauss:**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i}$$

## REFRAÇÃO DA LUZ

**Índice de refração de um meio:**

$$n = \frac{c}{V}$$

**Lei de Snell:**

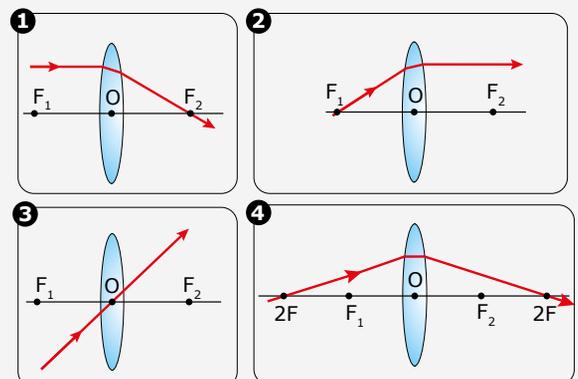
$$\begin{cases} n_1 \cdot \text{sen } \theta_1 = n_2 \cdot \text{sen } \theta_2 \\ v_2 \cdot \text{sen } \theta_1 = v_1 \cdot \text{sen } \theta_2 \end{cases}$$

**Ângulo crítico para reflexão total:**

$$\text{sen } \theta_L = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}}$$

## LENTE ESFÉRICAS

**Raios notáveis das lentes:**



**Vergência ou grau de uma lente:**

$$V = \frac{1}{f(m)}$$

**Justaposição de lentes:**

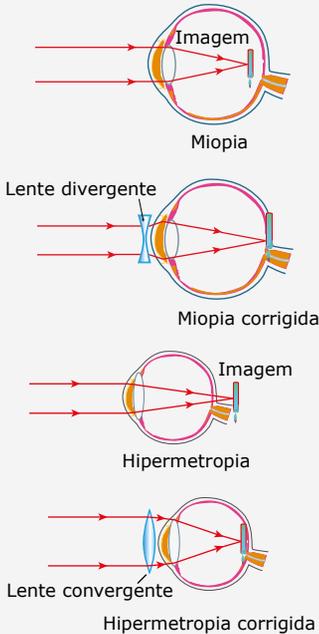
$$V = V_A + V_B$$

**Equação dos fabricantes de lentes:**

$$\frac{1}{\bar{f}} = \left( \frac{n_L}{n_{meio}} - 1 \right) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

**INSTRUMENTOS ÓPTICOS**

**Defeitos de visão e sua correção:**



**ELETRIZAÇÃO**

**Carga do elétron:**

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

**Carga discreta de um corpo:**

$$Q = n \cdot e \Rightarrow Q = n \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})$$

$$n = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$$

**FORÇA ELÉTRICA**

**Lei de Coulomb:**

$$F = K \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{r^2}$$

Em que  $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

**CAMPO ELÉTRICO**

**Força elétrica:**

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

**Campo elétrico:**

$$E = K \frac{|Q|}{r^2}$$

**TRABALHO E POTENCIAL ELÉTRICO**

**Diferença de potencial entre dois pontos:**

$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q} \text{ ou } V_{AB} = Ed$$

**Potencial de uma carga pontual:**

$$V = \frac{KQ}{r}$$

**Diferença de potencial entre dois pontos gerada por uma carga pontual:**

$$V_A - V_B = KQ \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$$

**Energia potencial elétrica armazenada em um sistema de 2 cargas:**

$$E_{PE} = \frac{KQ_1Q_2}{r_{AB}}$$

**Energia potencial elétrica armazenada em um sistema de 3 cargas:**

$$E_{PE} = \frac{KQ_1Q_2}{r_{12}} + \frac{KQ_1Q_3}{r_{13}} + \frac{KQ_2Q_3}{r_{23}}$$

**CORRENTE ELÉTRICA**

**Definição de corrente elétrica:**

$$i_{\text{média}} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{Ne}{\Delta t}$$

**Resistência de um fio:**

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

**Relação entre corrente, tensão e resistência:**

$$R = \frac{V_{AB}}{i}$$

**Potência elétrica:**

$$P = V_{AB}I \text{ ou } P = RI^2 \text{ ou}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

## ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

### Circuito em série:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$V_{\text{fonte}} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

