

LIVRO 2  
Elétrica  
alex FÍSICA  
mossmann

*be* BELIEVE IN  
*you* YOURSELF

alex FÍSICA  
mossmann



## **TEMOS HISTÓRIA ...**

Os Grupos de Estudo de Física são ministrados pelo Prof. Alex Mossmann desde 1990, sendo o trabalho voltado exclusivamente à preparação, na disciplina de Física, para o ENEM e Vestibulares das Universidades gaúchas e também de outros Estados. Ao longo de 32 anos de trabalho, o Prof. Alex Mossmann teve o prazer de ter a sua frente milhares de alunos, dos quais, muitos já formados, são hoje profissionais bem sucedidos em suas carreiras, e outros, ainda acadêmicos. A maioria desses ex-alunos são da medicina. A preparação do aluno caracteriza-se pela organização sob todos os aspectos, desde a matrícula, passando pelo desenvolvimento do conteúdo sempre com tecnologias associadas ao estudo e terminando com a conclusão do conteúdo de uma forma coerente e programada.

## Feed

Canal Curso - Alunos

## Aulas On Demand

As videoaulas são disponibilizadas em partes e em cada parte está apresentada a trilha de aprendizagem referente a ela. Nossas videoaulas são produzidas em nossos estúdios próprios, o que determina alta qualidade de imagem e som, além de ser uma aula de maior rendimento, pois o tempo consumido em uma aula presencial é muito maior do que aquele demandado em estúdio.

## Aula Ao Vivo

Todas as aulas do Curso Híbrido são transmitidas ao vivo para os alunos desse curso e do Extensivo em casa, permitindo total interatividade através de chat direto com o Alex durante a aula.

## Plantão

Aqui e apenas aqui você marca, troca horário ou desmarca seus plantões individuais a qualquer momento.

## Alex Mossmann Simulados

Plataforma gamificada desenvolvida e mantida pelo Prof. Alex Mossmann. Permite que o aluno realize quantos simulados ele desejar, construindo métricas, treinando o tempo de prova, construindo métricas ao longo do ano. É um enorme diferencial, também, na revisão dos conteúdos.

## Sala de Aula Virtual

### Prática de Provas

Resoluções de provas de ENEM e Vestibulares.

### Resolução das Questões

Resoluções das questões dos livros. Também podem ser acessadas pelos QR's nos livros.

### Vídeos de Conteúdo

Vídeos de revisão de conteúdo na prática.

### Simulados

Simulados e respostas comentadas.

### Provas ENEM

Banco de provas do ENEM desde 2009 para download.

### Provas Vestibulares

Banco de provas de vestibulares para download.

### Materiais Diversos

Planilhas e outros materiais importantes.

### Gabaritos.

Gabaritos dos livros.

## Atividades Extras

Aqui e apenas aqui você se inscreve para eventos especiais, simulados, etc.

## SAC

Fale com a gente.

## Opções

Altere sua senha e insira sua foto no seu perfil.



# Horários 2022

	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
Manhã 1					
Manhã 2					
Almoço					
Tarde 1					
Tarde 2					
Vespertino					

# ÍNDICE

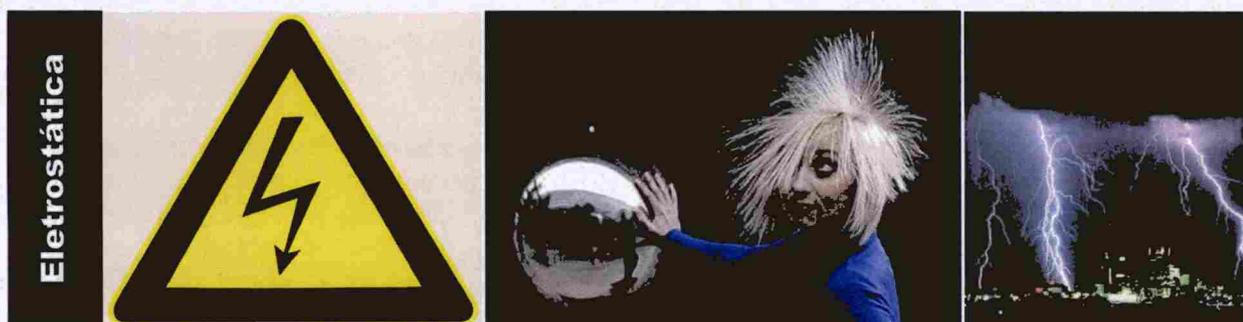
---

<b>Aula 14</b>	Eletrostática – Introdução	<b>008</b>
<b>Aula 15</b>	Campo elétrico	<b>050</b>
<b>Aula 16</b>	Potencial elétrico	<b>084</b>
<b>Aula 17</b>	Capacitância	<b>112</b>
<b>Aula 18</b>	Corrente / Resistência	<b>121</b>
<b>Aula 19</b>	Resistores	<b>148</b>
<b>Aula 20</b>	Associação de Resistores	<b>181</b>
<b>Aula 21</b>	Circuitos elétricos	<b>210</b>
<b>Aula 22</b>	Geradores	<b>244</b>
<b>Aula 23</b>	Campo magnético	<b>260</b>
<b>Aula 24</b>	Força magnética	<b>294</b>
<b>Aula 25</b>	Indução magnética	<b>328</b>
<b>Apêndice</b>		

---



# ELETRICIDADE



## A DESCOBERTA DA ELETRICIDADE

A atração exercida pelo âmbar sobre pequenos corpos, quando esfregado com lã ou com pele de alguns animais, era conhecida dos gregos há séculos, mas só em 1600 o inglês William Gilbert (1544-1603), médico da rainha da Inglaterra, procurou refazer experiências e revisar as explicações de outros autores e pesquisadores. Reuniu suas conclusões no livro *De Magnete*, um dos primeiros clássicos da literatura científica.

Foi Gilbert quem criou o termo *eletricidade* quando descobriu outras substâncias que, como âmbar, se eletrizavam por atrito. Como âmbar, em grego, é *elektron* ele chamou essas substâncias de *elétricas*. Para a força elétrica que atraía os corpos, deu o nome de *vis electrica*. Gilbert preocupou-se também em avaliar quantitativamente essa força e para isso criou uma espécie de bússola elétrica, o *versorium*, que permitia não só detectar as substâncias elétricas como avaliar o seu “poder de atração”. Com esse instrumento estabeleceu uma lista de “substâncias elétricas”: lacre, arsênico, enxofre, diamante, safira e opala. Mas o maior destaque da sua obra, como o próprio título indica, foram as contribuições ao estudo do magnetismo, que abordaremos mais adiante.



## AS EXPLICAÇÕES DA ELETRICIDADE

É bem provável que não tenham sido os gregos os primeiros a descobrir os fenômenos elétricos, mas parece certo que foram deles as primeiras explicações. A mais conhecida se deve a Tales de Mileto, matemático e filósofo grego que viveu no século VI a.C. Para ele, as substâncias que se eletrizavam por atrito tinham “alma” e podiam atrair pedaços de matéria inanimada, aspirando-os — a eletricidade do âmbar atritado se devia a uma coisa chamada *humor*, espécie de líquido gorduroso que o âmbar secretava. A palha seca tinha sede desse humor, por isso os pedacinhos de palha eram atraídos pelo âmbar.

Só a partir de Gilbert começaram a surgir observações mais cuidadosas e explicações menos animistas da eletricidade. Em 1730, o físico inglês Stephen Gray (1666-1736) descobriu que era possível eletrizar um corpo por contato com outro corpo já eletrizado. Descobriu ainda que isso podia ser feito a distância, através de fios de material adequado, e que alguns materiais conduzem bem a eletricidade — são condutores — e outros não — são isolantes. Essas observações consolidavam a idéia de que a eletricidade seria um fluido (explicação semelhante à da natureza do calor), algo que estivesse contido em alguns corpos e que podia ser canalizado ou conduzido de um corpo para outro.

Em 1733 o químico francês Charles Dufay (1698-1739) propôs a existência de duas espécies de eletricidade. Uma delas era do tipo de carga elétrica adquirida pelo vidro atritado com seda, chamada *vítrea*, a outra era a carga elétrica adquirida por materiais resinosos, como o âmbar, atritados com lã, chamados *resinoso*. Os corpos teriam, normalmente, quantidades iguais desse fluido, por isso eram eletricamente neutros. Quando eletrizados, havia transferência de fluido de um a outro e essas quantidades deixariam de ser iguais. A eletricidade resultante contida num corpo corresponderia à do fluido que ele contivesse em excesso.

Por volta de 1750, o físico e político americano Benjamin Franklin (1706-1790), propôs a teoria do *fluido único*. Segundo essa teoria, todo corpo teria uma quantidade “normal” desse fluido. Por isso, todo corpo é eletricamente neutro. Se um corpo fosse atritado com outro, parte desse fluido passava de um para o outro: o que adquirisse excesso de fluido estaria carregado *positivamente* e o que ficasse com falta estaria carregado *negativamente*. Franklin foi o primeiro a usar as palavras positivo e negativo na eletricidade. Ele não conhecia os termos *vítreo* e *resinoso* criados por Dufay.

Na prática, os corpos eletrizados positivamente correspondiam aos corpos que adquiriam eletricidade vítrea, na teoria dos dois fluidos, e os corpos eletrizados negativamente eram os que adquiriam a eletricidade resinosa. Em outras palavras, positivo era sinônimo de vítreo e negativo sinônimo de resinoso. Os termos *positivo* e *negativo*, no entanto, acabaram por prevalecer. Essa escolha ou preferência por sinais matemáticos para dar nome às cargas elétricas, inicialmente relacionada a saldo ou déficit de eletricidade num corpo, indica também a preocupação dos físicos daquela época em descrever matematicamente os fenômenos elétricos.

## A EXPLICAÇÃO ATUAL DA ELETRICIDADE

Até o século XIX predominavam os fluidos nas explicações da física. Havia o fluido calórico, o fluido elétrico, o fluido magnético e um fluido “miraculoso” que permeava todo o universo — o éter. A idéia de átomo, ou de partículas isoladas que se agrupam para formar a matéria, embora muito antiga, sempre sofreu forte rejeição, porque entre os átomos deveria existir o *vazio*. Ainda hoje, é muito difícil aceitar que substâncias sólidas, rígidas, sejam constituídas em sua maior parte de grandes vazios.

A primeira comprovação de que esses grandes vazios de fato existem surgiu das experiências lideradas pelo físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), realizadas entre 1909 e 1911. Bombardeando uma fina lâmina de ouro com partículas alfa, oriundas de uma fonte radioativa, sua equipe chegou à surpreendente conclusão de que a grande maioria dessas partículas atravessava a lâmina sem encontrar nenhum obstáculo. Porém, algumas delas, cerca de uma em cada 8.000, eram desviadas de forma intensíssima, sugerindo que a matéria estava concentrada em pequenos núcleos localizados no meio desses grandes espaços vazios.

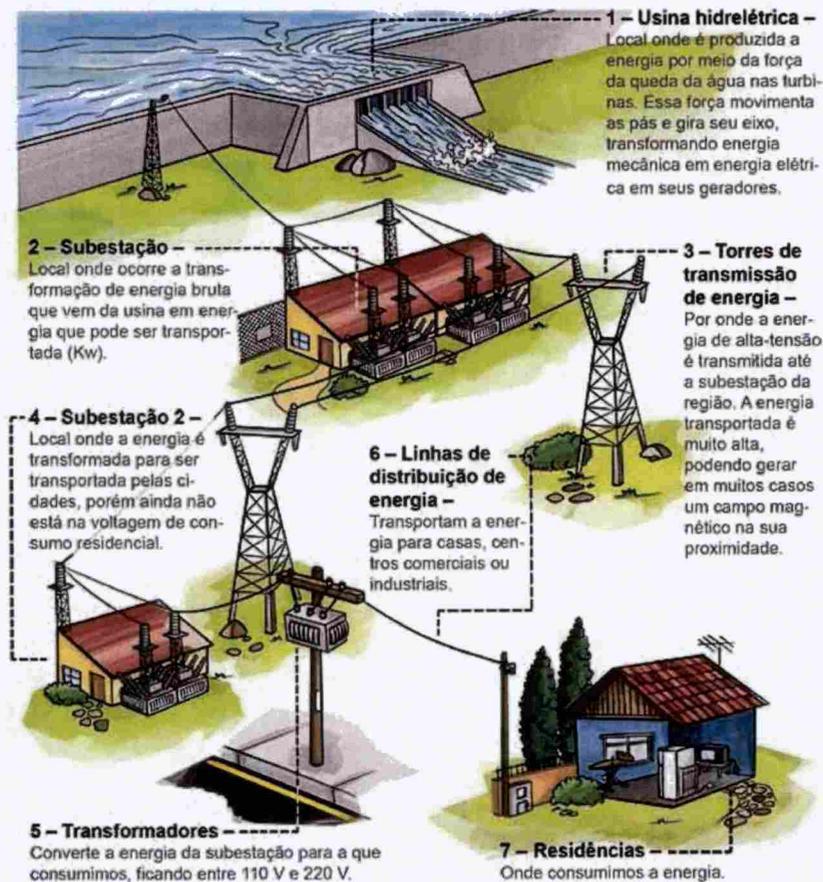
Antes de Rutherford, seu professor de Cambridge, o físico inglês J. J. Thomson (1856-1940) havia descoberto que os raios catódicos — algo que dava origem a uma luminosidade em tubos com ar rarefeito devido aos filamentos aquecidos de diferentes materiais neles contidos — eram, na verdade, feixes de partículas eletricamente negativas, os elétrons. Essas descobertas experimentais, entre outras, não só consolidaram a ideia do átomo como permitiram ainda uma explicação mais consistente da eletricidade, considerada como propriedade de algumas partículas elementares que se denominou *carga elétrica*. Essa explicação, no entanto, foi se tornando muito complicada à medida que foram sendo detectadas inúmeras partículas elementares.



Em 1964, os físicos Murray Gell-Mann (1929-) e George Zweig (1937-) postularam a existência de novas partículas elementares, os *quarks* — seis pares de partículas, cuja existência já foi detectada experimentalmente. Os quarks têm cargas elétricas positivas ou negativas, com valores iguais a  $1/3$  ou  $2/3$  da carga elétrica e do elétron. Dessa forma, foi possível simplificar a teoria atômica tornando-a mais aceitável, pois a maioria das partículas consideradas elementares são, na verdade, formadas de quarks.

Ainda se admite que o átomo tenha um núcleo onde existam prótons e nêutrons e, ao redor, os elétrons. Os elétrons continuam a ser particulares elementares, mas os prótons e nêutrons não — são compostos de quarks. O próton, por exemplo, é composto de dois *quarks up* e *quark down* (*up* e *down* são dois dos seis pares de tipos de quarks), enquanto o nêutron é composto de dois *quarks down* e um *quark up*.

Embora as cargas elétricas dos quarks sejam frações da carga do elétron, a carga elétrica elementar continua sendo a carga do elétron. Isso porque os quarks nunca aparecem isoladamente, mas sempre em grupos de dois ou três, compondo outras partículas cuja carga elétrica é nula ou igual à carga do elétron.





# Aula 14

## Eletrostática - Introdução

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.9 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura 3 – P.29
Fazer as questões 2 e 9

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.13 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 e 14

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.15 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.27 e Leitura 2 – P.28
Fazer as questões 4, 8, 13, 17, 20 e 21

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.18 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 4 se necessário
Fazer as questões 1, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 25 e 43

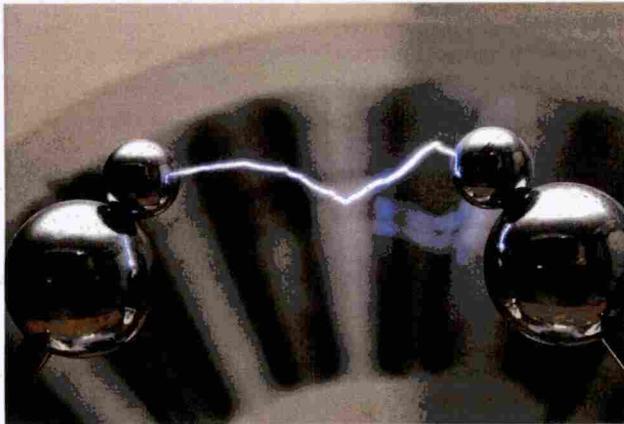
### PARTE 5

Estudar a Parte 5 – P.22 (teoria e anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 5 se necessário
Analisar os Desafios – P.24
Fazer as questões 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44 e 45

A trilha de aprendizagem acima indica ao aluno o caminho do seu estudo nessa aula. Rever a aula e as anotações inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula, bem como vídeos indicados, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas após esses passos orientamos você a partir para as questões pós-aula.



A **eletrostática** é a parte da Física responsável pelo estudo das cargas elétricas em repouso.



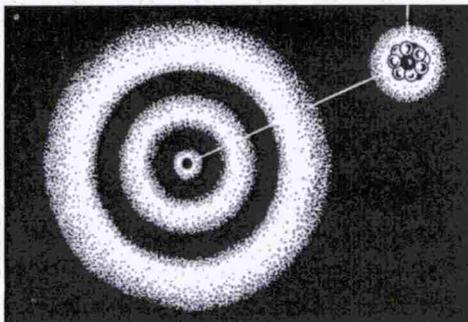
## Matéria - Átomo

No período que separa os primeiros estudos sobre a eletricidade e aqueles mais rigorosos a respeito dos fenômenos elétricos, a partir do método científico, passaram-se muitos séculos. Atualmente a eletricidade é estudada a partir da teoria atômica.

De acordo com essa teoria, **toda matéria é constituída de conjuntos de moléculas que caracterizam as substâncias. As moléculas, por sua vez, são constituídas de átomos que caracterizam os elementos da natureza.**

O físico Niels Bohr criou um modelo através do qual podemos compreender a constituição da matéria. De acordo com esse modelo, a matéria é composta de átomos e cada átomo é constituído por três tipos fundamentais de partículas: **os prótons, os elétrons e os nêutrons.**

Os átomos são constituídos por um núcleo denso, positivamente carregado, envolvido por uma nuvem de elétrons (veja a figura). O raio do núcleo varia desde  $1 \times 10^{-15}$  m para o hidrogênio até cerca de  $7 \times 10^{-15}$  m para os átomos mais pesados. O diâmetro externo da nuvem eletrônica, isto é, o diâmetro do próprio átomo, está compreendido no intervalo de 1 a  $3 \times 10^{-10}$  m, cerca de 105 vezes maior, portanto, que o diâmetro nuclear.



Partícula	Carga Elétrica Real (coulomb)	Massa Real
Próton	$+ 1,60210 \times 10^{-19}$	$1,67252 \times 10^{-24}$
Neutron	zero	$1,67483 \times 10^{-24}$
Elétron	$- 1,60210 \times 10^{-19}$	$9,10910 \times 10^{-28}$



Verificou-se experimentalmente que os prótons e os elétrons apresentam comportamento elétrico. Verificou-se ainda que o comportamento elétrico dos prótons é contrário ao comportamento elétrico dos elétrons.

Diante disso, convencionou-se dizer que os prótons apresentam comportamento elétrico positivo ou possuem carga elétrica positiva e que os elétrons apresentam comportamento elétrico negativo ou possuem carga elétrica negativa. Os prótons e os nêutrons estão presos ao núcleo do átomo. Ambos têm a mesma massa, sendo muito mais pesados que os elétrons (o elétron é mais leve por um fator da ordem de 1840).

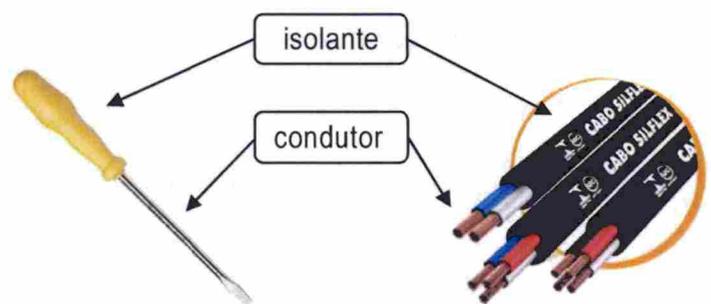
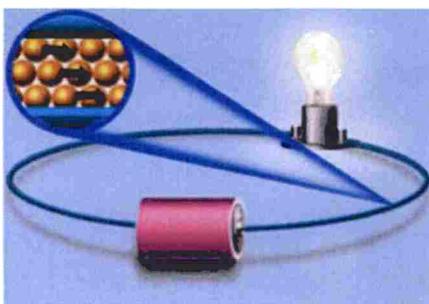
**Existem elétrons que por serem mais afastados do núcleo atômico, são fracamente atraídos por ele e podem se movimentar livremente pelo material. Esses são denominados elétrons livres. Nos metais existe, em média, um elétron livre por átomo.**

## Classificação de substâncias quanto à condutibilidade elétrica

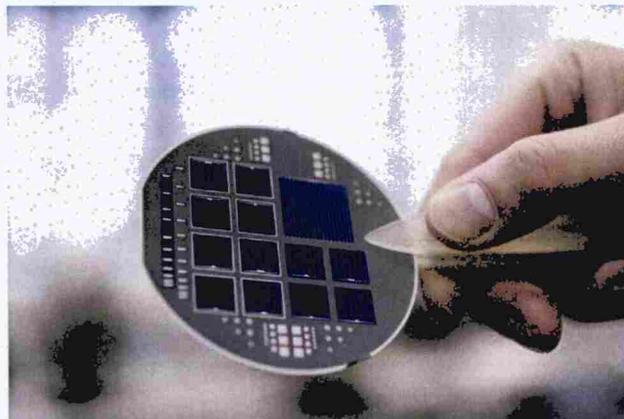
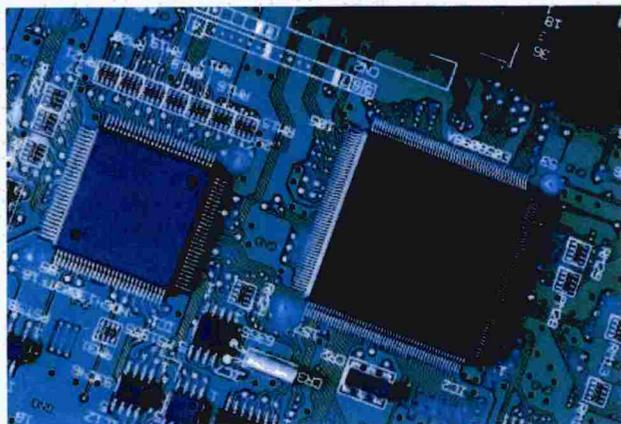
Segurando-se uma haste metálica e atritando-a com pêlo animal, não se observará o aparecimento de cargas elétricas. É possível, no entanto, carregá-la, se a segurarmos por um cabo de vidro ou ebonite e se tivermos o cuidado de não tocar o metal enquanto o estivermos esfregando. A explicação é que os metais, como também o corpo humano e a terra, são **condutores** de eletricidade, enquanto que o vidro, a ebonite, os plásticos etc.. são **isolantes** (também chamados **dielétricos**).

Nos **condutores**, as cargas elétricas podem mover-se livremente através do material, ao contrário do que ocorre nos **isolantes**. Ainda que não haja isolante perfeito, a capacidade isolante do quartzo fundido é 1025 vezes superior à do cobre, de forma que para muitas aplicações práticas, podemos considerar alguns materiais comportando-se como isolantes perfeitos.

Uma experiência bastante delicada, conhecida como efeito Hall mostra que, nos metais, somente as cargas negativas são capazes de se mover. As cargas positivas são tão imóveis como no vidro ou qualquer outro dielétrico. Os verdadeiros portadores da carga nos metais são os **elétrons livres**. Quando os átomos isolados se combinam para formar um sólido metálico, os elétrons mais afastados do centro dos átomos não mais permanecem ligados a cada átomo, mas adquirem a liberdade de se mover através de todo volume do sólido. Em alguns condutores, como os eletrólitos, tanto as cargas positivas como as negativas possuem liberdade de movimento.

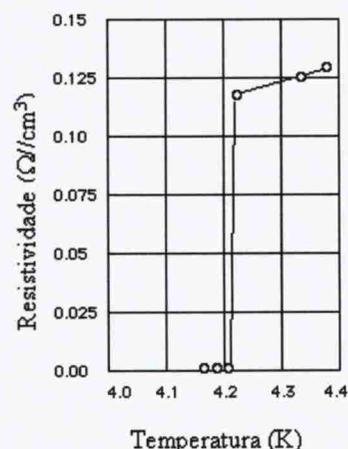
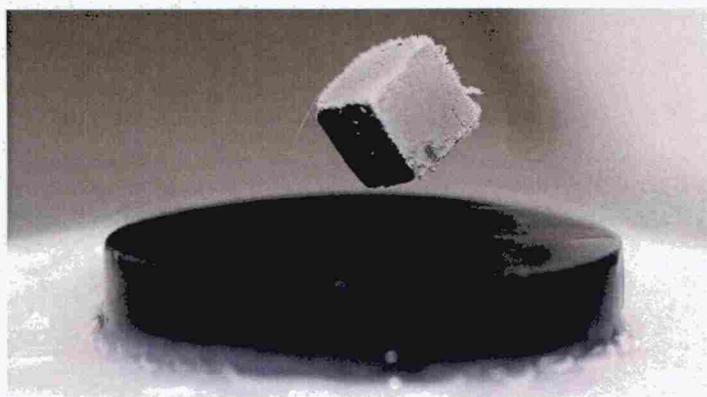


Entre os condutores e os isolantes existe uma categoria intermediária, do ponto de vista da capacidade de conduzir eletricidade, à qual pertencem os chamados **semicondutores**, entre os quais o silício e o germânio são exemplos bem conhecidos. Os semicondutores têm muitas aplicações práticas no cotidiano de todos nós. Apesar de não estarem expostos, os semicondutores são o coração, o cérebro e a alma de basicamente todos os aparelhos eletroeletrônicos presentes no cotidiano. Os *transistores*, unidades básicas de processamento de dados dos computadores; *diodos*; *células fotovoltaicas*; *chips*; e inúmeros outros dispositivos, sem os quais seria inviável a existência de aparelhos eletrônicos, são obtidos a partir de semicondutores. O funcionamento dos semicondutores não pode ser explicado de forma inteligível sem uma compreensão básica dos princípios da Física Quântica.