### Circuito em paralelo:

$$V_{\text{fonte}} = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

## RESISTORES NO DIA A DIA

### Resistência de uma lâmpada:

$$R_L = \frac{V_N^2}{P_N}$$

## INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS

### Equação de uma ponte de wheatstone equilibrada:

$$R_1 \cdot R_3 = R_V \cdot R_2$$

## GERADORES, RECEPTORES E ASSOCIAÇÕES

### Força eletromotriz:

$$\varepsilon = \frac{W}{\Delta q}$$

### Tensão fornecida pela fonte:

$$V_{AB} = \varepsilon - r \cdot i$$

### Corrente fornecida pela fonte:

$$i = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

### Corrente de curto-circuito:

$$i_{cc} = \frac{\varepsilon}{r}$$

### Potência da fonte:

$$P_{\text{fonte}} = \varepsilon \cdot I$$

### Rendimento elétrico:

$$\eta = \frac{\varepsilon - r i}{\varepsilon}$$

### Corrente para circuitos de uma malha:

$$i = \frac{\sum \varepsilon}{R_{\text{eq}}}; \quad \varepsilon \begin{cases} + & \text{para geradores} \\ - & \text{para receptores} \end{cases}$$

### Tensão sobre um receptor:

$$V_{BC} = \varepsilon' + r'I$$

### Rendimento do receptor:

$$\eta_{\text{receptor}} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{recebida}}} = \frac{\varepsilon' i}{(\varepsilon' + r' i) i} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon' + r' i}$$

## CAPACITORES

### Definição de capacitância:

$$C = \frac{Q}{V}$$

### Capacitância em função da geometria do capacitor:

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

### Energia armazenada em um capacitor:

$$E_{PE} = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

### Capacitores em série:

$$\frac{1}{C_{\text{eq}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

### Capacitores em paralelo:

$$C_{\text{eq}} = C_1 + C_2$$

## CAMPO MAGNÉTICO

### Campo ao redor de um fio condutor:

$$B = \mu \frac{i}{2\pi r}$$

### Campo no interior de uma espira:

$$B = \mu \frac{i}{2R}$$

### Campo no interior de um solenoide:

$$B = \mu \frac{N}{L} i$$

## CARGAS EM MOVIMENTO EM CAMPO MAGNÉTICO

### Força magnética sobre carga elétrica em movimento num campo magnético:

$$F = Bqv \cdot \text{sen } \theta$$

### Raio da trajetória de uma carga elétrica lançada perpendicularmente a um campo magnético:

$$R = \frac{mv_0}{Bq}$$

## FORÇA MAGNÉTICA SOBRE FIOS

### Força em um condutor mergulhado em um campo elétrico:

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \text{sen } \theta$$

## INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E TRANSFORMADORES

### Fluxo magnético:

$$\varphi = B.A.\cos \theta$$

### Lei de indução de Faraday:

$$\varepsilon_1 = N \left( \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right)$$

### Alteração de tensão no secundário de um transformador:

$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$$

### Potência e rendimento de um transformador:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2 \cdot i_2}{V_1 \cdot i_1}$$

## RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO E QUANTIZAÇÃO DE ENERGIA

### Lei do deslocamento de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{b}{T}$$

### Energia de um fóton:

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

## DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA E EFEITO FOTOELÉTRICO

### Função trabalho:

$$\Phi = hf_0$$

### Energia cinética de ejeção do elétron:

$$E = hf - \Phi$$

### Comprimento de onda de De Broglie:

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

### Frequência do fóton absorvido por um elétron durante o salto quântico:

$$f = \frac{\Delta E}{h}$$

### Energia dos níveis atômicos para o átomo de hidrogênio:

$$E_n = -13,6 \frac{1}{n^2}$$

## INTRODUÇÃO À RELATIVIDADE ESPECIAL

### Fator de Lorentz:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v^2/c^2)}}$$

### Dilatação do tempo:

$$\Delta t' = \gamma \Delta t$$

### Contração do espaço:

$$L' = \frac{L}{\gamma}$$

### Adição de velocidades relativísticas:

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + (v_1 v_2 / c^2)}$$

### Energia relativística:

$$E = mc^2$$