**Supercondutores** são materiais que não oferecem resistência à passagem de corrente elétrica. Compostos que observam essa propriedade podem ser usados, por exemplo, na criação de campos magnéticos intensos e no desenvolvimento de novos computadores, diversos dispositivos eletrônicos ou ainda linhas de transporte de energia que minimizem as perdas durante o trajeto. A supercondutividade só se verifica abaixo de uma determinada temperatura para cada tipo de material, chamada temperatura crítica. Quanto maior for ela para um composto, maior será seu potencial para aplicações práticas. Existem hoje cerâmicas supercondutoras com temperatura crítica de 132K (-141°C).

O **efeito de Meissner** é a expulsão de um campo magnético de um supercondutor. O experimento demonstrou pela primeira vez que os supercondutores eram mais que condutores perfeito e forneceu uma definição unificada das propriedades do estado de supercondutividade.



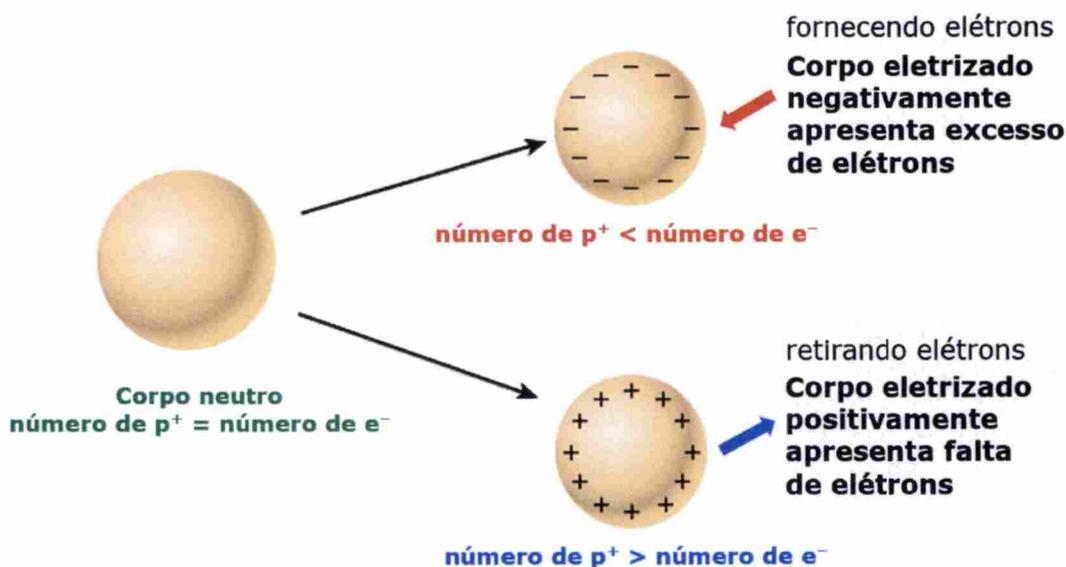
Resistência em ohms de um espécime de mercúrio em função da temperatura absoluta. Este gráfico marcou a descoberta da supercondutividade.





## Estado elétrico de um corpo

Estado elétrico do corpo	Situação	Relação entre número de prótons "p" e número de elétrons "e"
NEUTRO	Igualdade no número de prótons e de elétrons.	$p = e$
CARREGADO POSITIVAMENTE	Possui mais prótons do que elétrons. <b>Tem falta de elétrons.</b>	$p > e$
CARREGADO NEGATIVAMENTE	Possui mais elétrons do que prótons. <b>Tem elétrons em excesso.</b>	$p < e$



## Quantidade de carga elétrica ( Q )

Todo e qualquer corpo eletricamente carregado possui uma determinada **quantidade de carga elétrica Q**, determinada pelo produto de **n** (número de elétrons em falta, no caso de um corpo carregado positivamente, ou em excesso, no caso de um corpo carregado negativamente) e de **e** (carga elétrica elementar, ou seja, a quantidade de carga elétrica de cada um elétron ou próton).

$$Q = n \cdot e$$

$$(e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

Unidades : [ S. I. ] coulomb (C)

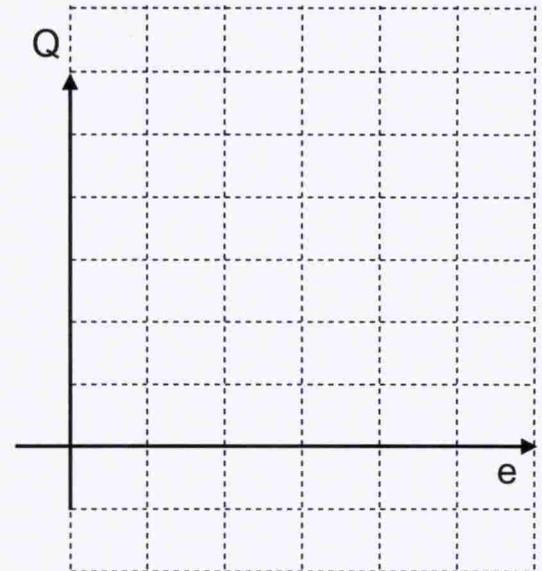
[ outras ] milicoulomb (mC) (1 mC =  $1 \times 10^{-3}$  C)

microcoulomb ( $\mu\text{C}$ ) (1  $\mu\text{C}$  =  $1 \times 10^{-6}$  C)



**OBSERVAÇÃO:** A quantidade de carga é uma grandeza quantizada, isto é, só pode existir como múltiplo de um valor mínimo (carga elementar).

$$\begin{aligned}
 n = 0 &\rightarrow Q = n \cdot e = 0 \cdot e = 0 \\
 n = 1 &\rightarrow Q = n \cdot e = 1 \cdot e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} \\
 n = 2 &\rightarrow Q = n \cdot e = 2 \cdot e = 3,2 \times 10^{-19} \text{ C} \\
 n = 3 &\rightarrow Q = n \cdot e = 3 \cdot e = 4,8 \times 10^{-19} \text{ C} \\
 n = 4 &\rightarrow Q = n \cdot e = 4 \cdot e = 6,4 \times 10^{-19} \text{ C}, \dots
 \end{aligned}$$

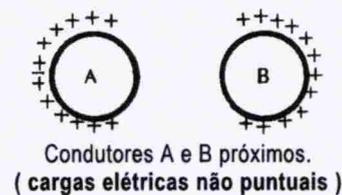
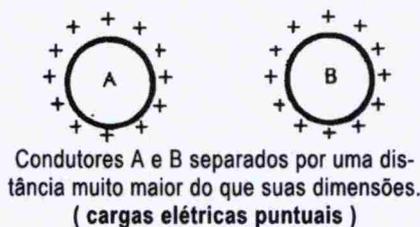


## Parte 2

## Estado Elétrico

### Interação eletrostática entre cargas elétricas pontuais

**Carga elétrica puntiforme** - Aproximando-se dois condutores eletrizados, ocorre entre eles indução eletrostática. Consequentemente, alteram-se as distribuições de cargas nos mesmos. Se os corpos apresentarem dimensões reduzidas em relação à distância que os separa, não se considera a indução eletrostática e a consequente alteração na distribuição de cargas. Define-se, então, carga elétrica puntiforme (carga pontual) como sendo o corpo eletrizado cujas dimensões são desprezíveis em relação às distâncias que o separam de outros corpos eletrizados.



<p>Cargas elétricas pontuais com mesmos sinais</p>		<p><b>REPULSÃO</b></p>
<p>Cargas elétricas pontuais com sinais opostos</p>		<p><b>ATRAÇÃO</b></p>



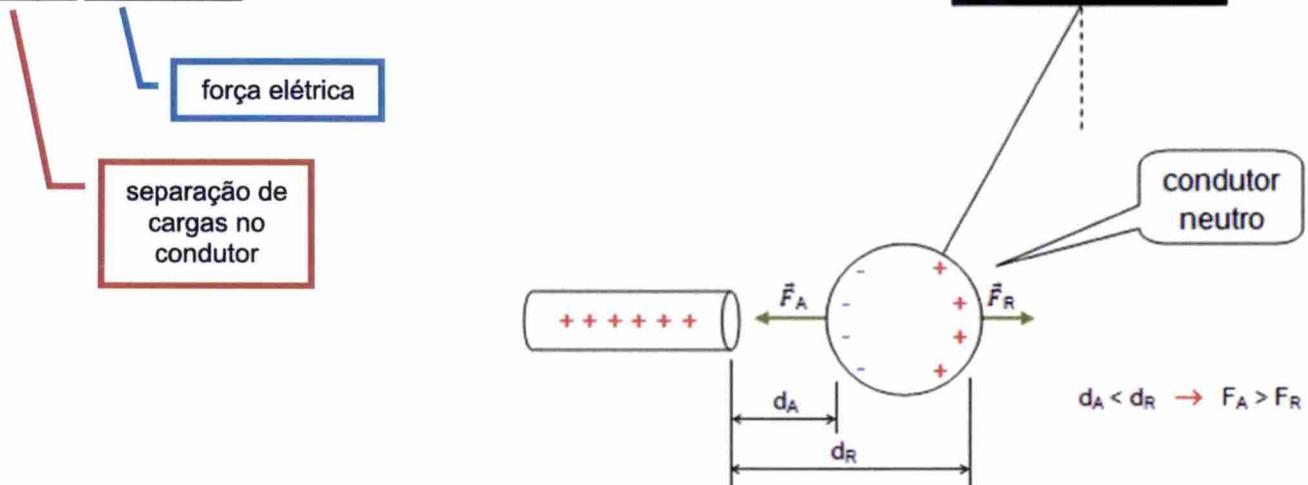
## Interação eletrostática entre cargas elétricas não pontuais

<b>Situação 1</b>	Dois corpos eletricamente neutros aproximados.		<b>EQUILÍBRIO</b>
<b>Situação 2</b>	Corpos carregados com cargas de sinais contrários <b>ou</b> um corpo carregado e um neutro aproximados.		<b>ATRAÇÃO</b>
<b>Situação 3</b>	Corpos necessariamente carregados com cargas de mesmo sinal aproximados.		<b>REPULSÃO</b>

**CUIDADO !** : um corpo neutro e um carregado nunca repelem-se.

## Interação eletrostática entre um corpo carregado e um corpo neutro

**Indução eletrostática** de um condutor



## Polarização de um isolante

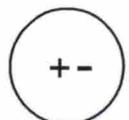
### Molécula Polar

O centro das cargas positivas não coincide com o centro das cargas negativas havendo, portanto, uma assimetria na distribuição de cargas na molécula. EX.: água.



### Molécula Apolar

Possuem cargas elétricas distribuídas simetricamente.





A polarização de um dielétrico consiste na aproximação de um corpo eletrizado, de tal forma que a carga deste corpo atue sobre as moléculas do isolante (polares) fazendo com que elas se orientem (corpo polarizado). O efeito final da polarização é fazer aparecer, na extremidade A, uma carga negativa e, na extremidade B, uma carga positiva. Se o dielétrico AB fosse constituído por moléculas apolares, o mesmo efeito final seria observado pois, com a aproximação do corpo eletrizado, as moléculas se tornariam polares e conseqüentemente sofreriam alinhamento.



O isolante polarizado tem um comportamento elétrico **equivalente** ao de um condutor induzido, ou seja, ambos podem ser atraídos pelo corpo carregado.

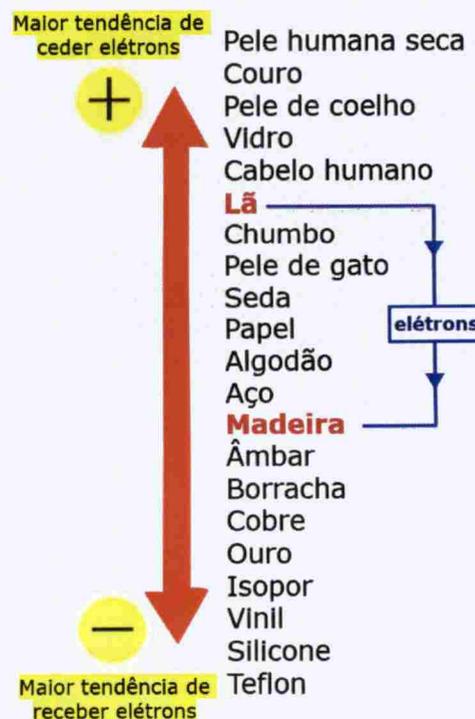
## Parte 3

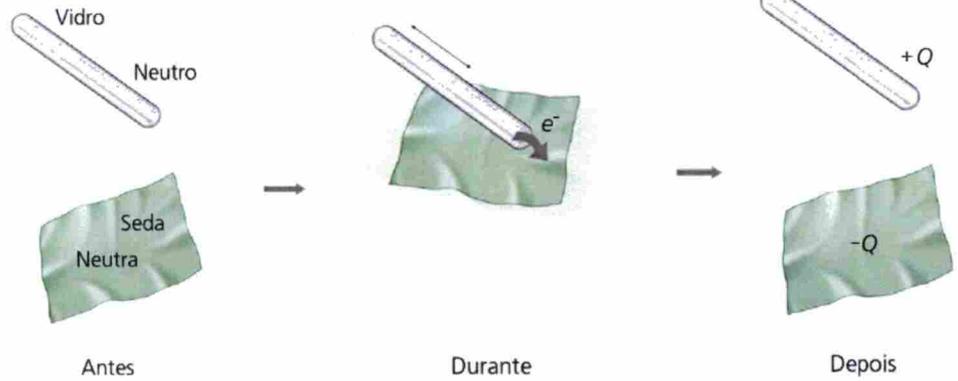
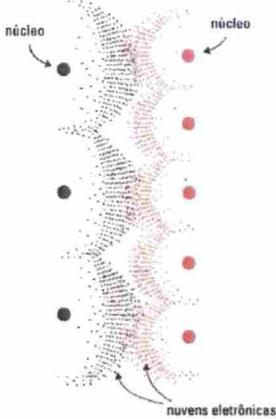
## Processos de Eletrização I

### Processos de eletrização

Processos utilizados para **retirar do estado neutro** um ou mais corpos.

• **ELETRIZAÇÃO POR ATRITO** : O atrito entre os corpos é uma maneira de fazer com que eles se aproximem bastante para que os átomos de um possam interagir com os átomos do outro. Perderá elétrons o átomo que exercer menor força sobre eles. Assim, um mesmo corpo poderá se eletrizar positivamente ou negativamente, dependendo do corpo com o qual for atritado. Por exemplo, a seda, que atritada com vidro adquire carga negativa (porque retira elétrons do vidro), quando atritada com borracha adquire carga positiva (perde elétrons para a borracha). Como curiosidade apresentamos, na tabela ao lado, algumas substâncias, ordenadas de tal modo que qualquer uma delas adquire carga positiva quando atritada com as substâncias que a seguem e adquire carga negativa quando atritada com as que a precedem.





<b>Situação inicial</b>	Dois corpos de <b>diferentes naturezas</b> inicialmente neutros.
<b>Processo</b>	<b>Transferência de elétrons</b> durante a fricção.
<b>Situação final</b>	Corpos eletrizados com cargas de sinais opostos e mesmo valor (ocorre <b>conservação da carga elétrica</b> ). $\Sigma Q_{\text{ANTES}} = \Sigma Q_{\text{DEPOIS}}$
<b>Observação</b>	Corpos de <b>mesma natureza</b> não se eletrizam por atrito.

• **ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO :**

**Aterramento :** O "terra" é um conector que possui valor igual a zero Volt absoluto. Dessa forma, ele é o responsável por eliminar toda carga eletrostática acumulada nos componentes de um circuito, descarregando-a para a terra (é daí que surgiu seu nome) e protegendo os usuários de um possível choque elétrico.



**Atenção :** Um corpo condutor eletrizado, ao ser ligado à Terra por meio de um condutor, perde sua carga, tornando-se neutro.

(a)

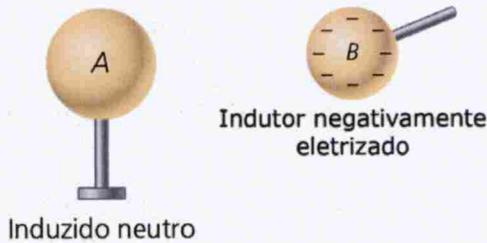
(b)



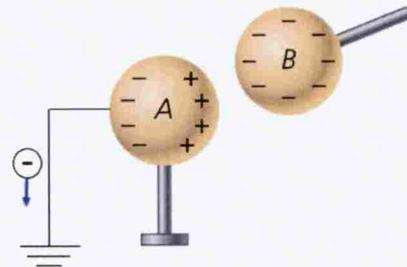
## O processo de eletrização por indução

<b>Situação inicial</b>	Um corpo inicialmente neutro (induzido) e outro eletricamente carregado (indutor).
<b>Processo</b>	O indutor provoca separação de cargas no induzido que troca cargas com a Terra ou outro condutor.
<b>Situação final</b>	Induzido eletrizado com carga de sinal oposto a do indutor e de valor inferior ou igual.
<b>Observação</b>	O indutor não altera sua carga durante o processo.

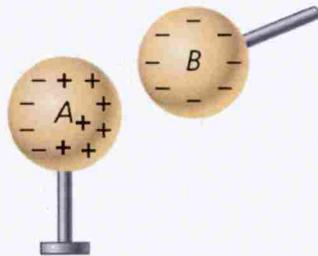
1º) Aproxima-se o indutor carregado B do induzido neutro A.



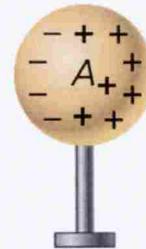
2º) Liga-se o induzido A à Terra, ocorrendo fluxo de elétrons pelo fio condutor.



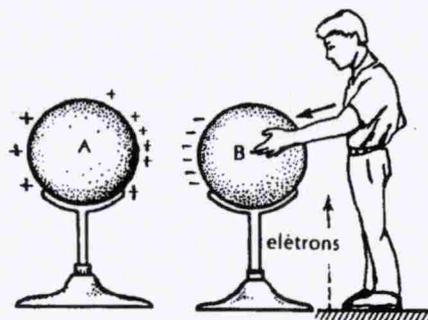
3º) Desfaz-se a ligação, mantendo-se o indutor B em sua posição.



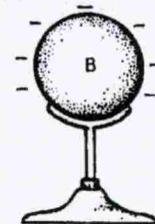
4º) Afasta-se o indutor B do induzido A, já eletrizado.



**Observação:** O corpo humano é um condutor elétrico. Na figura, os elétrons chegam ao corpo B, provenientes da Terra, através do corpo da pessoa.



Elétrons livres sobem da Terra para o condutor B.



O induzido B fica eletrizado com carga de sinal contrário à do indutor.



## MODELAGEM

UFRGS

Uma carga negativa  $Q$  é aproximada de uma esfera condutora isolada eletricamente neutra. A esfera é, então, aterrada com fio condutor.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas no enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Se a carga  $Q$  for afastada para bem longe enquanto a esfera está aterrada, e, a seguir, for desfeito o aterramento, a esfera ficará \_\_\_\_\_.

Por outro lado, se primeiramente o aterramento for desfeito e, depois, a carga  $Q$  for afastada, a esfera ficará \_\_\_\_\_.

- A) eletricamente neutra – positivamente carregada
- A) eletricamente neutra – negativamente carregada
- C) positivamente carregada - eletricamente neutra
- D) positivamente carregada - negativamente carregada
- E) negativamente carregada - positivamente carregada

A questão ilustra tudo aquilo destacado em aula como principais cuidados: o  **corte da “ponte”** e o **afastamento do indutor**.

Na primeira lacuna, a aproximação da esfera produz um movimento de descida de elétrons pelo fio condutor para a terra. Nesse momento, a esfera está positivamente carregada. Porém, com o afastamento da carga negativa com o fio ainda ligado, os elétrons que descenderam pelo fio tornam a subir e a esfera segue neutra.

Na segunda lacuna, com o corte do fio enquanto a carga negativa permanece próxima da esfera, as cargas que descenderam pelo fio não tornam a subir e a esfera fica com elétrons em falta, portanto, positivamente carregada.

**Resposta: A**

### ▪ Parte 4

### Processos de Eletrização II

• **ELETRIZAÇÃO POR CONTATO** : Quando colocamos em contato um condutor eletricamente carregado e outro neutro, se estabelece um fluxo de elétrons de um para outro. Esse fluxo cessa quando os corpos atingem um determinado estado, denominado equilíbrio eletrostático (**igualdade de potenciais elétricos**). Não se pode afirmar que os dois corpos passam a ter cargas elétricas de mesmo valor, porém, uma vez atingido o **equilíbrio eletrostático**, **não há mais fluxo de elétrons** e podemos afirmar que **as cargas de ambos são de mesmo sinal**.

#### Potencial elétrico ( V )

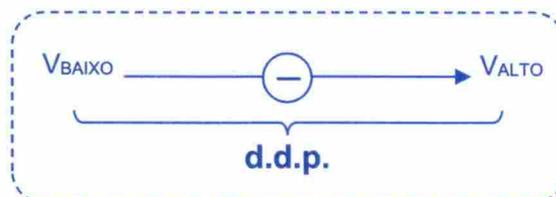
Unidade : volt = joule / coulomb

Potencial elétrico de uma esfera :

$$\pm V = k \frac{\pm Q}{R}$$



Lembre-se !!!!





## Capacitância ( C )

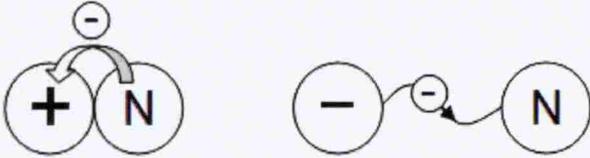
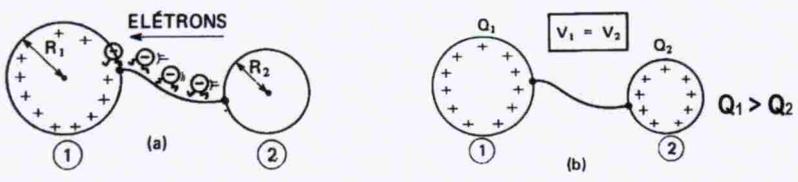
- Grandeza que mede a **capacidade que um condutor possui de armazenar cargas elétricas**.
- Constante de proporcionalidade **característica das dimensões do condutor e do meio no qual ele se encontra** (constante eletrostática).

- Para um condutor esférico têm-se :

$$C = \frac{R}{k}$$



$$Q = C \cdot V$$

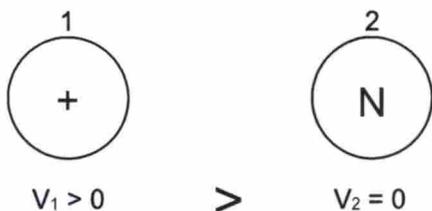
<p><b>Situação inicial</b></p>	<p>Um corpo metálico inicialmente neutro e outro, também metálico, eletricamente carregado.</p>
<p><b>Processo</b></p>	<p><b>Fluxo de elétrons durante o contato</b>, que pode ser direto ou através de um fio condutor, até que os potenciais elétricos dos condutores se iguale e deixe de existir d.d.p. entre os mesmos.</p> 
<p><b>Situação final</b></p>	<p><b>Corpos eletrizados com cargas elétricas de mesmo sinal. Ocorre conservação da carga elétrica</b>, isto é, a soma das cargas antes do contato e após o mesmo possui mesmo valor ( <math>\sum Q_n = \sum Q_n'</math> ). Devido a esse fato, para <u>corpos de mesmas dimensões</u> o valor da carga também é o mesmo após o contato, sendo determinado pela razão do somatório das cargas em contato pelo número de corpos em contato.</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math display="block">Q' = \frac{\sum Q_n}{n}</math> </div> <p>onde : <math>Q_n</math> - cargas em contato n - número de cargas em contato</p>
<p><b>Observação</b></p>	<p>Para corpos de diferentes dimensões, a carga após o contato é maior para o corpo de maior volume.</p> 





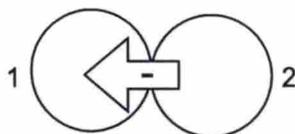
EXEMPLOS :

1

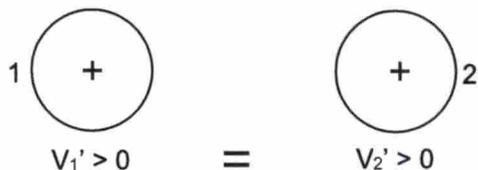


Como  $\pm V = k \frac{\pm Q}{R}$ , temos o potencial de 1 positivo e o de 2 nulo, portanto  $V_1 > V_2$ .

Observe que como  $C = \frac{R}{k}$ , temos  $C_1 = C_2$ .



O fluxo de elétrons ocorre da esfera de menor potencial para a esfera de maior potencial, portanto de 2 para 1. Esse fluxo cessa com a igualdade dos potenciais



Após cessado o fluxo de elétrons temos  $V_1' = V_2'$ . Isso torna obrigatório que os corpos estejam eletrizados com cargas de mesmo sinal.

$$V_1' = V_2' \rightarrow k \frac{Q_1'}{R_1} = k \frac{Q_2'}{R_2} \quad \text{Como } R_1 = R_2, \text{ temos } Q_1' = Q_2'$$

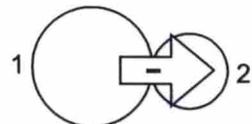
**Q = C . V**  
 $C_1 = C_2$  e  $V_1 = V_2$   
 nos leva a  $Q_1' = Q_2'$

2

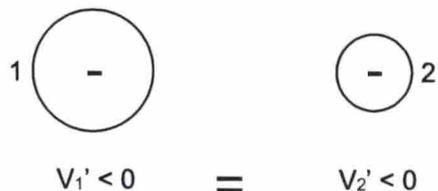


Como  $\pm V = k \frac{\pm Q}{R}$ , temos o potencial de 1 negativo e o de 2 nulo, portanto  $V_1 < V_2$ .

Observe que como  $C = \frac{R}{k}$ , temos  $C_1 > C_2$ .



O fluxo de elétrons ocorre da esfera de menor potencial para a esfera de maior potencial, portanto de 1 para 2. Esse fluxo cessa quando os potenciais se igualam.



Após cessado o fluxo de elétrons temos  $V_1' = V_2'$ . Isso torna obrigatório que os corpos estejam eletrizados com cargas de mesmo sinal.

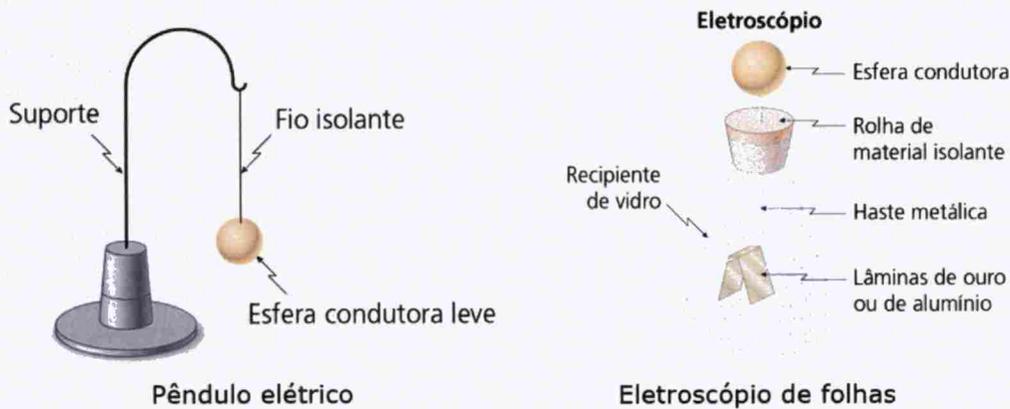
$$V_1' = V_2' \rightarrow k \frac{Q_1'}{R_1} = k \frac{Q_2'}{R_2} \quad \text{Como } R_1 > R_2, \text{ temos } Q_1' > Q_2'$$

**Q = C . V**  
 $C_1 > C_2$  e  $V_1 = V_2$  nos  
 leva a  $Q_1' > Q_2'$

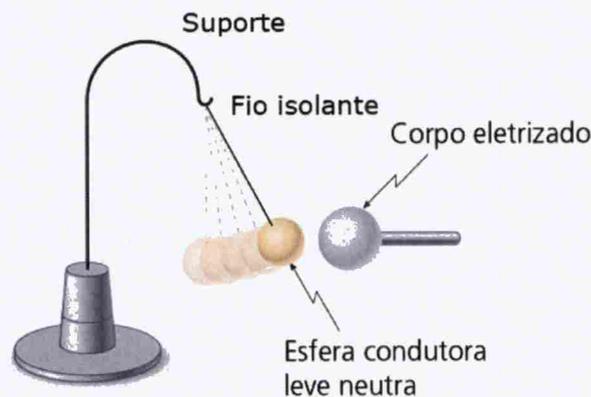


## Eletroscópio

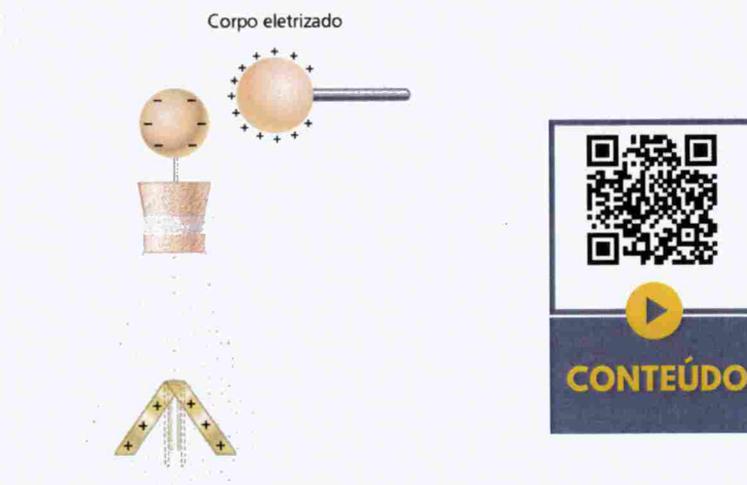
Um eletroscópio é um aparelho que permite visualizar os fenômenos eletrostáticos.



**Eletroscópio simples** – é o pêndulo elétrico, constituído por uma esfera de material leve (isopor ou cortiça) recoberta por uma camada delgada metálica e suspensa por um fio isolante (seda ou náilon) a uma haste suporte.



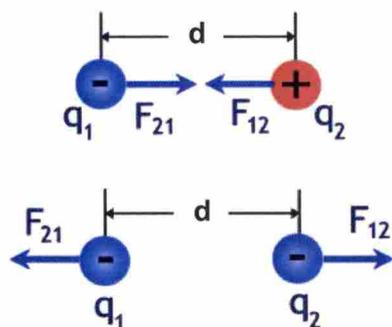
**Eletroscópio de folhas** – consiste essencialmente de uma haste condutora tendo, em sua extremidade superior uma esfera metálica e na extremidade inferior duas folhas metálicas leves, sustentadas de modo que possam se abrir e se fechar livremente.





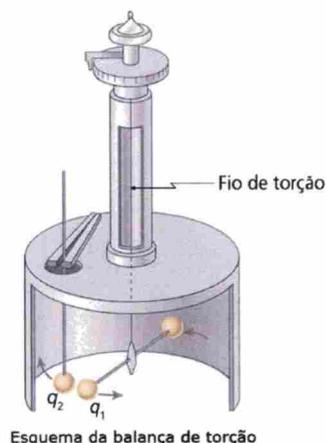
## Lei de Coulomb - Força elétrica entre cargas pontuais

Quando duas cargas elétricas pontuais,  $Q_1$  e  $Q_2$ , estão separadas por uma distância  $d$ , ocorre entre estas uma interação. Como resultado,  $Q_1$  exerce uma força elétrica sobre  $Q_2$  e esta, por sua vez, também exerce uma força elétrica sobre  $Q_1$ .



Estas forças obedecem a 3ª LEI de NEWTON, isto é, constituem um par "ação e reação". São forças de mesmo módulo, mesma direção (direção da reta que une as cargas) e sentidos opostos. O módulo da força depende da **distância** entre as cargas, de **seus valores** e do **meio** onde elas se encontram. A influência desses fatores foi determinada experimentalmente pelo físico francês Charles de Coulomb, através da balança de torção, enunciando a conhecida "Lei de Coulomb":

Charles Augustin de Coulomb (14 de Junho de 1736 em Angoulême - 23 de Agosto de 1806 em Paris) foi um físico francês. Em sua homenagem, deu-se seu nome à unidade de carga elétrica, o coulomb. Engenheiro de formação, ele foi principalmente físico. Publicou 7 tratados sobre a Eletricidade e o Magnetismo, e outros sobre os fenômenos de torção, o atrito entre sólidos, etc. Experimentador genial e rigoroso, realizou uma experiência histórica com uma balança de torção para determinar a força exercida entre duas cargas elétricas (Lei de Coulomb). Durante os últimos quatro anos da sua vida, foi inspetor geral do Ensino Público e teve um papel importante no sistema educativo da época.



### LEI DE COULOMB

Duas cargas pontuais;  $Q_1$  e  $Q_2$ , separadas por uma distância  $r$ , situadas no vácuo; se atraem ou se repelem com uma força  $\vec{F}$ , cujo módulo é dado por

$$F_{1,2} = F_{2,1} = k_0 \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$$

onde  $k_0$  é uma constante, no Sistema Internacional, seu valor no vácuo é

$$k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9,0 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

Se estas cargas forem mergulhadas em um meio material, o valor da força entre elas altera-se de acordo com a tabela ao lado.

→ Quando mergulhamos as cargas em um meio o módulo da força torna-se  $n$  (constante dielétrica do meio) vezes menor. O valor de  $n$  é adimensional.

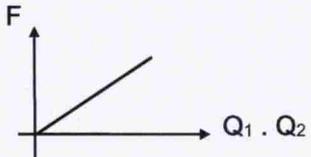
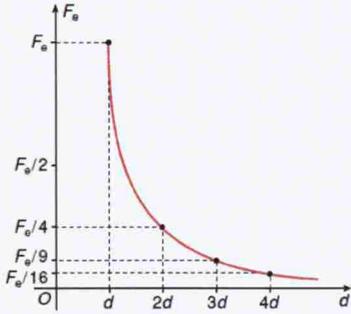
MEIO	$n$
vácuo	1,0000
ar	1,0005
benzeno	2,3
âmbar	2,7
vidro	4,5
óleo	4,6
glicerina	43
água	81

Ex :

$$k_{\text{vidro}} = \frac{k_0}{4,5} = 2 \times 10^9 \text{ unidades}$$



**Fatores que influenciam no módulo da força elétrica :**

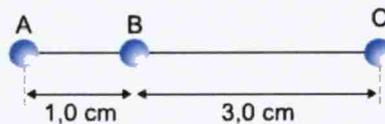
Valor das cargas $\rightarrow F \propto Q_1 \cdot Q_2$	Distância entre as cargas $\rightarrow F \propto \frac{1}{d^2}$
<p>aumenta <math>Q_1 \cdot Q_2 \Rightarrow</math> aumenta <math>F</math>  reduz <math>Q_1 \cdot Q_2 \Rightarrow</math> reduz <math>F</math></p> <p><math>Q_1</math> e <math>Q_2 \rightarrow F</math></p> <p><math>2 \cdot Q_1</math> e <math>Q_2 \rightarrow 2 \cdot F</math>      <math>Q_1 / 3</math> e <math>Q_2 \rightarrow F/3</math>  <math>3 \cdot Q_1</math> e <math>2 \cdot Q_2 \rightarrow 6 \cdot F</math>      <math>Q_1 / 4</math> e <math>3 \cdot Q_2 \rightarrow 3F/4</math></p> 	<p>aumenta <math>d \Rightarrow</math> reduz <math>F</math>  reduz <math>d \Rightarrow</math> aumenta <math>F</math></p> <p><math>d \rightarrow F</math></p> <p><math>2 \cdot d \rightarrow F/4</math>      <math>d / 3 \rightarrow 9 \cdot F</math>  <math>3 \cdot d \rightarrow F/9</math>      <math>d / 4 \rightarrow 16 \cdot F</math></p> 

**Força elétrica resultante :** Quando uma determinada carga elétrica pontual interage eletricamente com mais de uma carga, a mesma sofre a ação de uma força elétrica por cada uma das cargas que com ela interage. A força elétrica resultante é determinada, então, a partir de uma soma vetorial das forças.

$$\vec{F}_R = \sum \vec{F}_n$$

## MODELAGEM

Três objetos com cargas elétricas idênticas estão alinhados como mostra a figura. O objeto C exerce sobre B uma força elétrica de intensidade  $3,0 \times 10^{-6}$  N.



Sendo assim, a intensidade da força elétrica resultante sobre o objeto B, devido à presença dos objetos A e C, é:

- A)  $2,0 \times 10^{-6}$  N    B)  $6,0 \times 10^{-6}$  N    C)  $12 \times 10^{-6}$  N    D)  $24 \times 10^{-6}$  N    E)  $30 \times 10^{-6}$  N

Como as cargas são de mesmo valor, a força repulsiva exercida por A sobre B vale  $27 \times 10^{-6}$  N, uma vez que essa é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas.



**Resposta: D**

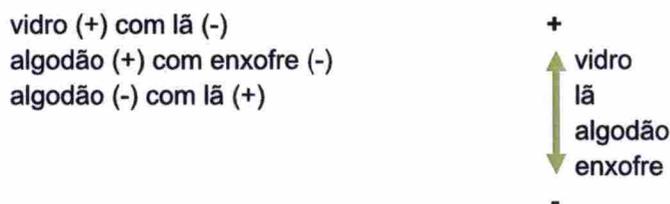


## DESAFIO

Atritando vidro com lã, o vidro se eletriza com carga positiva e a lã com carga negativa. Atritando algodão com enxofre, o algodão adquire carga positiva e o enxofre, negativa. Porém, se o algodão for atritado com lã, o algodão adquire carga negativa e a lã, positiva. Quando atritado com algodão e quando atritado com enxofre, o vidro adquire, respectivamente, carga elétrica

- A) positiva e positiva.
- B) positiva e negativa.
- C) negativa e positiva.
- D) negativa e negativa.
- E) negativa e nula.

A questão propõe a montagem de uma série triboelétrica a partir do enunciado. Vamos a esse procedimento:



**Resposta: A**

## DESAFIO

### ULBRA.

Considere três cargas elétricas,  $Q_A = 2 \mu\text{C}$ ,  $Q_B = 1 \mu\text{C}$  e  $Q_C = 4 \mu\text{C}$ , ambas estão dispostas num plano XY, nas seguintes posições A (0;30), B (0;0) e C (30;0). Determine, aproximadamente, o módulo da força elétrica resultante que age sobre a carga B. (Considere as medidas em X e Y em centímetros e que:  $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{C}$ ;  $\sqrt{5} = 2,24$ ;  $k_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ )

- A)  $2,3 \times 10^{-1} \text{ N}$
- B)  $4,5 \times 10^{-1} \text{ N}$
- C)  $2,3 \times 10^{-6} \text{ N}$
- D)  $4,5 \times 10^{-6} \text{ N}$
- E)  $6,0 \times 10^{-6} \text{ N}$

$$F_{AB} = (k \cdot Q_A \cdot Q_B) / d_{AB}^2$$

$$F_{AB} = (9 \times 10^9 \cdot 2 \times 10^{-6} \cdot 1 \times 10^{-6}) / (0,3^2)$$

$$F_{AB} = 0,2 \text{ N}$$

$$F_{BC} = (k \cdot Q_B \cdot Q_C) / d_{BC}^2$$

$$F_{BC} = (9 \times 10^9 \cdot 1 \times 10^{-6} \cdot 4 \times 10^{-6}) / (0,3^2)$$

$$F_{BC} = 0,4 \text{ N}$$

$$F_R^2 = 0,2^2 + 0,4^2$$

$$F_R^2 = 20 \times 10^{-2}$$

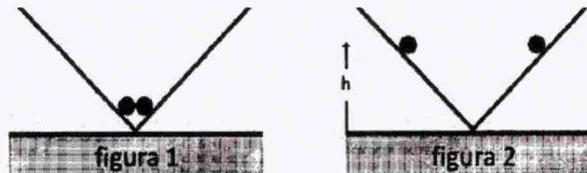
$$F_R = 4,48 \times 10^{-1} \text{ N}$$

**Resposta: B**

 DESAFIO

UFRGS 2019.

Duas pequenas esferas idênticas, contendo cargas elétricas iguais, são colocadas no vértice de um perfil quadrado de madeira, sem atrito, conforme representa a figura 1 abaixo



As esferas são liberadas e, devido à repulsão elétrica, sobem pelas paredes do perfil e ficam em equilíbrio a uma altura  $h$  em relação à base, conforme representa a figura 2.

Sendo  $P$ ,  $F_e$  e  $N$ , os módulos, respectivamente, do peso de uma esfera, da força de repulsão elétrica entre elas e da força normal entre uma esfera e a parede do perfil, a condição de equilíbrio ocorre quando

- A)  $P = F_e$ .
- B)  $P = - F_e$ .
- C)  $P - F_e = N$ .
- D)  $F_e - P = N$ .
- E)  $P + F_e = N$ .

Como as esferas estão em equilíbrio, o mais importante é sabermos que sobre cada uma das esferas temos

$$F_R = 0$$

As esferas idênticas definem mesmo peso ( $P = m \cdot g$ ) em ambas. Já a força elétrica é repulsiva (mesma carga) e de mesmo valor em ambas (ação e reação).

A resposta da questão,  $P = F_e$ , não é tão simples de ser obtida. A resultante nula é de três forças: peso, força elétrica e normal. Como a normal é sempre perpendicular a superfície da rampa, para que a resultante do peso e da força elétrica seja oposta e de mesmo valor da normal,  $P = F_e$ .

**Resposta: A**



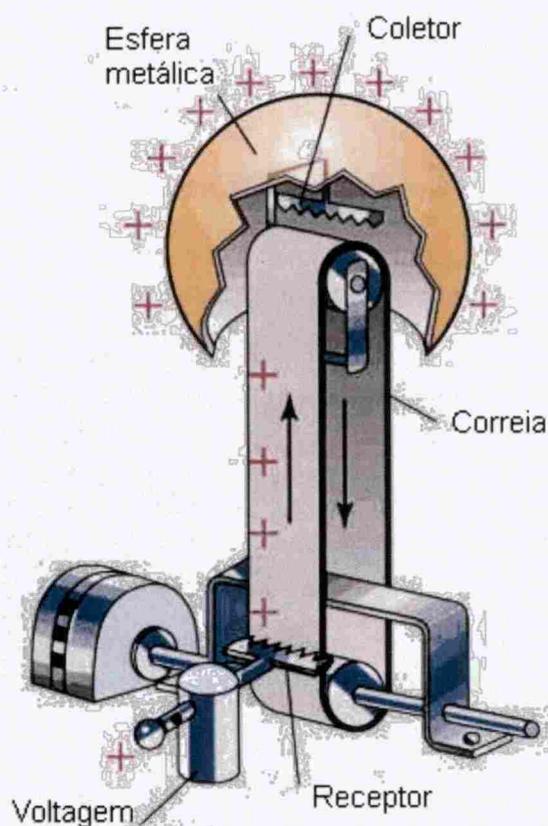
## ANOTAÇÕES

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing notes.



## LEITURA 1

## Gerador de Van de Graaff



Resultados experimentais mostram que quando um condutor carregado é colocado dentro de um condutor oco, toda a carga no condutor carregado é transferida para o oco. A princípio, a carga no condutor oco pode ser aumentada sem limites com a repetição deste processo. Em 1929 o engenheiro Robert J. Van de Graaff usou esta ideia para construir um dispositivo que acumulasse uma grande quantidade de carga.

A ideia básica é bem simples: uma correia de material isolante é colocada para girar por algum motor. Ela passa na parte inferior por algum material, usualmente fazendo com que ela se eletrize por atrito. Na parte superior ela é posta em contato com um metal que conduz estas cargas para a esfera condutora externa. Conforme o processo se repete, a esfera condutora externa vai acumulando uma grande quantidade de carga (a carga não aumenta infinitamente porque quando a carga fica muito grande ela é capaz de arrancar elétrons do ar, criando um caminho condutor para escapar).

Quando uma pessoa isolada da Terra coloca as mãos na cúpula do gerador, este costuma produzir o efeito de arrepiar os cabelos da pessoa. Isto acontece porque a pessoa se eletriza por contato e os cabelos, carregados com cargas de mesmo sinal, se repelem.



 LEITURA 2**Eletricidade Estática**

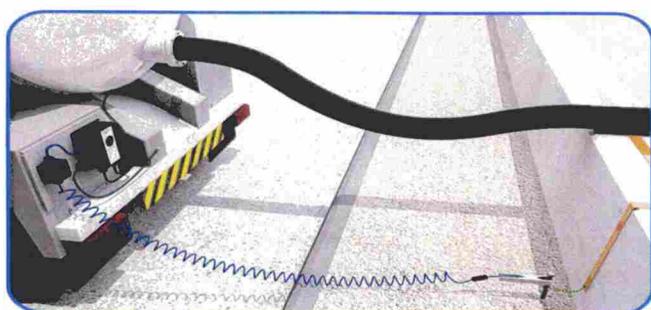
O termo “eletricidade estática” é normalmente usado no dia a dia para se referir a fenômenos envolvendo a acumulação de cargas em um material qualquer. Ela acontece, principalmente, com o processo de atrito entre materiais diferentes em locais onde a umidade do ar é muito baixa (as gotículas de água no ar tendem a “roubar” o excesso de cargas de um corpo, dificultando a sua eletrização).

Ao manusearmos um agasalho de lã sintética, por exemplo, é possível ouvir pequenos estalos que ocorrem em razão das descargas elétricas entre seus fios. No escuro é possível observar, inclusive, pequenas faíscas entre os fios que foram eletrizados – o que acontece é que o acúmulo de cargas é tão grande que algumas conseguem escapar pelo ar (já que cargas iguais se repelem, empurrando-se para longe umas das outras), e o processo de neutralização dessas cargas libera energia na forma de luz e som – como um raio em pequena escala.

Em fábricas de papel e tecelagens a ocorrência deste fenômeno é bastante comum e deve ser tratada com cautela. Nos enrolamentos de papel e de tecido ocorre atrito desses materiais com as partes metálicas das máquinas, fazendo com que surjam cargas elétricas que podem produzir faíscas quando um empregado manuseia um material metálico próximo a esses locais, por exemplo. As faíscas que surgem podem provocar incêndios. Para evitar que isso ocorra, esses locais são mantidos fechados e a umidade do ar é controlada, fazendo com que as máquinas sejam descarregadas na presença de gotículas de água, evitando dessa maneira os possíveis riscos de incêndios.

Nos aviões, caminhões de combustível e carros de fórmula 1 a eletricidade estática também se manifesta, sendo um perigo em função da grande quantidade de material inflamável. Nos caminhões que fazem o transporte de combustíveis inflamáveis, principalmente em locais secos como na região centro-oeste do país, é comum existir uma corrente de metal que se arrasta pelo chão, fazendo com que as cargas elétricas que aparecem do atrito do caminhão com o ar sejam descarregadas no solo, evitando riscos de explosões. O mesmo acontece com os aviões e os carros de fórmula 1. Quando em movimento, esses móveis se atritam com o ar acumulando um excesso de cargas, que são perigosíssimas no momento do abastecimento deles (uma vez que podem gerar faíscas). Para evitar riscos com explosões, durante o abastecimento eles são conectados à terra por fios condutores, como medida para descarregar as cargas elétricas existentes sobre suas superfícies.

Contudo, existem tecnologias que se valem da eletricidade estática, como a fotocopiadora (“máquina de xerox”). A imagem original é projetada num cilindro que é revestido de selênio. Esse cilindro, que inicialmente está eletrizado, é neutralizado nos pontos onde recebe luz (a energia carregada pela luz consegue arrancar os elétrons em excesso), permanecendo eletrizado nos locais onde as imagens são projetadas. Depois as partículas de toner são atraídas pelas regiões do cilindro que ainda estão eletrizadas. Por fim, a tinta (toner) é transferida para o papel que é colocado na copiadora e a imagem é fundida por aquecimento (motivo pelo qual as folhas saem “quentinhas” do xerox), obtendo-se uma reprodução perfeita da imagem original.

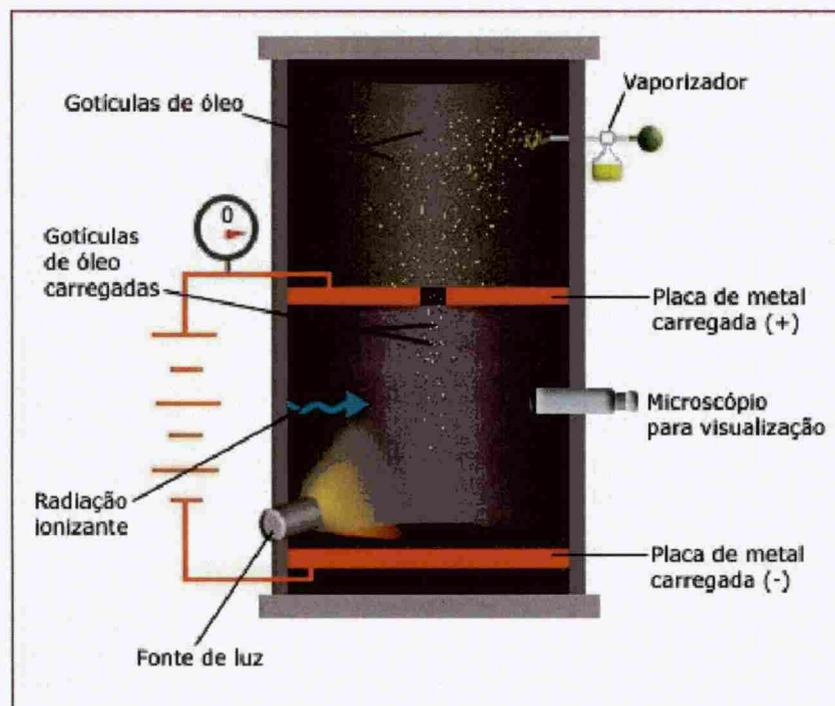




## LEITURA 3

## O experimento de Millikan

Robert Millikan realizou um conjunto brilhante de experimentos de 1909 a 1913 nos quais ele mediu  $e$ , o valor da carga elementar de um elétron, e mostrou a natureza quantizada da carga. Seu aparato, representado na figura, contém duas placas metálicas paralelas. Gotas de óleo são borrifadas por um pequeno furo na placa de cima. Millikan usou Raios-X para ionizar o ar no interior das placas, de maneira que elétrons livres aderiam às gotas de óleo, adquirindo carga negativa. Um feixe de luz horizontalmente direcionado é usado para iluminar as gotas de óleo, que eram vistas através de um telescópio – de maneira que a taxa com que caíam pudesse ser determinada.



Imagine uma gota negativa caindo. Se nenhuma carga está presente nas placas, a gota cai livremente. Agora presuma que uma bateria foi ligada às placas, de maneira que a placa de baixo fica carregada negativamente e a de cima positivamente (como veremos mais adiante, um *campo elétrico uniforme* se estabelece entre as placas), o que faz com que a força elétrica que atua na carga tenda a cancelar o seu peso. Millikan tinha um controle com que podia variar as cargas nas placas até que a força elétrica cancelasse totalmente o peso das gotas (neste momento ele saberia então que o valor da força elétrica era igual ao peso da gota). Com informações sobre o valor da força elétrica, ele podia analisar o valor das cargas envolvidas. Após a análise das medições realizadas com milhares de gotas, Millikan descobriu que todas as gotas tinham uma carga que seguia a relação

$$Q = n \cdot e \quad n = 0, -1, -2, -3, \dots$$

onde  $e = 1,6 \times 10^{-19} C$ . Os experimentos de Millikan forneceram evidência conclusiva de que a carga é quantizada. Pelo seu trabalho, ele ganhou o Prêmio Nobel de Física em 1923.



## QUESTÕES PÓS-AULA

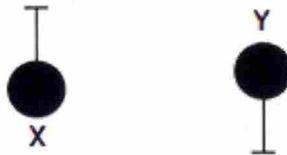
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

1. **UFRGS.** Em uma aula de Física, foram utilizadas duas esferas metálicas idênticas, X e Y: X está suspensa por um fio isolante na forma de um pêndulo e Y fixa sobre um suporte isolante, conforme representado na figura abaixo.



As esferas encontram-se inicialmente afastadas, estando X positivamente carregada e Y eletricamente neutra.

Considere a descrição, abaixo, de dois procedimentos simples para demonstrar possíveis processos de eletrização e, em seguida, assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas dos enunciados, na ordem em que aparecem.

I - A esfera Y é aproximada de X, sem que elas se toquem. Nesse caso, verifica-se experimentalmente que a esfera X é ..... pela esfera Y.

II - A esfera Y é aproximada de X, sem que elas se toquem. Enquanto mantida nessa posição, faz-se uma ligação da esfera Y com a terra, usando um fio condutor. Ainda nessa posição próxima de X, interrompe-se o contato de Y com a terra e, então, afasta-se novamente Y de X. Nesse caso, a esfera Y fica .....

- A) atraída – eletricamente neutra
- B) atraída – positivamente carregada
- C) atraída – negativamente carregada
- D) repelida – positivamente carregada
- E) repelida – negativamente carregada

2. Dizer que a carga elétrica é quantizada significa que ela:

- A) pode ser isolada em qualquer quantidade.
- B) só pode existir como múltipla de uma quantidade mínima definida.
- C) só pode ser positiva ou negativa.
- D) pode ser subdividida em frações tão pequenas quanto se queira.
- E) só pode ser isolada quando positiva.





3. **UFRGS.** Um bastão eletricamente carregado atrai uma bolinha condutora X, mas repele uma bolinha condutora Y. As bolinhas X e Y se atraem, na ausência do bastão. Sendo essas forças de atração o repulsão de origem elétrica, conclui-se que:



- A) Y está eletricamente carregada, e X está eletricamente descarregada ou eletricamente carregada com cargas de sinal contrário ao das cargas de Y.
- B) ambas as bolinhas estão eletricamente descarregadas.
- C) X e Y estão eletricamente carregadas com cargas de mesmo sinal.
- D) X está eletricamente carregada com cargas de mesmo sinal das do bastão.
- E) Y está eletricamente descarregada, e X, carregada.

4. **UFRGS.** O método da eletrização por fricção (atrito) foi a primeira maneira descoberta pelo homem para obter corpos carregados eletricamente. O que os experimentadores da época faziam era segurar em suas mãos bastões de diversos materiais e atritá-los com peles de animais. Entretanto, até cerca de 1730, corpos metálicos não podiam ser eletrizados por esse método e eram denominados "não - eletrizáveis". A explicação correta para esse fato é que



- A) nos metais, os elétrons estão fortemente ligados aos núcleos atômicos; não se pode, pois, arrancá-los por fricção.
- B) os metais e o próprio corpo humano são bons condutores de eletricidade.
- C) os metais são materiais não-porosos; portanto, a eletricidade não pode neles penetrar.
- D) os metais são capazes de desenvolver uma espécie de "blindagem eletrostática", a qual impede que a eletricidade neles penetre.
- E) nos bastões metálicos, as cargas elétricas dirigem-se para o interior; não há, pois, como detectá-las a partir da superfície do corpo.

5. **PUCRS.** Uma esfera metálica neutra é suspensa por um fio isolante. Quando um bastão feito de material isolante e positivamente carregado é posicionado perto da esfera metálica sem encostar nela, observa-se que a esfera



- A) é repelida pelo bastão, porque a esfera se torna positivamente carregada.
- B) é atraída para o bastão, porque a esfera se torna negativamente carregada.
- C) é atraída para o bastão, porque o número de prótons na esfera é menor que no bastão.
- D) é repelida pelo bastão, porque ocorre um rearranjo de prótons na esfera.
- E) é atraída para o bastão, porque ocorre um rearranjo dos elétrons na esfera, que continua neutra.



6. UFRGS. Um aluno recebe um bastão de vidro e um pedaço de seda para realizar uma demonstração de eletrização por atrito. Após esfregar a seda no bastão, o aluno constata que a parte atritada do bastão ficou carregada positivamente. Nesse caso, durante o processo de atrito, cargas elétricas



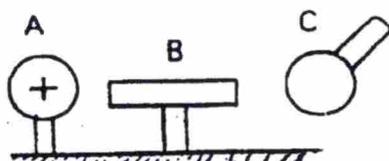
- A) positivas foram transferidas da seda para o bastão.
- B) negativas foram transferidas do bastão para a seda.
- C) negativas foram repelidas para a outra extremidade do bastão.
- D) negativas foram destruídas no bastão pelo calor gerado pelo atrito.
- E) positivas foram criadas no bastão pelo calor gerado pelo atrito.

7. UFRGS. A superfície de uma esfera isolante é carregada com carga elétrica positiva, concentrada em um de seus hemisférios. Uma esfera condutora descarregada é, então, aproximada da esfera isolante. Assinale, entre as alternativas abaixo, o esquema que melhor representa a distribuição final de cargas nas duas esferas.



- A)  D) 
- B)  E) 
- C) 

8. UFRGS. Na figura estão representadas uma esfera condutora A, eletrizada positivamente, e uma barra metálica neutra B, próximas uma da outra e fixadas a uma mesa por meio de hastes isolantes.



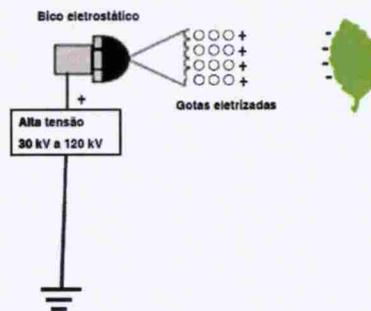
Uma segunda esfera C, idêntica à esfera A, porém neutra e munida de um cabo isolante, encontra-se inicialmente muito afastada dos outros dois corpos. A esfera C é, então, aproximada da extremidade direita de B, segura pelo cabo.

Pode-se afirmar que



- A) enquanto B e C não se tocarem, haverá um acúmulo de cargas elétricas positivas na extremidade esquerda e de cargas elétricas negativas na extremidade direita de B.
- B) enquanto B e C não se tocarem, haverá um acúmulo de cargas elétricas positivas no hemisfério esquerdo de C.
- C) enquanto B e C estiverem em contato, B apresentará um excesso de cargas elétricas negativas e em C haverá um excesso de cargas elétricas positivas.
- D) enquanto B e C estiverem em contato, a carga elétrica de A será nula.
- E) depois de B e C se tocarem e novamente se separarem, B estará neutra e C apresentará um excesso de cargas elétricas negativas.

9. Atualmente é grande o interesse na redução dos impactos ambientais provocados pela agricultura através de pesquisas, métodos e equipamentos. Entretanto, a aplicação de agrotóxicos praticada continua extremamente desperdiçadora de energia e de produto químico. O crescente aumento dos custos dos insumos, mão-de-obra, energia e a preocupação cada vez maior em relação à contaminação ambiental têm realçado a necessidade de uma tecnologia mais adequada na colocação dos agrotóxicos nos alvos, bem como de procedimentos e equipamentos que levem à maior proteção do trabalhador. Nesse contexto, o uso de gotas com cargas elétricas, eletrizadas com o uso de bicos eletrostáticos, tem-se mostrado promissor, uma vez que, quando uma nuvem dessas partículas se aproxima de uma planta, ocorre o fenômeno de indução, e a superfície do vegetal adquire cargas elétricas de sinal oposto ao das gotas. Como consequência, a planta atrai fortemente as gotas, promovendo uma melhoria na deposição, inclusive na parte inferior das folhas.



A partir da análise das informações, é CORRETO afirmar:

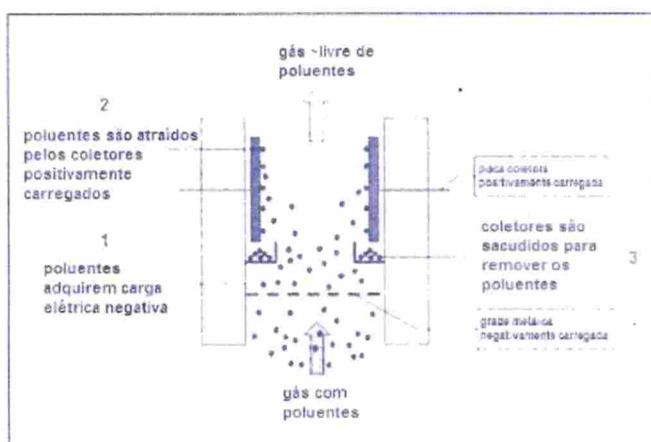
- A) Não há influência de umidade do ar no processo.
- B) O fenômeno da indução descrito no texto se caracteriza pela polarização das folhas das plantas, induzindo sinal igual ao da carga da gota.
- C) Quanto mais próximas estiverem gotas e folha menor será a força de atração.
- D) Existe um campo elétrico no sentido da folha para as gotas.
- E) Outro fenômeno importante surge com a repulsão mútua entre as gotas após saírem do bico: por estarem com carga de mesmo sinal, elas se repelem, o que contribui para uma melhoria na distribuição do defensivo nas folhas.



10. UFRGS. Um dos grandes problemas ambientais decorrentes do aumento da produção industrial mundial é o aumento da poluição atmosférica.



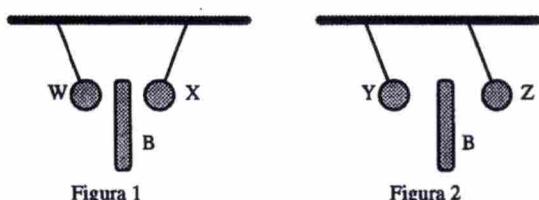
A fumaça, resultante da queima de combustíveis fósseis como carvão ou óleo, carrega partículas sólidas quase microscópicas contendo, por exemplo, carbono, grande causador de dificuldades respiratórias. Faz-se então necessária a remoção destas partículas da fumaça, antes de ela chegar à atmosfera. Um dispositivo idealizado para esse fim está esquematizado na figura a seguir.



A fumaça poluída, ao passar pela grade metálica negativamente carregada, é ionizada e posteriormente atraída pelas placas coletoras positivamente carregadas. O ar emergente fica até 99% livre de poluentes. A filtragem do ar idealizada neste dispositivo é um processo fundamentalmente baseado na

- A) eletricidade estática.
- B) conservação da carga elétrica.
- C) conservação da energia.
- D) força eletromotriz.
- E) conservação da massa.

11 ) UFRGS. As esferas W, X, Y e Z das figuras 1 e 2 estão eletricamente carregadas e suspensas por barbantes. Na figura 1, o bastão B, eletricamente carregado, atrai as duas esferas.





Na figura 2, esse bastão, com a mesma carga elétrica que possuía na figura 1, atrai a esfera Y e repele a esfera Z. As cargas elétricas das esferas podem ser

	Esfera			
	W	X	Y	Z
A)	+	-	+	+
B)	-	-	+	-
C)	+	+	-	+
D)	-	+	-	-
E)	+	+	+	-

**12 ) UFRGS.** Considere dois balões de borracha, A e B. O balão B tem excesso de cargas negativas; o balão A, ao ser aproximado do balão B, é repelido por ele. Por outro lado, quando certo objeto metálico é aproximado do balão A, este é atraído pelo objeto. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A respeito das cargas elétricas líquidas no balão A e no objeto, pode-se concluir que o balão A só pode ..... e que o objeto só pode .....

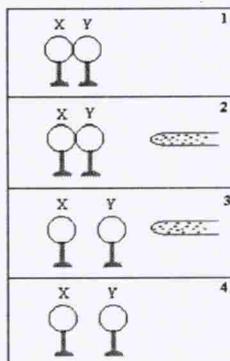
- A) ter excesso de cargas negativas – ter excesso de cargas positivas
- B) ter excesso de cargas negativas – ter excesso de cargas positivas ou estar eletricamente neutro
- C) ter excesso de cargas negativas – estar eletricamente neutro
- D) estar eletricamente neutro – ter excesso de cargas positivas ou estar eletricamente neutro
- E) estar eletricamente neutro – ter excesso de cargas positiva



**13 ) UFRGS.** A figura 1 representa duas esferas metálicas descarregadas, X e Y, apoiadas em suportes feitos de isolantes elétricos. Na figura 2, um bastão carregado negativamente é aproximado e mantido à direita. As esferas continuam em contato. Na figura 3, as esferas são separadas e o bastão é mantido à direita. Na figura 4, o bastão é afastado e as esferas permanecem separadas. Considere a seguinte convenção : + carga elétrica positiva, - carga elétrica negativa e N carga neutra ( igual número de elétrons e de prótons).

Qual o sinal ( +, -, N ) que se aplica à carga elétrica resultante das esfera X e Y, respectivamente, nas figuras 2, 3 e 4 ?

	Fig.2	Fig.3	Fig.4
A)	- e +	- e +	- e +
B)	- e -	- e +	- e +
C)	N e N	- e +	- e +
D)	N e N	- e +	N e N
E)	- e +	- e N	- e +





**14. UCPEL.** Três esferas X, Y e Z, inicialmente neutras. As esferas X e Y são eletrizadas por atrito e Z por contato com Y. A tabela abaixo mostra possíveis combinações das cargas adquiridas por X, Y e Z.

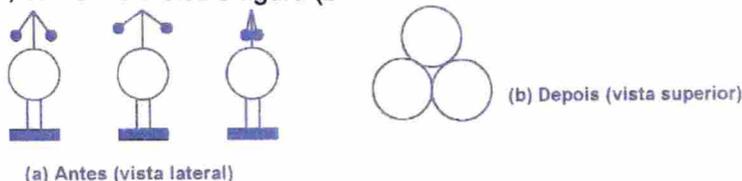


	X	Y	Z
1	+	+	+
2	-	-	-
3	+	-	-
4	+	-	+
5	+	+	-

A combinação possível para as cargas de X, Y e Z é

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

**15. UFRGS.** Três esferas metálicas idênticas, mantidas sobre suportes isolantes, encontram-se inicialmente afastadas umas das outras, conforme indica a figura (a). Duas das esferas estão eletricamente carregadas, uma com  $9 \times 10^{-6} \text{ C}$  e a outra com  $15 \times 10^{-6} \text{ C}$ , enquanto a terceira está descarregada. As três esferas são então colocadas em contato, de modo que se toquem mutuamente, conforme indica a figura (b)



Assinale a alternativa que fornece os valores corretos das cargas elétricas que as esferas apresentam após terem sido postas em contato :

- A) 0 C, 0 C, 0 C
- B)  $9 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $15 \times 10^{-6} \text{ C}$ , 0 C
- C)  $12 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $12 \times 10^{-6} \text{ C}$ , 0C
- D)  $8 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $8 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $8 \times 10^{-6} \text{ C}$
- E)  $2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $2 \times 10^{-6} \text{ C}$ ,  $2 \times 10^{-6} \text{ C}$

**16. UFRGS.** Três esferas metálicas idênticas, X, Y e Z, estão colocadas sobre suportes feitos de isolante elétrico e Y está ligada à terra por um fio condutor, conforme mostra a figura. X e Y estão descarregadas, enquanto Z está carregada com uma quantidade de carga elétrica q.

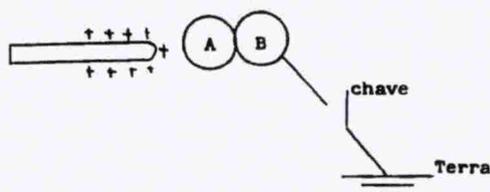




Em condições ideais, faz-se a esfera Z tocar primeiro a esfera X e depois a Y. Logo após esse procedimento, as quantidades de carga elétrica nas esferas X, Y e Z são, respectivamente,

- A)  $q/3$ ,  $q/3$  e  $q/3$ .
- B)  $q/2$ ,  $q/4$  e  $q/4$ .
- C)  $q/2$ ,  $q/2$  e nula.
- D)  $q/2$ , nula e  $q/2$ .
- E)  $q/2$ , nula e nula.

**17. PUCRS.** Um bastão eletrizado com carga positiva é colocado próximo de duas esferas inicialmente neutras que estão em contato, como mostra a figura. Fecha-se a chave e em seguida afasta-se o bastão.



Após esta operação, as cargas elétricas das esferas A e B serão, respectivamente,

- A) positiva      negativa.
- B) negativa    negativa.
- C) positiva    nula.
- D) nula        negativa.
- E) nula        nula.

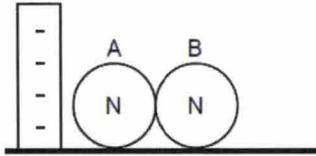
**18. UFRGS.** Duas pequenas esferas metálicas idênticas e eletricamente isoladas, X e Y, estão carregadas com cargas elétricas  $+4\text{ C}$  e  $-8\text{ C}$ , respectivamente. As esferas X e Y estão separadas por uma distância que é grande em comparação com seus diâmetros. Uma terceira esfera Z, idêntica às duas primeiras, isolada e inicialmente descarregada, é posta em contato, primeiro, com a esfera X e, depois, com a esfera Y. As cargas elétricas finais nas esferas X, Y e Z são, respectivamente,



- A)  $+2\text{ C}$ ,  $-3\text{ C}$  e  $-3\text{ C}$ .
- B)  $+2\text{ C}$ ,  $+4\text{ C}$  e  $-4\text{ C}$ .
- C)  $+4\text{ C}$ ,  $0$  e  $-8\text{ C}$ .
- D)  $0$ ,  $-2\text{ C}$  e  $-2\text{ C}$ .
- E)  $0$ ,  $0$  e  $-4\text{ C}$ .



**INSTRUÇÃO:** Responda à questão 19 com base nas informações e na figura, que representa duas esferas em contato, e localizadas próximo a uma barra eletrizada.



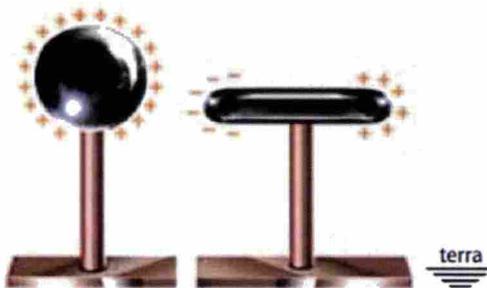
Duas esferas condutoras A e B idênticas, eletricamente neutras (N), estão em contato uma com a outra e isoladas eletricamente de qualquer influência, a não ser quando se aproxima de uma delas uma barra eletricamente negativa. Enquanto a barra é mantida nessa posição, as esferas são separadas uma da outra.

**19. PUCRS.** Se, na sequência, a barra for afastada das duas esferas, a carga elétrica dessas esferas resultará

- A) positiva, tanto para A quanto para B.
- B) positiva para A e negativa para B.
- C) negativa para A e positiva para B.
- D) nula para as duas esferas, que permanecem neutras.
- E) negativa para as duas esferas.



**20. UNESP.** Indução eletrostática é o fenômeno no qual pode-se provocar a separação de cargas em um corpo neutro pela aproximação de um outro já eletrizado. O condutor que está eletrizado é chamado indutor e o condutor no qual a separação de cargas ocorreu é chamado induzido. A figura mostra uma esfera condutora indutora positivamente eletrizada induzindo a separação de cargas em um condutor inicialmente neutro.



(<http://efisica.if.usp.br>. Adaptado.)

Analisando a figura e sobre o processo de eletrização por indução, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Para eletrizar o corpo neutro por indução, deve-se aproximar o indutor, conectar o induzido à terra, afastar o indutor e, finalmente, cortar o fio terra.



II. Para eletrizar o corpo neutro por indução, deve-se aproximar o indutor, conectar o induzido à terra, cortar o fio terra e, finalmente, afastar o indutor.

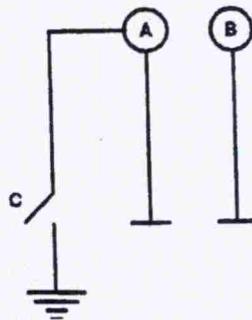
III. Na situação da figura, a conexão do induzido à terra, com o indutor nas suas proximidades, faz com que prótons do induzido escoem para a terra, por repulsão.

IV. No final do processo de eletrização por indução, o corpo inicialmente neutro e que sofreu indução, adquire carga de sinal negativo.

Está correto, apenas, o contido em

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

**21. PUCRS.** A figura abaixo representa duas esferas condutoras, neutras, que estão sobre suportes isolantes. A esfera A pode ser aterrada quando a chave C for fechada. Após ser fechada a chave C, um bastão condutor carregado positivamente é encostado inicialmente na esfera A e depois na esfera B.

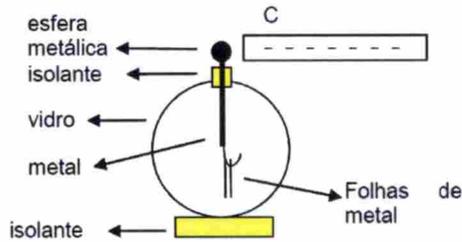


As cargas elétricas finais das esferas A e B serão, respectivamente,

- A) nula            nula
- B) positiva        positiva
- C) positiva        nula
- D) nula            positiva
- E) positiva        negativa



22. UPF. Com base na figura abaixo, se aproximarmos da esfera do eletroscópio inicialmente neutro (sem tocá-lo) um corpo C eletrizado negativamente, podemos afirmar que:



- I. O sinal da carga que aparecerá na esfera do eletroscópio e em suas folhas será positivo.
  - II. As folhas do eletroscópio se fecharão.
  - III. Se o corpo C encostasse na esfera, elétrons de C seriam transferidos para a esfera, neutralizando sua carga positiva.
  - IV. Afastando-se o corpo C após seu contato com a esfera, o eletroscópio ficará eletrizado com carga negativa.
- Está **correto** apenas o que se afirma em:

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

23. UFRGS. Considere as afirmações abaixo.

- I - Um corpo que tem o número de prótons diferente do número de elétrons está eletricamente carregado.
- II - Na eletrização por atrito os corpos atritados adquirem cargas elétricas de sinais opostos.
- III - Na eletrização por contato, os corpos adquirem, necessariamente, cargas elétricas de mesmo sinal.

Quais são corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e III.
- E) I, II e III.



24. UFRGS. Você dispõe de duas esferas metálicas, iguais e eletricamente neutras, montadas sobre suportes isolantes, e de um bastão de ebonite carregado negativamente. Os itens de I a IV referem-se às ações necessárias para carregar eletricamente as esferas por indução.



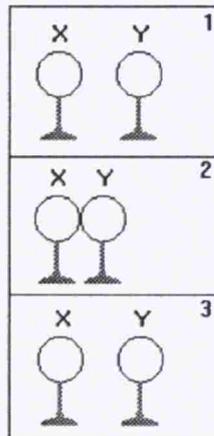


- I - Aproximar o bastão de uma das esferas.
- II - Colocar as esferas em contato.
- III - Separar as esferas.
- IV - Afastar o bastão.

Qual a alternativa que coloca estas ações na ordem correta ?

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

**25 UFRGS.** As figuras 1, 2 e 3 representam duas esferas metálicas iguais, X e Y, que estão montadas sobre suportes isolantes. Inicialmente a esfera X está positivamente carregada e a esfera Y está eletricamente neutra (figura 1).



Após serem postas em contato (figura 2) e novamente separadas (figura 3),

- A) as esferas apresentarão cargas elétricas iguais.
- B) as esferas se atrairão mutuamente.
- C) X estará carregada positivamente e Y, negativamente.
- D) Y estará carregada positivamente e X descarregada.
- E) as duas esferas estarão descarregadas

**26. UFRGS.** Duas pequenas esferas metálicas, isoladas, idênticas e situadas no vácuo, estão inicialmente carregadas com  $+10 \mu\text{C}$  e  $-8 \mu\text{C}$ . As esferas são encostadas e, então, novamente separadas, com seus centros mantidos a 10 centímetros de distância um do outro. Que tipo de força eletrostática será exercida sobre essas esferas e qual o seu módulo?



$(1/4\pi\epsilon_0 = 9 \times 10^9 \text{N.m}^2/\text{C}^2)$  ( $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{C}$ )



- A) Atrativa, de módulo igual a 0,81 N.
- B) Atrativa, de módulo igual a 0,90 N.
- C) Atrativa, de módulo igual a 0,70 N.
- D) Repulsiva, de módulo igual a 0,81 N.
- E) Repulsiva, de módulo igual a 0,90 N.

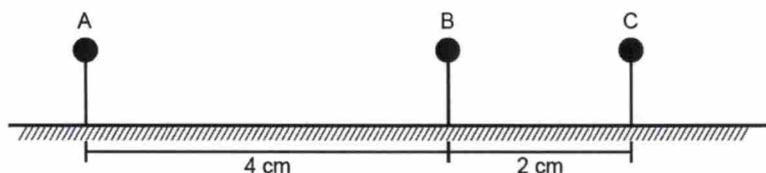
**27. UPF.** A intensidade da força (Lei de Coulomb) entre duas cargas elétricas puntiformes,  $q_1$  e  $q_2$ , é igual a  $F$ . Dobrando-se a distância que separa as cargas e duplicando o valor de  $q_1$ , o valor da força muda para



- A)  $(1/16)F$
- B)  $2F$
- C)  $4F$
- D)  $(1/4)F$
- E)  $(1/2)F$

**INSTRUÇÃO:** Para responder à **questão 28**, considere as informações que seguem.

Três esferas de dimensões desprezíveis A, B e C estão eletricamente carregadas com cargas elétricas respectivamente iguais a  $2q$ ,  $q$  e  $q$ . Todas encontram-se fixas, apoiadas em suportes isolantes e alinhadas horizontalmente, como mostra a figura abaixo:



**28. PUCRS.** O módulo da força elétrica exercida por B na esfera C é  $F$ . O módulo da força elétrica exercida por A na esfera B é



- A)  $F/4$
- B)  $F/2$
- C)  $F$
- D)  $2F$
- E)  $4F$

**29. UFRGS.** Uma partícula, com carga elétrica  $q$ , encontra-se a uma distância  $d$  de outra partícula, com carga  $-3q$ . Chamando de  $F_1$  o módulo da força elétrica que a segunda carga exerce sobre a primeira e de  $F_2$  o módulo da força elétrica que a primeira carga exerce sobre a segunda, podemos afirmar que



- A)  $F_1 = 3F_2$  e as forças são atrativas.
- B)  $F_1 = 3F_2$  e as forças são repulsivas.
- C)  $F_1 = F_2$  e as forças são atrativas.
- D)  $F_1 = F_2$  e as forças são repulsivas.
- E)  $F_1 = F_2/3$  e as forças são atrativas.



**Instrução:** As questões 30 e 31 referem-se ao enunciado abaixo.

Duas pequenas esferas metálicas iguais, X e Y, fixadas sobre bases isolantes, estão eletricamente carregadas com cargas elétricas  $6C$  e  $-2C$ , respectivamente. Quando separadas por uma distância  $d$  uma da outra, as esferas estão sujeitas a forças de atração coulombiana de módulo  $F_1$ .

As duas esferas são deslocadas pelas bases até serem colocadas em contato. A seguir, elas são novamente movidas pelas bases até retornarem à mesma distância  $d$  uma da outra.

**30. UFRGS.** Após o contato e posterior separação, as esferas X e Y ficaram eletrizadas, respectivamente, com cargas elétricas

- A)  $2C$  e  $-2C$ .
- B)  $2C$  e  $2C$ .
- C)  $3C$  e  $-1C$ .
- D)  $4C$  e  $-4C$ .
- E)  $4C$  e  $4C$ .

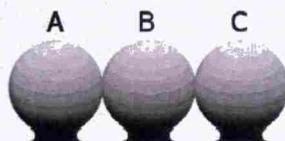


**31. UFRGS.** Se, após o contato e posterior separação das esferas,  $F_2$  é o módulo da força coulombiana entre X e Y, pode-se afirmar corretamente que o quociente  $F_1 / F_2$  vale

- A)  $1/3$ .
- B)  $3/4$ .
- C)  $4/3$ .
- D)  $3$ .
- E)  $4$ .



**32. UFRGS.** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas no fim do enunciado que segue, na ordem em que aparecem. Três esferas metálicas idênticas, A, B e C, são montadas em suportes isolantes. A esfera A está positivamente carregada com carga  $Q$ , enquanto as esferas B e C estão eletricamente neutras. Colocam-se as esferas B e C em contato uma com a outra e, então, coloca-se a esfera A em contato com a esfera B, conforme representado na figura

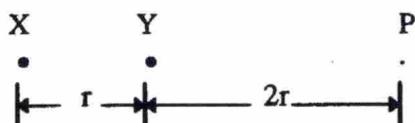


Depois de assim permanecerem por alguns instantes, as três esferas são simultaneamente separadas. Considerando-se que o experimento foi realizado no vácuo ( $k_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$ ) e que a distância final ( $d$ ) entre as esferas A e B é muito maior que seu raio, a força eletrostática entre essas duas esferas é ..... e de intensidade igual a .....



- A) repulsiva –  $k_0Q^2/(9d^2)$
- B) atrativa –  $k_0Q^2/(9d^2)$
- C) repulsiva –  $k_0Q^2/(6d^2)$
- D) atrativa –  $k_0Q^2/(4d^2)$
- E) repulsiva –  $k_0Q^2/(4d^2)$

**33. UFRGS.** Duas cargas elétricas X e Y, ambas com uma quantidade de carga +q, estão separadas por uma distância d e repelem-se com uma força elétrica de módulo igual a F.



Quando uma terceira carga elétrica igual às outras duas (+q) é colocada no ponto P localizado sobre a reta que as une, a uma distância 2d à direita da carga Y, conforme indica figura, o módulo da força resultante que passa a atuar na carga Y é

- A)  $3F / 2$
- B)  $5F / 4$
- C)  $3F / 4$
- D)  $F / 2$
- E) Zero

**34. UFRGS.** Três cargas elétricas puntiformes idênticas,  $Q_1$ ,  $Q_2$  e  $Q_3$ , são mantidas fixas em suas posições sobre uma linha reta, conforme indica a figura abaixo.



Sabendo-se que o módulo da força elétrica exercida por  $Q_1$  sobre  $Q_2$  é de  $4,0 \times 10^{-5}$  N, qual é o módulo da força elétrica resultante sobre  $Q_2$ ?

- A)  $4,0 \times 10^{-5}$  N.
- B)  $8,0 \times 10^{-5}$  N.
- C)  $1,2 \times 10^{-4}$  N.
- D)  $1,6 \times 10^{-4}$  N.
- E)  $2,0 \times 10^{-4}$  N.



35. UFRGS. O módulo da força eletrostática entre duas cargas elétricas elementares -consideradas puntiformes- separadas pela distância nuclear típica de  $10^{-15}$  m é  $2,30 \times 10^2$  N. Qual é o valor aproximado da carga elementar? (Constante eletrostática  $k = (4\pi\epsilon_0)^{-1} = 9 \times 10^9$  N.m<sup>2</sup> / C<sup>2</sup>)



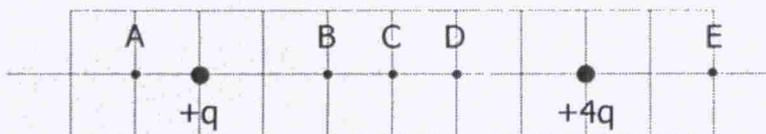
- A)  $2,56 \times 10^{-38}$  C.
- B)  $2,56 \times 10^{-20}$  C.
- C)  $1,60 \times 10^{-19}$  C.
- D)  $3,20 \times 10^{-19}$  C.
- E)  $1,60 \times 10^{-10}$  C.

36. UFRGS. Considere um sistema de duas cargas esféricas positivas ( $q_1$  e  $q_2$ ), onde  $q_1 = 4 q_2$ . Uma pequena esfera carregada é colocada no ponto médio do segmento de reta que une os centros das duas esferas. O valor da força eletrostática que a pequena esfera sofre por parte da carga  $q_1$ , é



- A) igual ao valor da força que ela sofre por parte da carga  $q_2$ .
- B) quatro vezes maior do que o valor da força que ela sofre por parte da carga  $q_2$ .
- C) quatro vezes menor do que o valor da força que ela sofre por parte da carga  $q_2$ .
- D) dezesseis vezes maior do que o valor da força que ela sofre por parte da carga  $q_2$ .
- E) dezesseis vezes menor do que o valor da força que ela sofre por parte da carga  $q_2$ .

37. UFRGS. A figura representa duas cargas elétricas puntiformes positivas  $+q$  e  $+4q$ , mantidas fixas em suas posições.



Para que seja nula a força eletrostática resultante sobre uma terceira carga puntiforme, esta carga deve ser colocada no ponto

- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

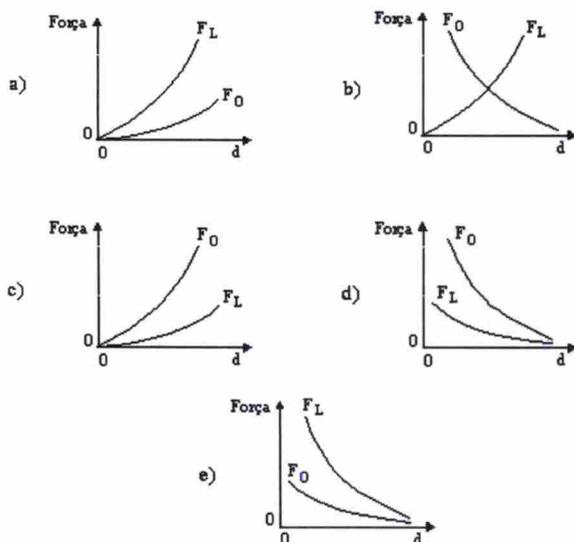


38. Durante o século XX, o desenvolvimento da Física no campo nuclear foi notório, e a descoberta de partículas elementares acabou sendo uma das responsáveis por esse fato. Foram construídos diversos aceleradores de partículas para pesquisa e com eles muitas teorias foram não só comprovadas, como também aprimoradas. Considere duas dessas partículas: um próton, que pode ser identificado como sendo o núcleo do átomo de Hidrogênio ( ${}^1_1H$ ), e uma partícula alfa, que pode ser identificada como sendo o núcleo do átomo de Hélio ( ${}^4_2He$ ). Quando, no vácuo, um próton e uma partícula alfa se dirigem um contra o outro, no instante em que a distância entre eles é  $d$ , a força de interação eletrostática tem intensidade: ( $k_0$  : constante eletrostática do vácuo;  $e$  : carga elétrica elementar)



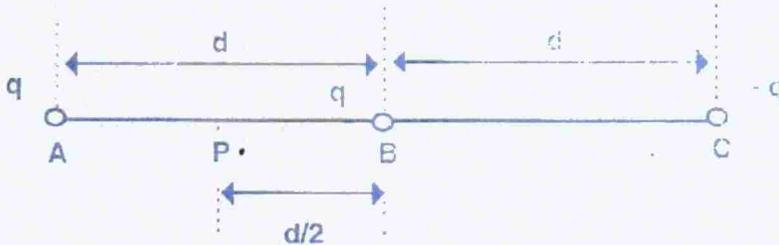
- A)  $F = k_0 \frac{2e}{d^2}$
- B)  $F = k_0 \frac{2e^2}{d^2}$
- C)  $F = k_0 \frac{e^2}{d^2}$
- D)  $F = k_0 \frac{4e^2}{d^2}$
- E)  $F = k_0 \frac{4e}{d^2}$

39. A força elétrica entre duas pequenas partículas carregadas foi medida, em função da distância  $d$  entre elas, em dois meios diferentes, no vácuo e no interior de um líquido isolante. Assinale a alternativa que melhor representa o módulo da força medida no vácuo ( $F_0$ ), comparada com o módulo da força medida no líquido ( $F_L$ ), em função da distância  $d$ .





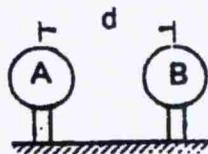
**40. UFRGS.** Duas partículas, cada uma com carga elétrica positiva  $q$ , estão colocadas nas posições A e B, conforme indica a figura abaixo. Outra partícula, com carga elétrica negativa  $-q$ , ocupa a posição C. A força elétrica exercida sobre a carga em B, devido às cargas em A e C, tem módulo  $2F$ .



Se a carga que está em A for colocada na posição P, a força elétrica exercida sobre a carga em B terá módulo

- A) 1 F
- B) 2 F
- C) 3 F
- D) 4 F
- E) 5 F

**41. UFRGS.** Na figura estão representadas duas esferas metálicas idênticas A e B, que podem ser fixadas a uma mesa por meio de hastes isolantes.



Inicialmente, A e B estão eletrizadas com cargas  $q_A = +2Q$  e  $q_B = -Q$ , respectivamente, e atraem-se com uma força de intensidade igual a  $F$  quando separadas pela distância  $d$ . A seguir, as duas esferas são encostadas uma na outra e novamente separadas pela mesma distância original  $d$ . Concluído esse procedimento, a intensidade da força elétrica entre A e B será igual a

- A)  $F/8$ .
- B)  $F/4$ .
- C)  $F/2$ .
- D)  $F$ .
- E)  $2F$ .

**42. PUCRS.** Num determinado modelo para o átomo de hidrogênio, o núcleo é constituído por um próton de massa  $M$  e carga  $Q$  e um elétron de massa  $m$  e carga  $q$  movendo-se ao redor desse núcleo numa órbita circular de raio  $r$  e com velocidade tangencial  $v$ . Nesse modelo, a força elétrica entre o próton e o elétron é a força centrípeta. Denotando por  $K$  a constante de Coulomb para a força elétrica, o raio da órbita do elétron é



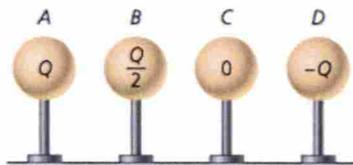


- A)  $\frac{KQq}{mv^2}$
- B)  $\frac{KQq}{Mv^2}$
- C)  $\frac{KQq}{Mv}$
- D)  $\frac{KQ}{mv^2}$
- E)  $\frac{KQq}{mv}$

**Lembre-se !** A força centrípeta tem seu módulo dado por :

$$F_R = m.a \rightarrow F_C = m.a_C \xrightarrow{a_C = \frac{v^2}{R}} F_C = \frac{m.v^2}{R}$$

43. Considere quatro esferas metálicas idênticas, separadas e apoiadas em suportes isolantes. Inicialmente as esferas apresentam as seguintes cargas:  $Q_A = Q$ ;  $Q_B = Q/2$ ;  $Q_C = 0$  e  $Q_D = -Q$



Faz-se, então, a seguinte sequência de contatos entre as esferas:

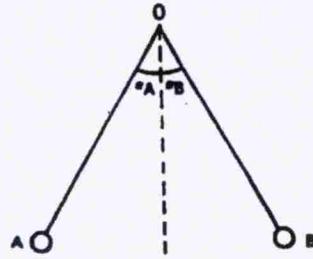
- I. contato entre as esferas A e B e esferas C e D. Após os respectivos contatos, as esferas são novamente separadas;
- II. a seguir, faz-se o contato apenas entre as esferas C e B. Após o contato, as esferas são novamente separadas;
- III. finalmente, faz-se o contato apenas entre as esferas A e C. Após o contato, as esferas são separadas.

Pede-se a carga final na esfera C, após as sequências de contatos descritas.

- A)  $7Q/8$
- B)  $Q$
- C)  $-Q/2$
- D)  $-Q/4$
- E)  $7Q/16$



44. A figura representa duas pequenas esferas, idênticas, A e B, eletrizadas com cargas  $q_A$  e  $q_B$ , presas ao ponto O por fios de mesmo comprimento. Os ângulos A e B são formados pelos fios com a vertical que passa por O. Pode-se afirmar que



- A) se  $q_A > q_B$  então  $\alpha_A > \alpha_B$
- B) se  $q_A > q_B$  então  $\alpha_A < \alpha_B$
- C) se  $q_A < q_B$  então  $\alpha_A < \alpha_B$
- D) se  $q_A < q_B$  então  $\alpha_A > \alpha_B$
- E)  $\alpha_A = \alpha_B$  quaisquer que sejam os valores de  $q_A$  e  $q_B$

45. **ULBRA.** Entre duas cargas elétricas iguais a  $Q_1 = 8\mu C$  e  $Q_2 = 2\mu C$ , separadas no vácuo por uma distância "d", atua uma força elétrica com módulo "F". Analise as afirmações a seguir:



- I – as cargas foram postas em contato e depois separadas a uma distância  $d/2$ .
- II – triplicou-se simultaneamente o valor de 'Q1' e a distância 'd', e reduziu-se 'Q2' a metade.
- III – duplicou-se o valor de 'Q1' e quintuplicaram-se os valores de 'Q2' e de 'd'.
- IV – as cargas foram colocadas em um meio, no qual a constante eletrostática é  $k'=2K_0$ , mas a uma distância de  $d/\sqrt{2}$ .

Em qual(is) situação(ões) o módulo da força entre as cargas diminuiu em relação à situação inicial?

- A) Apenas em I e II.
- B) Apenas em II e III.
- C) Apenas em II e IV.
- D) Apenas em II, III e IV.
- E) Apenas em I, II e IV.



# Aula 15

## Campo Elétrico

### PARTE 1

	Estudar a Parte 1 – P.51 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 1 se necessário
	Fazer as questões 48, 60, 70 e 71

### PARTE 2

	Estudar a Parte 2 – P.53 (teoria, anotações e modelagens)
	Rever videoaula Parte 2 se necessário
	Fazer as questões 47, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 58 e 62

### PARTE 3

	Estudar a Parte 3 – P.56 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 3 se necessário
	Fazer as questões 56, 57, 66 e 67

### PARTE 4

	Estudar a Parte 4 – P.58 (teoria, anotações e modelagens)
	Rever videoaula Parte 4 se necessário
	Fazer as questões 46, 52, 59, 63, 64, 65, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 87, 88 e 89

### PARTE 5

	Estudar a Parte 5 – P.60 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 5 se necessário
	Fazer a Leitura 1 – P.62 e Leitura 2 – P.63
	Fazer as questões 61, 68, 69, 74, 75, 83, 84, 86 e 90



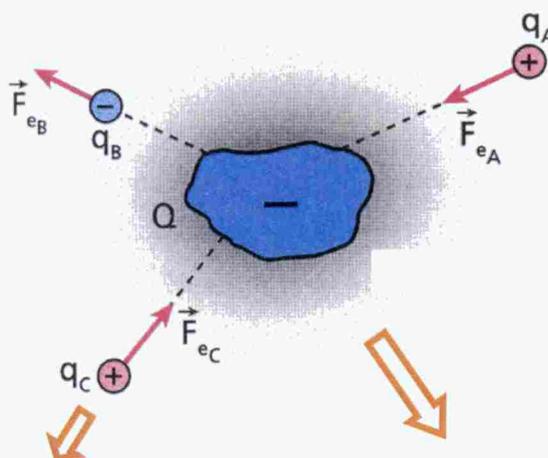
A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



## Campo elétrico – definição



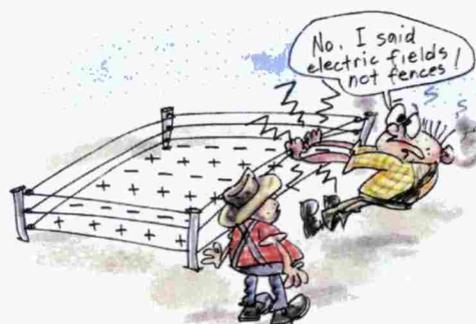
## Campo elétrico



**Carga de prova** ou de teste é uma carga elétrica pontual (puntiforme) de valor conhecido utilizada para detectar a existência de um campo elétrico. Ela é posicionada em um determinado ponto e, pelo efeito observado, pode-se verificar se ali existe ou não um campo elétrico apreciável. Existindo o campo elétrico, a carga de prova também auxilia na determinação de sua intensidade.

**Campo elétrico** é uma propriedade física estabelecida em todos os pontos do espaço que estão sob influência de uma carga elétrica (carga geradora), tal que uma outra carga (carga de prova ou teste), ao ser colocada em uma desses pontos, fica sujeita a uma força de **atração** ou de **repulsão** exercida pela carga geradora.

**Observação** : Foi Isaac Newton quem estabeleceu o conceito de interação a distância entre dois corpos. Michael Faraday utilizou e ampliou esse conceito estabelecendo a ideia de campo elétrico. Foi Faraday o primeiro a utilizar a ideia de campo para interações a distância.

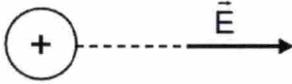
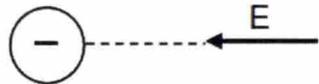




## Estudo analítico do campo elétrico - O vetor campo elétrico ( $\vec{E}$ )

O campo elétrico tem associado a cada um dos seus pontos um vetor, denominado vetor campo elétrico  $\vec{E}$ , que depende exclusivamente da carga elétrica geradora desse campo.

Os elementos do vetor campo elétrico  $\vec{E}$  são os seguintes :

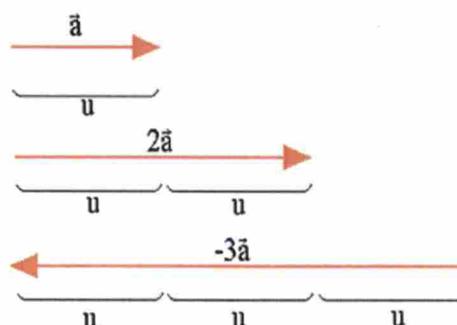
<b>módulo</b>	informa o módulo da força elétrica que atua por unidade de carga num ponto qualquer do campo elétrico em questão.  <u>Unidade</u> : [S.I.] newton / coulomb ( N/C ) <u>Obs.</u> : 1 N / C = 1 volt / metro
<b>direção</b>	é a mesma do vetor força elétrica que atua sobre a carga de prova. $\vec{F} // \vec{E}$
<b>sentido</b>	<p><b>CARGA POSITIVA:</b> Vetor <math>\vec{E}</math> divergente à carga elétrica. </p> <p><b>CARGA NEGATIVA:</b> Vetor <math>\vec{E}</math> convergente à carga elétrica. </p>

### Determinação da força elétrica sobre uma carga pontual em um campo elétrico

**REVISÃO** - Multiplicação de um vetor por um número real

Dado um vetor  $\vec{V}$  e um número real  $k \neq 0$ , tem-se como o produto desses o seguinte vetor :

$$\vec{U} = k \cdot \vec{V} \left\{ \begin{array}{l} \text{a) módulo : } U = |k| \cdot V \\ \text{b) direção : a mesma de } \vec{V} . \\ \text{c) sentido : } \sum \text{ se } k > 0 : \text{ o sentido de } \vec{U} \text{ é o MESMO de } \vec{V} \\ \quad \quad \quad \sum \text{ se } k < 0 : \text{ o sentido de } \vec{U} \text{ é OPOSTO ao de } \vec{V} \end{array} \right.$$





A força elétrica sobre a carga  $q$  pode ser obtida através do produto :

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

A partir do produto concluímos que  $\vec{F}$  possui os seguintes elementos :

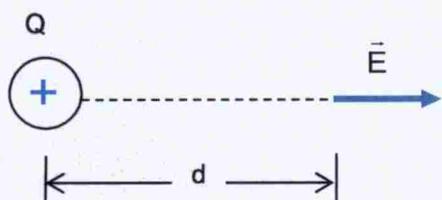
<b>módulo</b>	$F = E \cdot q$ $N = N/C \cdot C$
<b>direção</b>	$\vec{F} // \vec{E}$
<b>sentido</b>	Se $q > 0$ temos $\vec{F}$ com mesmo sentido de $\vec{E}$ Se $q < 0$ temos $\vec{F}$ com sentido oposto ao de $\vec{E}$

## ▪ Parte 1

## Carga Puntiforme

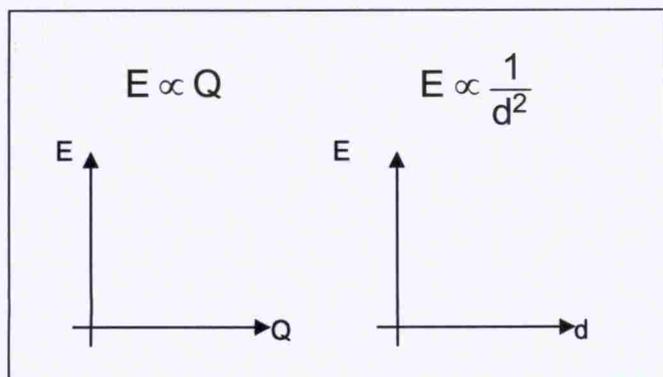
### Campo elétrico criado por carga elétrica puntiforme

Considere o campo elétrico gerado por uma carga puntiforme, ou seja, a esfera sob a qual a carga  $Q$  está estabelecida tem dimensões muito menores do que a distância  $d$  entre a mesma e o ponto onde o campo elétrico está sendo avaliado. Nessas condições o módulo do vetor campo elétrico no ponto tem valor :



$$E = k \frac{Q}{d^2}$$

$$k_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$




---

---

---

---

---

---

---

---

---

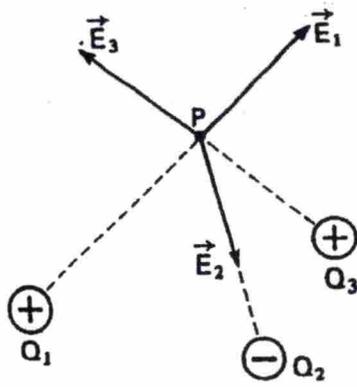
---



## Campo elétrico resultante ( $\vec{E}_R$ ) :

O conceito de campo elétrico, aqui introduzido para o caso de apenas um corpo carregado, é, na verdade, um conceito geral: se um certo número de corpos  $A_1, A_2, A_3, \dots$  estão dispostos em posições fixas e têm, respectivamente, cargas  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots$ , cada um deles gera um campo elétrico em todo o espaço circundante. Podemos constatar isso explorando o espaço com uma carga de prova e observando que ela sofre a ação de forças elétricas devido a cada um dos corpos, atuando sobre ela uma força elétrica resultante.

Para determinarmos o vetor campo elétrico resultante utilizamos a soma vetorial.

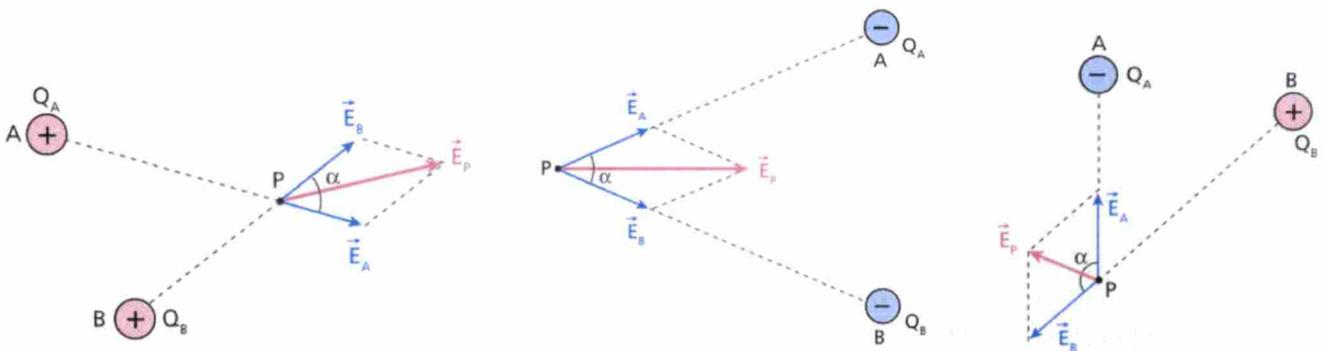


$$\vec{E}_R = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n$$

$$\vec{E}_R = \sum \vec{E}_n$$

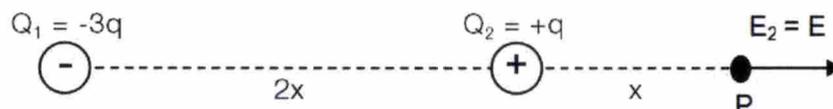
$$\vec{F}_R = \vec{E}_R \cdot q$$

## EXEMPLOS :



## MODELAGEM

Determine o vetor  $\vec{E}_R$  no ponto P ?



Em P existe um vetor campo elétrico gerado pela carga positiva  $Q_2$  divergente a ela. No mesmo ponto também é gerado um campo elétrico produzido por  $Q_1$ , que como é uma carga negativa, o campo é um vetor convergente a ela no ponto. Seu valor é um terço de  $E_2$ , uma vez que  $Q_1$  é três vezes maior e está 3 vezes mais longe da carga.



Resposta:  $2E/3$

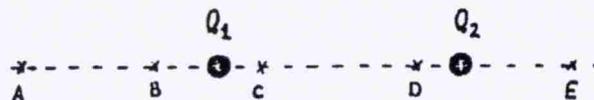


→ Possibilidades de campo elétrico resultante nulo :

Para cargas puntiformes com mesmos sinais.	Para cargas puntiformes com sinais opostos.
<p>Para termos <math>\vec{E}_R = 0</math> é necessário que exista em um ponto da região onde os vetores <math>\vec{E}</math> tem sentidos opostos :</p> $E_1 = E_2 \Rightarrow \frac{Q_1}{d_1^2} = \frac{Q_2}{d_2^2}$	

## MODELAGEM

No esquema abaixo  $Q_1$  e  $Q_2$  são cargas positivas ( $Q_1 < Q_2$ ). Os pontos A, B, C, D e E são pontos da reta que contém as cargas.



Em qual dos pontos poderá a intensidade do  $\vec{E}$  ser nula?

- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

Como as cargas são de mesmo sinal, os vetores campo elétrico gerados por ambas possuem sentidos opostos, portanto podem se anular, em algum ponto do segmento de reta entre elas.

Para se anularem, os campos devem, além de ter sentidos opostos, ter mesmo valor. Não podemos esquecer que seu valor depende do valor da carga e da distância da mesma ao ponto. Nesses casos onde buscamos o  $E_R = 0$  de duas cargas devemos ficar atentos a compensação entre valores das cargas e distâncias ao ponto. Nessa questão, como  $Q_1 < Q_2$ , necessariamente  $Q_1$  deve estar mais próxima do ponto que  $Q_2$  ( $d_1 < d_2$ ) para os campos se anularem. Ponto C.

Se existir mais de um ponto próximo da carga de menor valor (não levar em conta o sinal para avaliar cargas menores ou maiores), utilize as proporções  $E \propto Q/d^2$ . Normalmente as questões utilizam as relações, como por exemplo:

$$Q_1 = 4.Q_2 \rightarrow d_1 = 2.d_2$$

$$Q_1 = 9.Q_2 \rightarrow d_1 = 3.d_2$$

$$Q_1 = 16.Q_2 \rightarrow d_1 = 4.d_2$$

**Resposta: C**

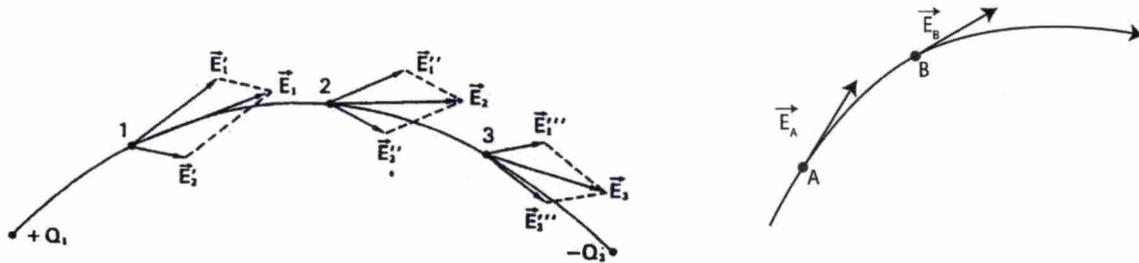


▪ **Parte 3**

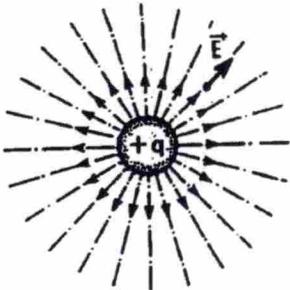
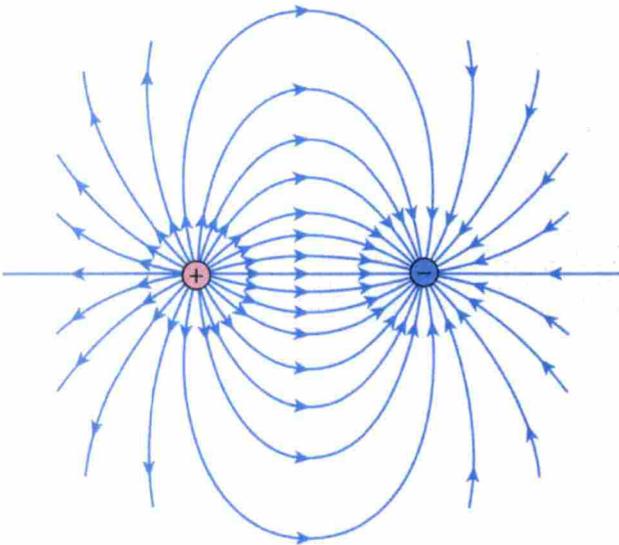
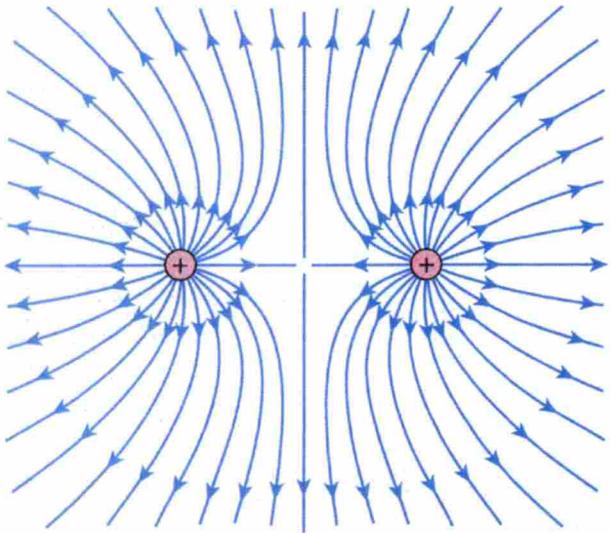
**Linhas de Força**

**Linhas de força**

São linhas imaginárias traçadas em qualquer região onde exista um campo elétrico. O vetor campo elétrico resultante é tangente a uma linha de força em qualquer um de seus pontos. As linhas de força nascem sempre em cargas positivas e morrem em cargas negativas.



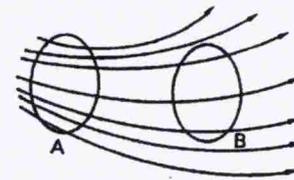
**Exemplos importantes :**

<p>a) Carga puntual positiva.</p> 	<p>b) Carga puntual negativa.</p> 
<p>c) Cargas de mesmo valor e sinais contrários (bipólo elétrico ou dipólo elétrico).</p> 	<p>d) Cargas de mesmo valor e sinais iguais.</p> 

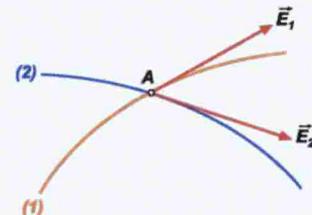


**Observação :**

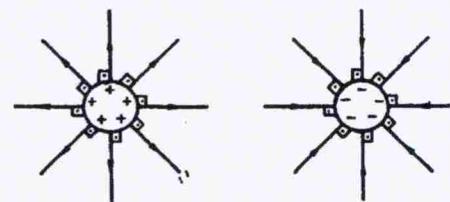
I) Nas regiões onde as linhas de força estão mais próximas, o campo elétrico é mais intenso. Assim, na figura ao lado, o campo elétrico é mais intenso na região A do que na região B, pois a densidade de linhas de força em A é maior do que em B.



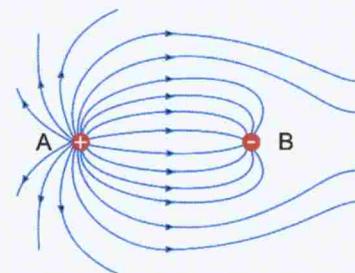
II) Duas linhas de força nunca se cruzam, pois cada ponto do campo é caracterizado por um único vetor campo elétrico. Se por um mesmo ponto passarem duas linhas de força diferentes, teríamos, neste ponto, dois vetores diferentes, tangentes a cada linha, o que é impossível.



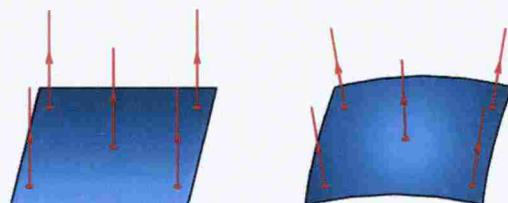
III) Num corpo carregado eletricamente e cujas cargas estão em equilíbrio, as linhas de força são perpendiculares à superfície do corpo. Se o corpo está carregado positivamente, essas linhas são perpendiculares no ponto onde se iniciam; se o corpo está carregado negativamente, no ponto onde terminam.



IV) Linhas de força de duas cargas de sinais contrários, sendo  $q_A$  maior do que  $q_B$ .



**Fluxo Elétrico:**



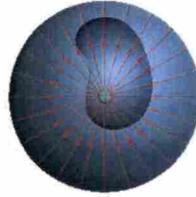
Superfícies perpendiculares às linhas de campo.

$$\Phi \text{ (N.m}^2\text{/C)} = E \text{ (N/C)} \cdot A \text{ (m}^2\text{)}$$

**Lei de Gauss:**

O fluxo elétrico através de qualquer superfície fechada é igual ao valor da carga total no interior da superfície, multiplicado por  $4\pi k$ .

$$\Phi_{(S \text{ fechada})} = q \cdot 4\pi k = q / \epsilon$$

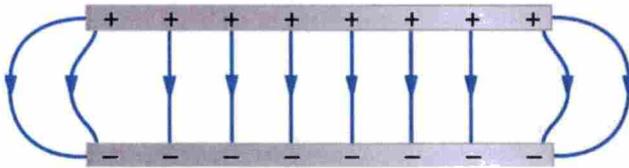


## Parte 4

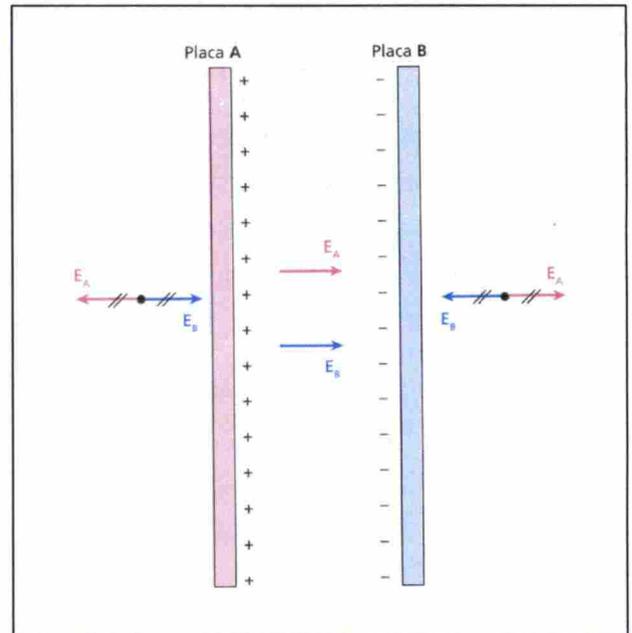
## Campo Elétrico Uniforme

### Campo elétrico uniforme ( C. E. U. )

Região compreendida entre duas placas metálicas planas e paralelas entre si, separadas por uma distância muito menor do que suas dimensões. Em qualquer ponto dessa região o vetor campo elétrico é constante. As linhas de força desse campo são retas paralelas entre si, igualmente espaçadas, de mesmo sentido e perpendiculares as placas.



$$E = \text{constante}$$



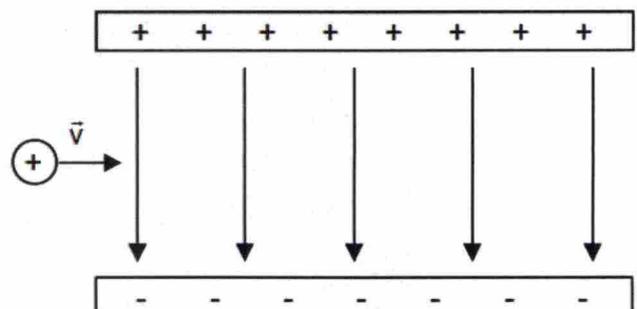
### EXEMPLOS :

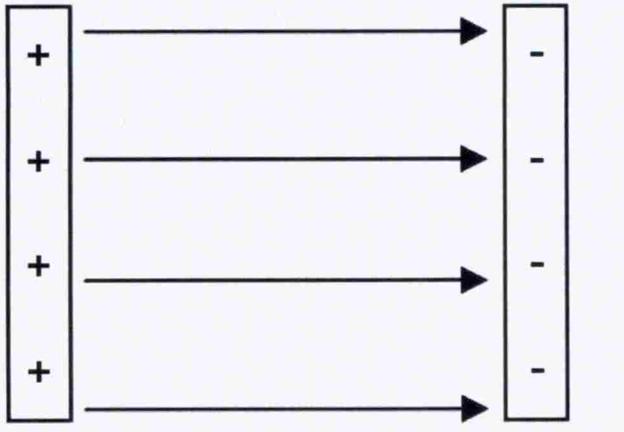
1 ) Movimento de partícula eletricamente carregada abandonada ou lançada paralelamente ao  $\vec{E}$  em um C.E.U. (peso da partícula desprezível)

MRUV

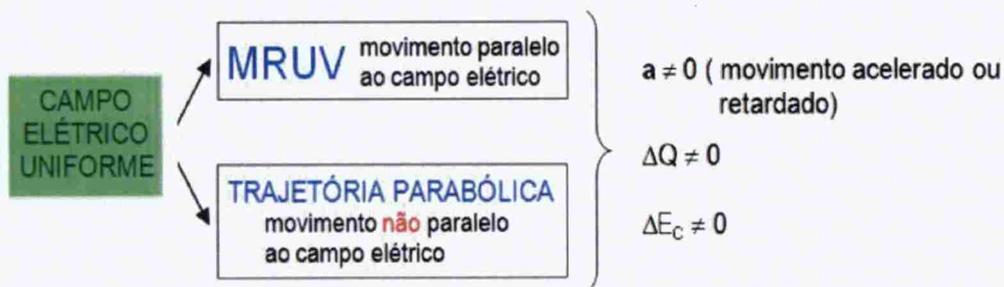
2 ) Movimento de partícula eletricamente carregada lançada de forma não-paralela ao  $\vec{E}$  em um C.E.U. (peso da partícula desprezível)

Trajétória Parabólica  
( movimento em 2 dimensões )





• Peso da partícula carregada desprezível:



## MODELAGEM

UPF.

Uma lâmina muito fina e minúscula de cobre, contendo uma carga elétrica  $q$ , flutua em equilíbrio numa região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme de  $20 \text{ kN/C}$ , cuja direção é vertical e cujo sentido se dá de cima para baixo. Considerando que a carga do elétron seja de  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$  e a aceleração gravitacional seja de  $10 \text{ m/s}^2$  e sabendo que a massa da lâmina é de  $3,2 \text{ mg}$ , é possível afirmar que o número de elétrons em excesso na lâmina é:

- A)  $3,0 \times 10^{12}$
- B)  $1,0 \times 10^{13}$
- C)  $1,0 \times 10^{10}$
- D)  $2,0 \times 10^{12}$
- E)  $3,0 \times 10^{11}$

$$\begin{aligned} \text{Equilíbrio} &\rightarrow F_R = 0 \\ F_E &= P \\ E \cdot q &= m \cdot g \\ 20 \times 10^3 \text{ N/C} \cdot q &= 3,2 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \\ q &= 1,6 \times 10^{-9} \text{ C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= n \cdot e \\ 1,6 \times 10^{-9} &= n \cdot 1,6 \times 10^{-19} \\ n &= 10^{10} \text{ elétrons} \end{aligned}$$

**Resposta: C**

## MODELAGEM

ULBRA.

Um elétron tem uma velocidade de  $2,0 \times 10^5 \text{ m/s}$  e se desloca horizontalmente, contra o sentido de um campo elétrico uniforme, entra numa região de  $2 \text{ cm}$  de comprimento, onde ele é acelerado pela ação do campo elétrico, e atinge uma velocidade de  $4,0 \times 10^5 \text{ m/s}$ . Sendo a massa do elétron de  $9,0 \times 10^{-31} \text{ kg}$ , determine o módulo da força elétrica que age sobre o elétron, considerando o movimento uniformemente variado.



- A)  $1,8 \times 10^{-26}$  N
- B)  $3,6 \times 10^{-26}$  N
- C)  $5,4 \times 10^{-21}$  N
- D)  $2,7 \times 10^{-18}$  N
- E)  $2,7 \times 10^{-21}$  N

$$v_F^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta X$$

$$(4 \times 10^5)^2 = (2 \times 10^5)^2 + 2 \cdot a \cdot 0,02$$

$$16 \times 10^{10} - 4 \times 10^{10} = 4 \times 10^{-2} \cdot a$$

$$12 \times 10^{10} = 4 \times 10^{-2} \cdot a$$

$$a = 3 \times 10^{12} \text{ m/s}^2$$

$$F_R = F_E = m \cdot a$$

$$F_R = F_E = 9 \times 10^{-31} \cdot 3 \times 10^{12}$$

$$F_R = F_E = 2,7 \times 10^{-18} \text{ N}$$

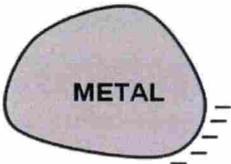
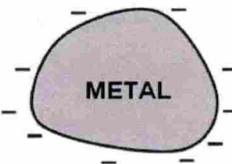
**Resposta: D**

## ▪ Parte 5

## Comportamento de Condutor Eletrizado

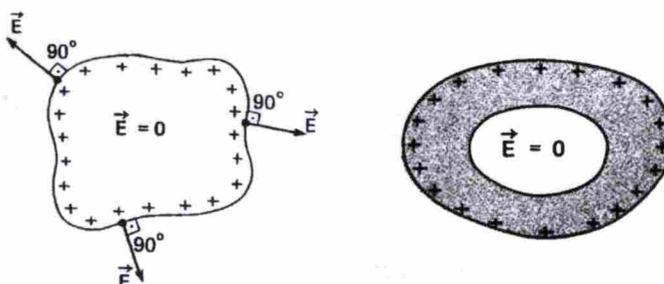
### Comportamento de um condutor eletrizado

Se um condutor eletrizado estiver em **equilíbrio eletrostático**, as cargas elétricas estarão distribuídas em sua superfície externa.

Eletrização do condutor	Situação imediatamente posterior a eletrização, mostrando a carga negativa adquirida na região atritada.	Situação imediatamente posterior a anterior, com a carga negativa já distribuída na superfície externa do condutor ( <b>equilíbrio eletrostático</b> ).
		

### Campo no interior e na superfície de um condutor eletrizado.

Se um condutor eletrizado estiver em equilíbrio eletrostático, o campo elétrico será nulo em todos os pontos de seu interior, e em pontos de sua superfície o vetor campo elétrico será perpendicular à ela.





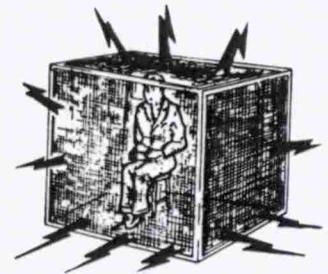
## Blindagem eletrostática

Você sabe que o vetor campo no interior de um condutor em equilíbrio eletrostático é sempre nulo. Uma das aplicações dessa propriedade é a blindagem eletrostática. Em eletricidade, blindar significa isolar um corpo de influências elétricas. Assim, Se queremos proteger um aparelho contra essas influências, colocamos sobre ele uma capa ou uma rede metálica. Como no interior da capa ou da rede o campo elétrico é nulo, o aparelho não será afetado por nenhum efeito elétrico exterior.

A proteção que um automóvel oferece contra possíveis danos elétricos às pessoas que estão dentro dele explica-se a partir, dessa mesma propriedade. Se um carro for atingido por um raio, por exemplo, as pessoas que estiverem no seu interior nada sofrerão, porque a estrutura metálica do carro isola o seu interior de qualquer influência elétrica externa.

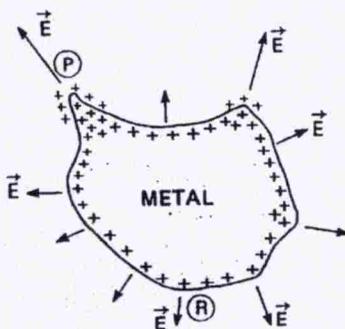
Há mais de um século, o físico inglês Michael Faraday realizou uma experiência que demonstra o poder de blindagem eletrostática das estruturas e capas metálicas.

Ele construiu uma gaiola de metal, grande e isolada. Entrou na gaiola com um eletroscópio e ordenou ao assistente que carregasse eletricamente a gaiola. Esta ficou tão carregada que dela saltavam faíscas. No entanto, Faraday nada sofreu nem o eletroscópio detectou qualquer carga. Essa experiência é conhecida como "gaiola de Faraday". Hoje, muitos aparelhos são protegidos contra danos elétricos com base nos princípios da "gaiola de Faraday".

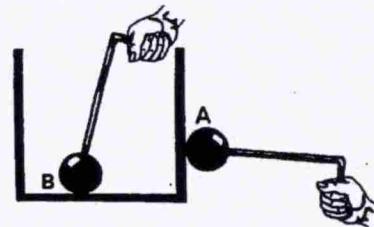


## Poder das pontas.

Em um condutor eletrizado a carga elétrica tende a se acumular na região das pontas.



EXEMPLO : O cilindro representado na figura encontra-se eletricamente carregado com carga positiva. A encostamos as esferas condutoras A e B (sustentadas por cabos isolantes) nos locais indicados, qual a carga final de cada uma das esferas?



## ANOTAÇÕES

---



---



---



---



---



---

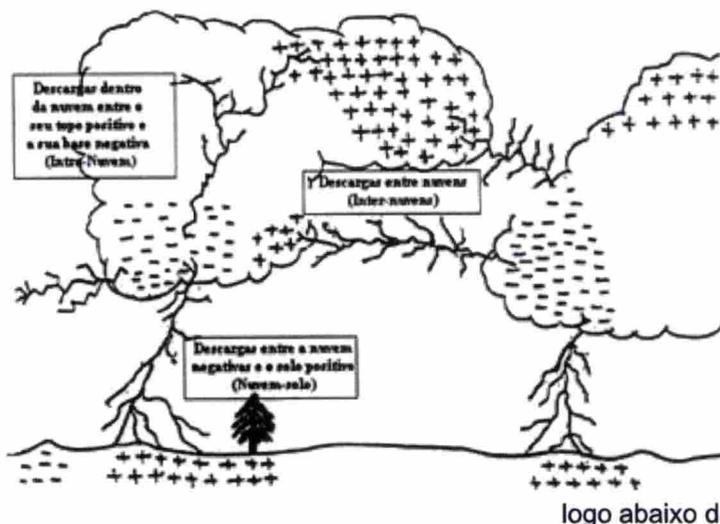


---



## LEITURA 1

## Raios



Experimentos de vários tipos – incluindo aeroplanos voando em temporais – nos dizem que a distribuição de carga numa nuvem de temporal é algo parecido com o mostrado na figura ao lado. O topo do temporal tem uma carga positiva, e a base carga negativa – exceto por uma pequena região de carga positiva.

Os processos envolvidos no surgimento destas cargas ainda não são totalmente compreendidos. As cargas positivas estão a 6 ou 7 quilômetros acima, enquanto as cargas negativas ficam a 3 ou 4 quilômetros de altura. Estas cargas negativas na base da nuvem, por indução, produzem um chão carregado positivamente nas regiões

logo abaixo da nuvem.

A carga na base da nuvem é suficiente para produzir uma voltagem de 100 milhões de volts entre a nuvem e a Terra – um campo elétrico intenso o bastante para romper a **rigidez dielétrica do ar** (ionizar o ar, ver no texto da aula anterior) tornando o ar condutor e permitindo uma descarga elétrica. Existem descargas entre diferentes pedaços de uma nuvem, entre nuvens diferentes ou entre a nuvem e a terra. Em cada uma das diferentes descargas, há aproximadamente 20 ou 30 coulombs de descarga descendo.

O que ocorre é o seguinte: tudo começa com uma coisa chamada *degrau guia*, onde o excesso de carga negativa é tão intenso que algumas destas cargas são expulsas para o ar, colidindo com moléculas de ar e produzindo cargas livres – tornando o ar condutor através do caminho traçado. Neste guia existem cargas negativas provenientes da nuvem, toda a coluna está repleta de cargas negativas.

No momento que a guia toca o chão, temos um caminho (um “fio”) condutor negativamente carregado que percorre todo o caminho até a nuvem. Agora as cargas da nuvem podem simplesmente escapar e fluir para o chão positivo. Os elétrons na base da nuvem são os primeiros a fazerem isso; eles se amontoam, deixando para trás cargas positivas que atraem mais cargas negativas da parte superior da guia, as quais se derramam por ele, etc. Finalmente, todas as cargas numa parte da nuvem correm pela coluna de uma forma rápida e energética, liberando energia na forma de luz conforme se neutralizam. Então, o relâmpago que você vê, a luz, começa a ser emitida embaixo (quando os primeiros elétrons tocam o chão) e corre para cima conforme as cargas do restante do guia passam pelo processo. Este raio, muito mais brilhante, é chamado de *raio de retorno*. A corrente num relâmpago tem um máximo da ordem de 10.000 ampères. Este processo produz também uma grande quantidade de calor, resultando em uma rápida expansão do ar que gera o som – o *trovão*.

É importante destacar que diversas variações deste processo podem ocorrer, como raios percorrendo o sentido contrário por algum acúmulo de cargas irregular (talvez resultado de raios anteriores) ou outras situações. O vídeo mostra em câmera lenta o processo de cargas da nuvem “abrindo um caminho condutor” e em seguida a descarga efetiva pelo caminho quando ele alcança o solo.

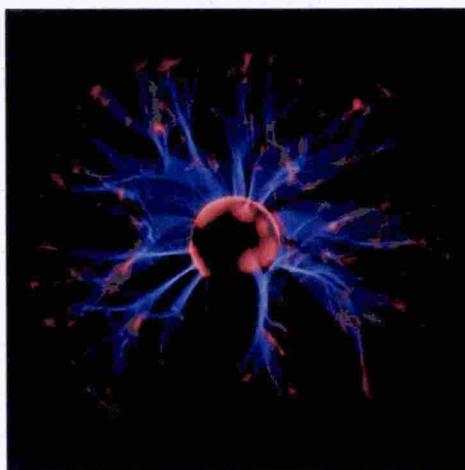




## LEITURA 2

### Descarga de Corona e Rigidez Dielétrica

Nas condições normais, o ar é constituído quase totalmente por moléculas neutras e, portanto (uma vez que não apresenta “cargas livres”), é um isolante. Contudo, o aquecimento ou um campo elétrico muito intenso podem produzir ionizações (“arrancar elétrons”), gerando cargas livres. O aquecimento aumenta o movimento das moléculas, que colidem mais umas com as outras, eventualmente produzindo elétrons livres. Um campo elétrico muito intenso pode ser capaz de arrancar elétrons dos átomos, uma vez que o núcleo positivo é atraído para uma direção e o elétron, negativo, sente força na direção oposta. Essencialmente, este processo pode fazer com que um isolante adquira tantas cargas livres que se torne tão bom condutor quanto um metal – este limite é conhecido como **rigidez dielétrica** do isolante. No caso do ar, é necessário um campo elétrico de cerca de  $3 \times 10^6 \text{ N/C}$  para que este processo ocorra.



Quando o campo elétrico nas proximidades de um condutor é suficientemente forte, elétrons que eventualmente estejam livres devido a colisões randômicas das moléculas de ar são acelerados pelo campo elétrico para longe das suas moléculas de origem. Esses elétrons se movendo em altas velocidades podem ionizar moléculas adicionais nas proximidades do condutor (arrancando mais elétrons ao colidir com outras moléculas de ar). Quando um elétron é recombinado com uma molécula ionizada, ele libera energia na forma de luz (produzindo um brilho azulado). Este fenômeno é conhecido como **descarga de corona** e é frequentemente observado perto de um condutor como uma linha de transmissão de alta voltagem. Se um condutor tem um formato irregular, o campo elétrico tende a ser mais forte nas pontas deste condutor – consequentemente o processo de ionização tem maior probabilidade de ocorrer nestes pontos.

Este fenômeno é usado na indústria de transmissão de energia para localizar componentes quebrados ou defeituosos. Por exemplo, um isolante quebrado em uma torre de transmissão tem pontas onde é provável que uma descarga ocorra. Nas bolas decorativas como nas da figura, a câmara é preenchida com um gás de fácil ionização (não ar), de maneira que com pouca carga acumulada na esfera central o campo elétrico produza ionizações neste gás. Lembre-se que quando elétrons encontram íons positivos e os neutralizam há liberação de energia na forma de luz, produzindo o efeito luminoso.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

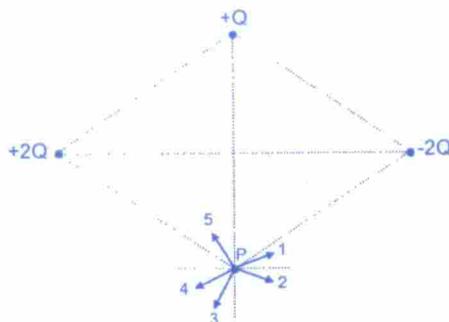
As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**46. PUCRS.** Uma pequena esfera de peso  $6,0 \times 10^{-3}$  N e carga elétrica  $10,0 \times 10^{-6}$  C encontra-se suspensa verticalmente por um fio de seda, isolante elétrico e de massa desprezível. A esfera está no interior de um campo elétrico uniforme de 300 N/C, orientado na vertical e para baixo. Considerando que a carga elétrica da esfera é, inicialmente, positiva e, posteriormente, negativa, as forças de tração no fio são, respectivamente,



- A)  $3,5 \times 10^{-3}$  N e  $1,0 \times 10^{-3}$  N
- B)  $4,0 \times 10^{-3}$  N e  $2,0 \times 10^{-3}$  N
- C)  $5,0 \times 10^{-3}$  N e  $2,5 \times 10^{-3}$  N
- D)  $9,0 \times 10^{-3}$  N e  $3,0 \times 10^{-3}$  N
- E)  $9,5 \times 10^{-3}$  N e  $4,0 \times 10^{-3}$  N

**47. UFRGS.** Três cargas puntiformes, de valores  $+2Q$  e  $+Q$  e  $-2Q$ , estão localizadas em três vértices de um losango, do modo indicado na figura abaixo.



Sabendo-se que não existem outras cargas elétricas presentes nas proximidades desse sistema, qual das setas mostradas na figura representa melhor o campo elétrico no ponto  $P$ , quarto vértice do losango?

- A) A seta 1.
- B) A seta 2.
- C) A seta 3.
- D) A seta 4.
- E) A seta 5.

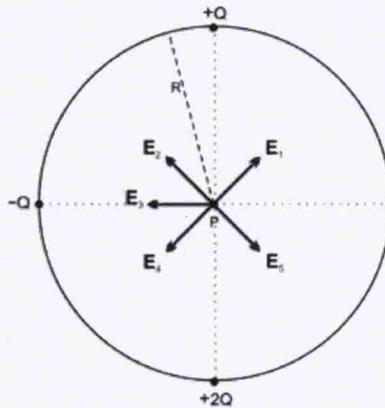


48. Seja  $Q$  (positiva) a carga geradora do campo elétrico e  $q_0$  a carga de prova em um ponto  $P$ , próximo de  $Q$ . Podemos afirmar que:

- A) o vetor campo elétrico em  $P$  dependerá do sinal de  $q_0$ .
- B) o módulo do vetor campo elétrico em  $P$  será tanto maior quanto maior for a carga  $q_0$ .
- C) o vetor campo elétrico será constante nas proximidades da carga  $Q$ .
- D) a força elétrica em  $P$  será constante, qualquer que seja o valor de  $q_0$ .
- E) o vetor campo elétrico em  $P$  é independente da carga de prova  $q_0$ .



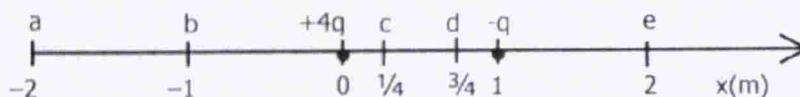
49. UFRGS. As cargas elétricas  $+Q$ ,  $-Q$  e  $+2Q$  estão dispostas num círculo de raio  $R$ , conforme representado na figura abaixo.



Com base nos dados da figura, é correto afirmar que, o campo elétrico resultante no ponto situado no centro do círculo está representado pelo vetor

- A)  $E_1$ .
- B)  $E_2$ .
- C)  $E_3$ .
- D)  $E_4$ .
- E)  $E_5$ .

50. UFRGS. Duas cargas elétricas pontiformes, de valores  $+4q$  e  $-q$ , são fixadas sobre o eixo dos  $x$ , nas posições indicadas na figura abaixo.

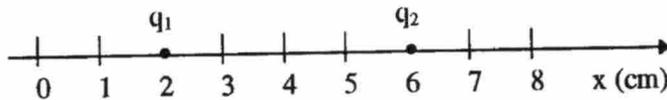


Sobre esse eixo, a posição na qual o campo elétrico é nulo é indicado pela letra



- A) a.
- B) b.
- C) c.
- D) d.
- E) e.

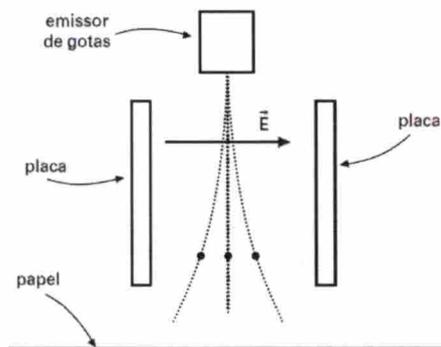
**51. UFRGS.** Na figura,  $q_1$  e  $q_2$  representam duas cargas elétricas puntiformes de mesmo sinal fixadas nos pontos  $x = 2 \text{ cm}$  e  $x = 6 \text{ cm}$ , respectivamente.



Para que o campo elétrico resultante produzido por essas cargas seja nulo no ponto  $x = 3 \text{ cm}$ , qual deve ser a relação entre as cargas?

- A)  $q_1 = q_2$
- B)  $q_1 = 3 q_2$
- C)  $q_1 = 4 q_2$
- D)  $q_1 = q_2 / 3$
- E)  $q_1 = q_2 / 9$

**52.** Uma das aplicações tecnológicas modernas da eletrostática foi a invenção da impressora a jato de tinta. Esse tipo de impressora utiliza pequenas gotas de tinta, que podem ser eletricamente neutras ou eletrizadas positiva ou negativamente.



Essas gotas são jogadas entre as placas defletoras da impressora, região onde existe um campo elétrico uniforme  $E$ , atingindo, então, o papel para formar as letras. A figura a seguir mostra três gotas de tinta, que são lançadas para baixo, a partir do emissor. Após atravessar a região entre as placas, essas gotas vão impregnar o papel. (O campo elétrico uniforme está representado por apenas uma linha de força.)

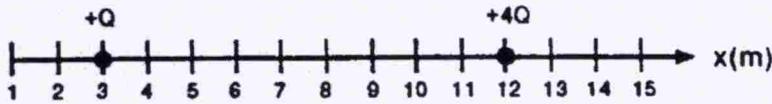


Pelos desvios sofridos, pode-se dizer que a gota 1, a 2 e a 3 estão, respectivamente:

- A) carregada negativamente, neutra e carregada positivamente.
- B) neutra, carregada positivamente e carregada negativamente.
- C) carregada positivamente, neutra e carregada negativamente.
- D) carregada positivamente, carregada negativamente e neutra.



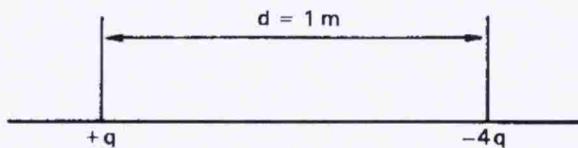
53. PUCRS. Duas cargas elétricas de valores  $+Q$  e  $+4Q$  estão fixas nas posições 3 e 12 sobre um eixo, como indica a figura.



O campo elétrico resultante criado por essas cargas será nulo na posição

- A) 3
- B) 4
- C) 5
- D) 6
- E) 7

54. Na distribuição de cargas elétricas representada na figura abaixo, o ponto onde o campo elétrico é nulo fica:



- A) entre as cargas e no centro
- B) entre as cargas e a 0,3 m de  $+q$
- C) a 2 m de  $-4q$  e à sua direita
- D) a 1 m de  $+q$  e à sua esquerda
- E) a 4 m de  $+q$  e à sua esquerda

55. UPF. Duas cargas elétricas estão dispostas como indica a figura.

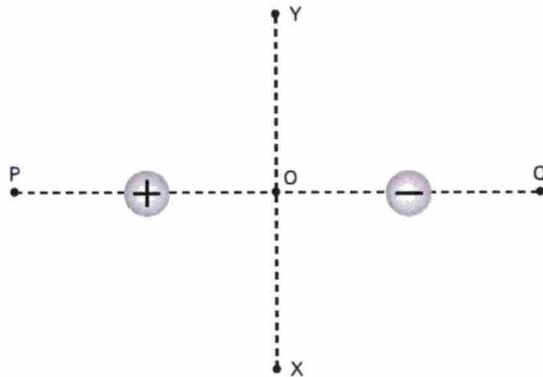


O campo elétrico produzido por elas é nulo num ponto colocado.

- A) a 1m à direita de A.
- B) a 1,5 m à direita de A.
- C) a 1m à esquerda de B.
- D) à direita de B.
- E) à esquerda de A.



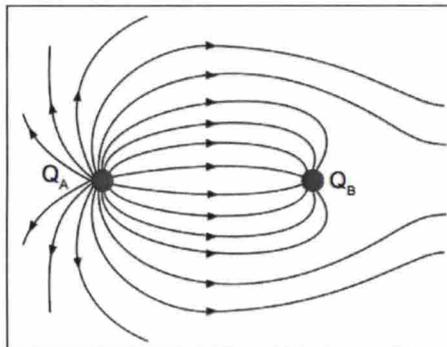
56. A figura mostra duas esferas carregadas com cargas de mesmo módulo e de sinais contrários, mantidas fixas em pontos equidistantes do ponto O.



Considerando essa situação, é correto afirmar que o campo elétrico produzido pelas duas cargas:

- A) não pode ser nulo em nenhum dos pontos marcados.
- B) pode ser nulo em todos os pontos da linha XY.
- C) pode ser nulo nos pontos P e Q.
- D) pode ser nulo somente no ponto O.

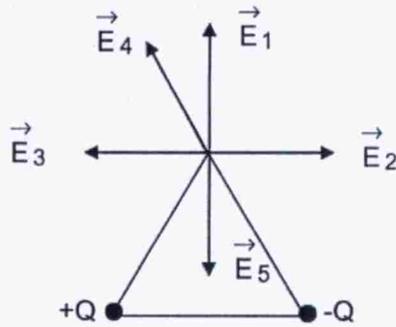
57. PUCRS. INSTRUÇÃO: Para responder à questão, considere a figura abaixo, que representa as linhas de força do campo elétrico gerado por duas cargas pontuais  $Q_A$  e  $Q_B$ .



A soma  $Q_A + Q_B$  é, necessariamente, um número

- A) par.
- B) ímpar.
- C) inteiro.
- D) positivo.
- E) negativo.

Responder à questão 58 com base na figura a seguir, que representa duas cargas elétricas de mesma intensidade e sinais opostos colocadas nos vértices inferiores do triângulo equilátero.

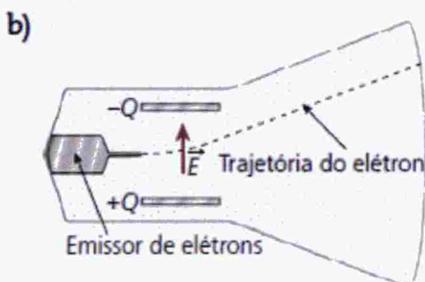
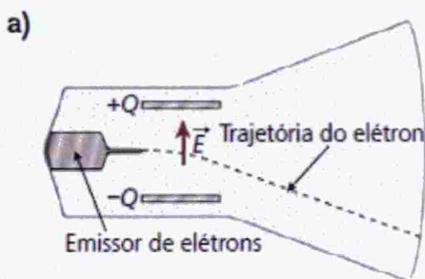


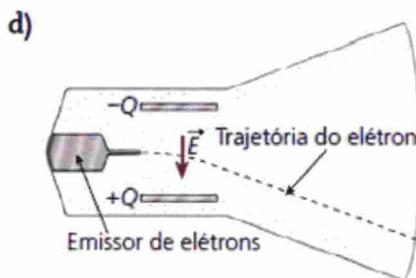
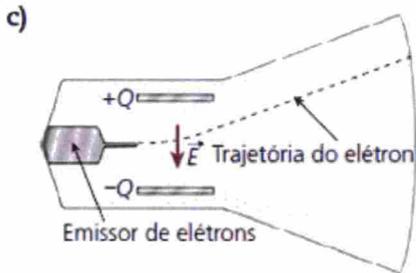
58. PUCRS. O vetor que representa o campo elétrico resultante no vértice superior do triângulo é

- A)  $\vec{E}_1$
- B)  $\vec{E}_2$
- C)  $\vec{E}_3$
- D)  $\vec{E}_4$
- E)  $\vec{E}_5$



59. O tubo de imagem, também denominado cinescópio, é um elemento essencial no aparelho de TV tradicional. Ele possui um emissor de elétrons, que são acelerados por campos elétricos em direção à parte interna da tela. Esta, ao ser atingida, emite luz. Cada figura a seguir representa um modelo simplificado de cinescópio. Nesses modelos, é mostrada a trajetória de um elétron que passa entre as placas de um capacitor carregado com carga  $Q$ , entre as quais existe um campo elétrico  $E$ , e atinge a tela da TV. A opção de resposta que representa corretamente a direção do campo elétrico,  $E$ , entre as placas do capacitor e a trajetória do elétron é:





60. Em um ponto do espaço existe um campo elétrico de intensidade igual a  $5,0 \times 10^7$  N/C apontando para a direita. Colocando-se neste ponto uma carga puntiforme  $q = -5,0 \times 10^{-4}$  C, esta ficará sujeita a uma força de intensidade igual a

- A)  $2,5 \times 10^4$  N para a esquerda.
- B)  $2,5 \times 10^4$  N para a direita.
- C)  $1,0 \times 10^4$  N para a esquerda.
- D)  $1,0 \times 10^4$  N para a direita.
- E)  $1,2 \times 10^4$  N para a direita.



61. ENEM. Durante a formação de uma tempestade são observadas várias descargas elétricas, 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 elétricas positivas ou negativas, que induz uma polarização oposta no solo.

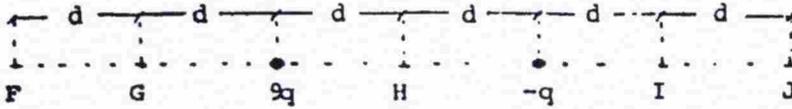


Essas descargas elétricas ocorrem devido ao aumento da intensidade do(a)

- A) Campo magnético da Terra.
- B) Corrente elétrica gerada dentro das nuvens.
- C) Resistividade elétrica do ar entre as nuvens e o solo.
- D) Campo elétrica entre as nuvens e a superfície da Terra.
- E) Força eletromotriz induzida nas cargas acumuladas no solo.



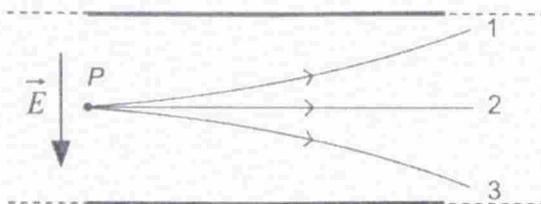
62. PUCRS. A figura abaixo mostra duas cargas elétricas de valor  $9q$  e  $-q$ , afastadas de uma distância  $2d$ .



O campo elétrico resultante criado pelas cargas é nulo em

- A) F
- B) G
- C) H
- D) I
- E) J

63. UFRGS. A figura abaixo representa um campo elétrico uniforme  $E$  existente entre duas placas extensas, planas e paralelas, no vácuo. Uma partícula é lançada horizontalmente, com velocidade de módulo constante, a partir do ponto  $P$  situado a meia distância entre as placas. As curvas 1, 2 e 3 indicam possíveis trajetórias da partícula. Suponha que ela não sofra ação da força gravitacional.



Com base nesses dados, assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do seguinte enunciado.

A trajetória ..... indica que a partícula .....

- A) 3 - está carregada negativamente
- B) 3 - está carregada positivamente
- C) 1 - está carregada positivamente
- D) 1 - não está carregada
- E) 2 - está carregada positivamente

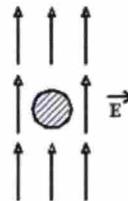


**64. UFRGS.** Duas grandes placas planas carregadas eletricamente, colocadas uma acima da outra paralelamente ao solo, produzem entre si um campo elétrico que pode ser considerado uniforme. O campo está orientado verticalmente e aponta para baixo. Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo. Uma partícula com carga negativa é lançada horizontalmente na região entre as placas. À medida que a partícula avança, sua trajetória ....., enquanto o módulo de sua velocidade ..... (Considere que os efeitos da força gravitacional e da influência do ar podem ser desprezados.)



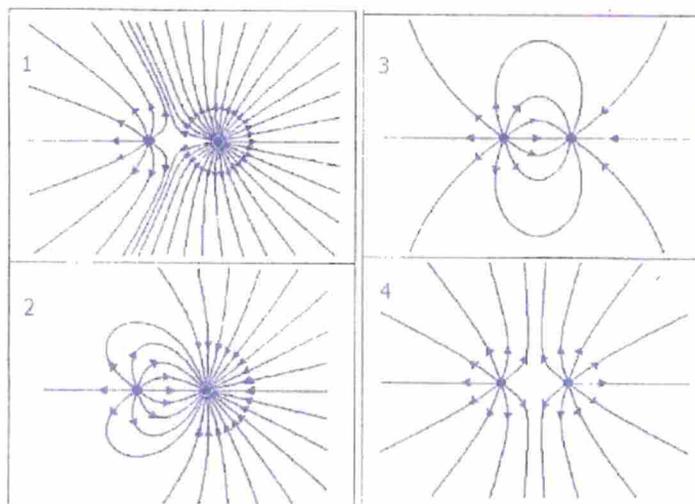
- A) se encurva para cima – aumenta
- B) se encurva para cima – diminui
- C) se mantém retilínea – aumenta
- D) se encurva para baixo – aumenta
- E) se encurva para baixo – diminui

**65.** Numa região em que existe um campo eletrostático uniforme, uma pequena esfera condutora descarregada é introduzida. Das configurações, a que melhor representa a distribuição de cargas que aparecerá na superfície da esfera, é:



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

**66. UFRGS.** Na figura, está mostrada uma série de quatro configurações de linhas de campo elétrico.

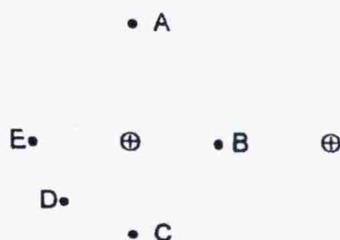




Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas na sentença abaixo, na ordem em que aparecem. Nas figuras ..... , as cargas são de mesmo sinal e, nas figuras ..... , as cargas têm magnitudes distintas.

- A) 1 e 4 – 1 e 2
- B) 1 e 4 – 2 e 3
- C) 3 e 4 – 1 e 2
- D) 3 e 4 – 2 e 3
- E) 2 e 3 – 1 e 4

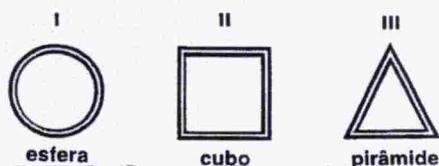
**67. UFRGS.** A figura ilustra duas cargas elétricas positivas iguais. As cargas e os pontos estão localizados no plano da página.



Em qual dos pontos representados, o campo elétrico resultante é menos intenso?

- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

**68. UFRGS.** A figura abaixo representa, em corte, três objetos de formas geométricas diferentes, feitos de material bom condutor, que se encontram em repouso. Os objetos são ocos, totalmente fechados, e suas cavidades internas se acham vazias. A superfície de cada um dos objetos está carregada com carga elétrica estática de mesmo valor  $Q$ .



Em quais desses objetos o campo elétrico é nulo em qualquer ponto da cavidade interna ?

- A) Apenas em I.
- B) Apenas em II.
- C) Apenas em I e II.
- D) Apenas em II e III.
- E) Em I, II e III.



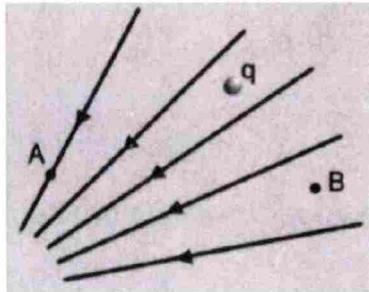
69. ENEM. No manual de uma máquina de lavar, o usuário vê o símbolo:



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.

70. A figura mostra as linhas de força de um campo elétrico gerado pela carga de um determinado corpo. A carga  $q$  é positiva.



Em relação ao sentido da força elétrica que atua na carga  $q$ , à intensidade  $E$  do campo elétrico nos pontos A e B e ao sinal da carga do corpo que gerou o campo elétrico, é correto afirmar:

- A) é o mesmo sentido das linhas de força;  $E_A > E_B$ ; a carga do corpo é positiva.
- B) é o sentido oposto ao das linhas de força;  $E_A < E_B$ ; a carga do corpo é negativa.
- C) é o mesmo sentido das linhas de força;  $E_A > E_B$ ; a carga do corpo é negativa.
- D) é o sentido oposto ao das linhas de força;  $E_A < E_B$ ; a carga do corpo é positiva.
- E) é o sentido oposto ao das linhas de força;  $E_A > E_B$ ; a carga do corpo é positiva.

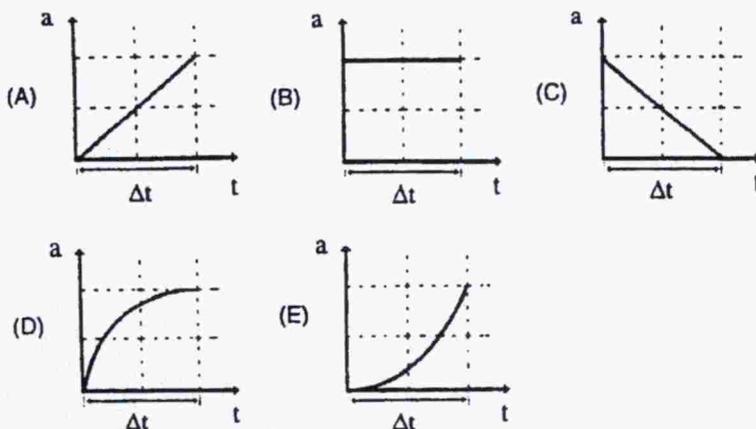


**71. UFRGS.** Duas cargas elétricas, A e B, sendo A de  $2 \mu\text{C}$  e B de  $-4 \mu\text{C}$ , encontram-se em um campo elétrico uniforme. Qual das alternativas representa corretamente as forças exercidas sobre as cargas A e B pelo campo elétrico?



- (A)  $\leftarrow$  A      $\leftarrow$  B
- (B) A  $\rightarrow$       $\leftarrow$  B
- (C)  $\leftarrow$  A     B  $\rightarrow$
- (D) A  $\rightarrow$      B  $\rightarrow$
- (E) A  $\rightarrow$      B  $\rightarrow$

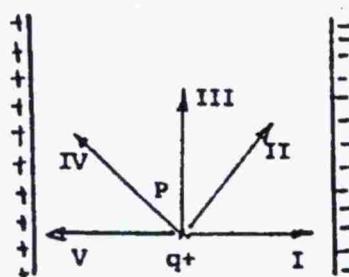
**72. UFRGS.** Uma partícula com carga elétrica positiva  $q_0$  é colocada em uma região onde existe um campo elétrico uniforme e na qual se fez vácuo. No instante em que a partícula é abandonada nessa região, ela tem velocidade nula. Após um intervalo de tempo  $\Delta t$ , sofrendo a ação apenas do campo elétrico, observa-se que a partícula tem velocidade  $V$ , muito menor que a velocidade da luz. Selecione o gráfico que melhor representa o módulo da aceleração ( $a$ ) sofrida pela partícula em função do tempo ( $t$ ), durante o intervalo  $\Delta t$ .



**73. PUCRS.** Duas placas planas e paralelas foram eletrizadas conforme a figura abaixo. Uma carga positiva livre, abandonada no ponto P entre as placas, irá mover-se seguindo a trajetória

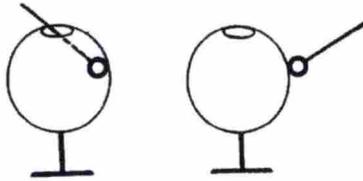


- A) I
- B) II
- C) III
- D) IV
- E) V





74. Consideremos uma esfera metálica oca provida de um orifício e eletrizada com carga  $Q$ . Uma pequena esfera metálica neutra é posta em contato com a primeira.



- I. Se o contato for interno, a pequena esfera não se eletriza.
- II. Se o contato for externo, a pequena esfera se eletriza.
- III. Se a pequena esfera estivesse eletrizada após um contato interno, ficaria neutra.

Com base nas afirmações

- A) Só I é correta.
- B) Só II é correta.
- C) Só III é correta.
- D) Apenas I e II são corretas.
- E) Todas são corretas.

75. Com relação à ocorrência de uma descarga elétrica na atmosfera, analise :



I. Objetos pontiagudos como o para-raios estão mais propensos a dissipar cargas elétricas, pois, devido a sua forma, as cargas elétricas livres tendem a se acumular nesse local, em um processo conhecido como “poder das pontas”.

II. O processo de acúmulo de cargas na atmosfera assemelha-se ao processo de carga de duas placas condutoras paralelas que possuem um dielétrico entre elas. Quando o raio ocorre, diz-se que o dielétrico, no caso o ar, foi rompido, passando a conduzir.

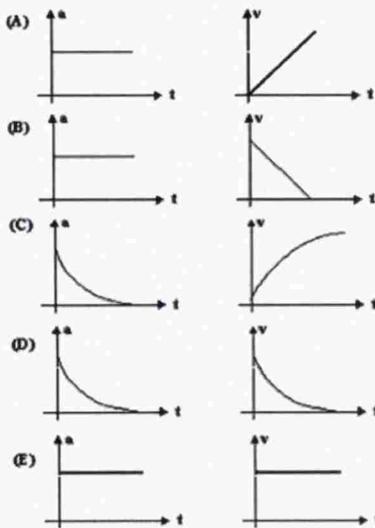
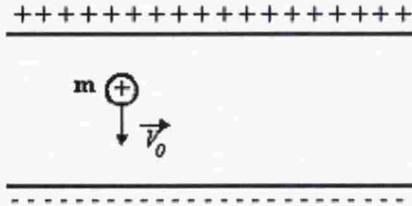
III. O interior de corpos metálicos, como um carro, constitui um ambiente seguro contra raios que neles incidam, devido ao fato de o campo elétrico no interior desses corpos ser nulo.

É correto o contido em

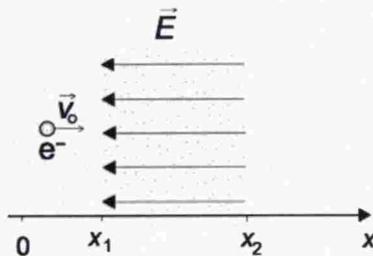
- A) I, apenas.
- B) I e II, apenas.
- C) I e III, apenas.
- D) II e III, apenas.
- E) I, II e III



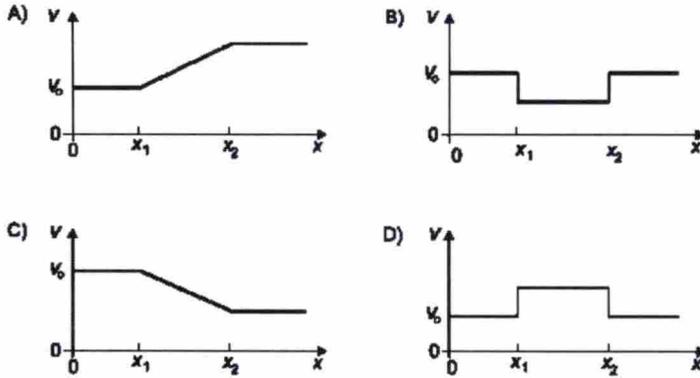
76. Uma partícula de massa  $m$ , eletrizada positivamente, é abandonada, em um campo elétrico uniforme, como mostra a figura a seguir. Se  $v$  representa a velocidade escalar da partícula e  $a$ , a aceleração escalar do movimento, qual das alternativas abaixo representa, corretamente, os gráficos de  $v$  e  $a$ , em função do tempo  $t$ ?



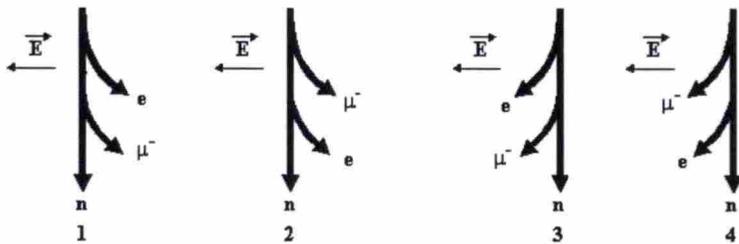
77. Na figura, um elétron desloca-se na direção  $x$ , com velocidade inicial  $v_0$ . Entre os pontos  $x_1$  e  $x_2$ , existe um campo elétrico uniforme  $E$ , cujas linhas de força também estão representadas na figura.



Despreze o peso do elétron nessa situação. Considerando a situação descrita, assinale a alternativa cujo gráfico melhor descreve o módulo da velocidade do elétron em função de sua posição  $x$



78. Os diagramas representados abaixo são as opções para as trajetórias de três feixes: de nêutrons ( $n$ ), múons negativos ( $\mu^-$ ) e elétrons ( $e$ ). Estes, a princípio, compunham um único feixe que penetrou em dada região, perpendicularmente a um campo elétrico constante ( $E$ ).



A massa do múon é cerca de 207 vezes maior que a do elétron e a carga de ambos é a mesma. Nessas circunstâncias, o diagrama que melhor representa as trajetórias dos feixes é o de número:

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4

79. Sobre uma partícula carregada atuam exclusivamente as forças devidas aos campos elétrico e gravitacional terrestre. Admitindo que os campos sejam uniformes e que a partícula caia verticalmente, com velocidade constante, podemos afirmar que:



- A) A intensidade do campo elétrico é igual à intensidade do campo gravitacional.
- B) A força devida ao campo elétrico é menor, em módulo, do que o peso da partícula.
- C) A força devida ao campo elétrico é maior, em módulo, do que o peso da partícula.
- D) A força devida ao campo elétrico é igual, em módulo, do que o peso da partícula.
- E) A direção do campo elétrico é perpendicular à direção do campo gravitacional.



**80. UFRGS.** Entre 1909 e 1916, o físico norte-americano Robert Millikan (1868-1953) realizou inúmeras repetições de seu famoso experimento da "gota de óleo", a fim de determinar o valor da carga do elétron. O experimento, levado a efeito no interior de uma câmara a vácuo, consiste em contrabalançar o peso de uma gotícula eletrizada de óleo pela aplicação de um campo elétrico uniforme, de modo que a gotícula se movimenta com velocidade constante.



O valor obtido por Millikan para a carga eletrônica foi de aproximadamente  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

Suponha que, numa repetição desse experimento, uma determinada gotícula de óleo tenha um excesso de cinco elétrons, e que seu peso seja de  $4,0 \times 10^{-15} \text{ N}$ . Nessas circunstâncias, para que a referida gotícula se movimenta com velocidade constante, a intensidade do campo elétrico aplicado deve ser de aproximadamente

- A)  $5,0 \times 10^2 \text{ V/m}$ .
- B)  $2,5 \times 10^3 \text{ V/m}$ .
- C)  $5,0 \times 10^3 \text{ V/m}$ .
- D)  $2,5 \times 10^4 \text{ V/m}$ .
- E)  $5,0 \times 10^4 \text{ V/m}$ .

**81. UPF.** Uma pequena esfera de  $1,6 \text{ g}$  de massa é eletrizada retirando-se um número  $n$  de elétrons. Dessa forma, quando a esfera é colocada em um campo elétrico uniforme de  $1 \times 10^9 \text{ N/C}$ , na direção vertical para cima, a esfera fica flutuando no ar em equilíbrio. Considerando que a aceleração gravitacional local  $g$  é  $10 \text{ m/s}^2$  e a carga de um elétron é  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , pode-se afirmar que o número de elétrons retirados da esfera é:



- A)  $1 \times 10^{19}$
- B)  $1 \times 10^{10}$
- C)  $1 \times 10^9$
- D)  $1 \times 10^8$
- E)  $1 \times 10^7$

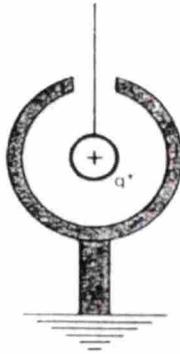
**82 UPF.** Um professor explica que uma partícula carregada, de massa  $M$  e carga  $+Q$ , é lançada com velocidade  $v$ , paralela às linhas de força de um campo elétrico uniforme de intensidade  $E$ , porém no sentido oposto a elas. Em relação ao movimento resultante, a melhor alternativa afirma que a :



- A) partícula continua se movimentando com velocidade constante  $v$ .
- B) velocidade da partícula aumenta.
- C) velocidade da partícula diminui.
- D) velocidade da partícula primeiro diminui e logo aumenta.
- E) velocidade da partícula primeiro aumenta e logo diminui.



83. Através de um orifício numa esfera metálica oca, isolada eletricamente e inicialmente neutra, introduz-se uma pequena esfera também metálica carregada com carga elétrica  $+q$ , sem que ela toque a esfera grande, mantendo-a suspensa por um fio isolante no interior da esfera maior.



Nessas condições, a superfície externa da esfera grande estará

- A) carregada com uma carga  $+q$ .
- B) carregada com uma carga  $-q$ .
- C) carregada com uma carga  $+\frac{q}{2}$ .
- D) carregada com uma carga  $-\frac{q}{2}$ .
- E) neutra.

84. UFRGS. Analise cada uma das seguintes afirmações relacionadas com eletricidade e indique se é verdadeira (V) ou falsa (F).



I - Uma esfera metálica eletricamente neutra pode ser atraída por uma força elétrica ao ser aproximada de um bastão de vidro positivamente carregado.

II - Em uma esfera metálica eletricamente carregada, as cargas distribuem-se uniformemente dentro de toda esfera.

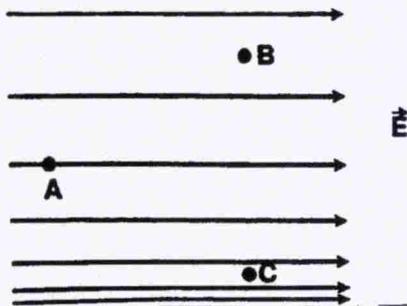
III - Uma carga elétrica positiva colocada entre duas cargas negativas é repelida por ambas.

Quais são, pela ordem, as indicações corretas?

- A) V, F, F.
- B) V, F, V.
- C) V, V, F.
- D) F, V, V.
- E) F, V, F.



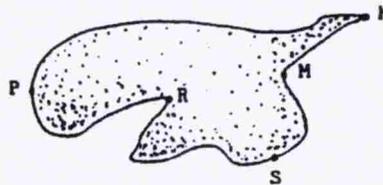
85. PUCRS. Três pontos A, B e C estão posicionados no interior de um campo elétrico E, como indica a figura.



A alternativa que melhor representa a intensidade do campo elétrico nos pontos A, B e C é

- A)  $E_A = E_B = E_C$
- B)  $E_A > E_B > E_C$
- C)  $E_A > E_B = E_C$
- D)  $E_A = E_B > E_C$
- E)  $E_A > E_B < E_C$

86. PUCRS. Sabe-se que o corpo representado abaixo é um condutor maciço e está eletrizado. Estando as cargas em equilíbrio, deve-se concluir que o campo elétrico é mais intenso em torno do ponto



- A) M
- B) N
- C) P
- D) R
- E) S

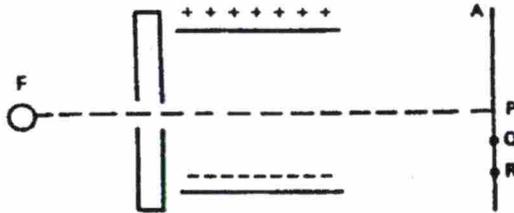
87. Uma carga elétrica negativa é abandonada numa região do espaço onde existe um campo elétrico uniforme. Desprezando outros campos que possam estar atuando nessa região, assinale a alternativa que traz uma afirmação CORRETA sobre essa carga, enquanto a mesma estiver nessa região do espaço.



- A) Ela se movimenta no sentido do campo elétrico em movimento uniforme.
- B) Ela se movimenta no sentido do campo elétrico em movimento acelerado.
- C) Ela se movimenta em sentido contrário ao do campo elétrico em movimento uniforme.
- D) Ela se movimenta em sentido contrário ao do campo elétrico em movimento acelerado.



88. Uma fonte F emite partículas (elétrons, prótons e nêutrons) que são lançadas no interior de uma região onde existe um campo elétrico uniforme. As partículas penetram perpendicularmente às linhas de força do campo. Três partículas emitidas atingem o anteparo A nos pontos P, Q e R.

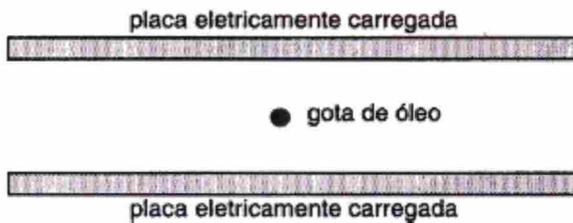


Podemos afirmar que essas partículas eram, respectivamente:

- A) elétron, nêutron, próton
- B) próton, nêutron, elétron
- C) elétron, próton, próton
- D) nêutron, elétron, elétron
- E) nêutron, próton, próton

INSTRUÇÃO: Responder à questão 89 com base na figura e na situação descrita a seguir.

A quantização da carga elétrica foi observada por Millikan em 1909. Nas suas experiências, Millikan mantinha pequenas gotas de óleo eletrizadas em equilíbrio vertical entre duas placas paralelas também eletrizadas, como mostra a figura abaixo. Para conseguir isso, regulava a diferença de potencial entre essas placas alterando, conseqüentemente, a intensidade do campo elétrico entre elas, de modo a equilibrar a força da gravidade.



89. PUCRS. Suponha que, em uma das suas medidas, a gota tivesse um peso de  $2,4 \times 10^{-13}$  N e uma carga elétrica positiva de  $4,8 \times 10^{-19}$  C. Desconsiderando os efeitos do ar existente entre as placas, qual deveria ser a intensidade e o sentido do campo elétrico entre elas para que a gota ficasse em equilíbrio vertical?



- A)  $5 \times 10^5$  N/C, para cima.
- B)  $5,0 \times 10^4$  N/C, para cima.
- C)  $4,8 \times 10^{-5}$  N/C, para cima.
- D)  $2,0 \times 10^{-5}$  N/C, para baixo.
- E)  $2,0 \times 10^{-6}$  N/C, para baixo.



## 90. 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.



# Aula 16

## Potencial Elétrico

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.85 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer as questões 104, 110, 111 e 113

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.87 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 122 e 129

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.88 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.92
Fazer as questões 91, 93, 114, 117, 121, 124, 127, 131, 134 e 135

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.88 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 4 se necessário
Fazer as questões 105, 106, 107, 112, 115, 120, 123, 125, 126, 130 e 133

### PARTE 5

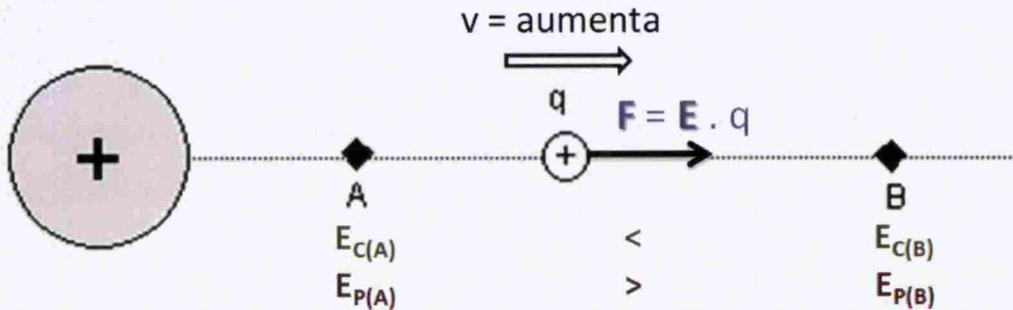
Estudar a Parte 5 – P.89 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 5 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.93
Fazer as questões 102, 103, 108, 109, 116, 118, 119, 128 e 132



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo** nessa aula. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



## Potencial elétrico.



### Energia Potencial Elétrica ( $E_P$ )

- Energia da carga associado a posição da mesmo no campo elétrico.
- Unidade [S.I.] joule (J)
- $E_P = V \cdot q$

### Energia Cinética ( $E_C$ )

- Energia de movimento associada a carga.
- Unidade [S.I.] joule (J)
- $E_C = \frac{m \cdot v^2}{2}$

### Potencial elétrico de um ponto ( $V$ )

Grandeza característica de um ponto do campo elétrico, que informa e energia potencial elétrica (EP) armazenada, por unidade de carga, naquele ponto.

$$\text{UNIDADE : volt (V)} = \frac{\text{joule(J)}}{\text{coulomb(C)}}$$

### Teorema do trabalho da força resultante e da variação da energia cinética

$$W_{(\vec{F}_R)} = \Delta E_C = \sum W_n$$

### Diferença de potencial elétrico entre dois pontos ( **voltagem, tensão ou DDP** )

A diferença de potencial entre dois pontos A e B quaisquer, informa o trabalho realizado pelo campo elétrico (trabalho da força elétrica) para cada unidade de carga elétrica deslocada de um ponto a outro desse campo.

$$V_{AB} = V_A - V_B$$

$$\text{UNIDADE : volt (V)} = \frac{\text{joule(J)}}{\text{coulomb(C)}}$$

### Trabalho no deslocamento da carga

$$W_{AB} = \Delta E_C = V_{AB} \cdot q$$



**Atenção !!!!!!!**

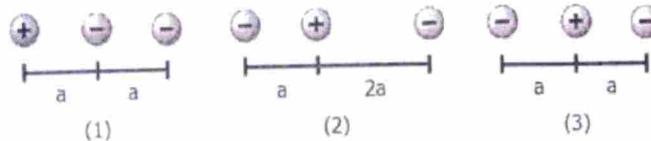
Potencial elétrico de **um ponto**  $\Rightarrow$  volt ( V ) =  $\frac{\text{joule(J)}}{\text{coulomb(C)}}$  energia no ponto

Diferença de potencial elétrico entre **dois pontos**  $\Rightarrow$  volt ( V ) =  $\frac{\text{joule(J)}}{\text{coulomb(C)}}$  trabalho realizado no deslocamento entre dois pontos

## MODELAGEM

**UFRGS**

Duas cargas negativas e uma carga positiva, as três de mesmo módulo, estão arranjadas, em posições fixas, de três maneiras distintas, conforme representa a figura abaixo.



Assinale a alternativa que ordena corretamente os valores da energia potencial eletrostática armazenada U.

- A)  $U_{(1)} > U_{(2)} = U_{(3)}$
- B)  $U_{(1)} > U_{(2)} > U_{(3)}$
- C)  $U_{(1)} = U_{(2)} = U_{(3)}$
- D)  $U_{(1)} < U_{(2)} < U_{(3)}$
- E)  $U_{(1)} < U_{(2)} = U_{(3)}$

$$E_P = V \cdot q = k \frac{Q \cdot q}{d}$$

$$E_{P(1)} = -k \frac{q \cdot q}{a} + k \frac{q \cdot q}{a} - k \frac{q \cdot q}{2a} = -k \frac{qq}{2a} = -0,5k \frac{q \cdot q}{a}$$

$$E_{P(2)} = -k \frac{q \cdot q}{a} - k \frac{q \cdot q}{2a} + k \frac{q \cdot q}{3a} = -k \frac{7q \cdot q}{6a} = -1,16k \frac{q \cdot q}{a}$$

$$E_{P(3)} = -k \frac{q \cdot q}{a} - k \frac{q \cdot q}{a} + k \frac{q \cdot q}{2a} = -k \frac{3qq}{2a} = -1,5k \frac{q \cdot q}{a}$$

**Resposta: B**

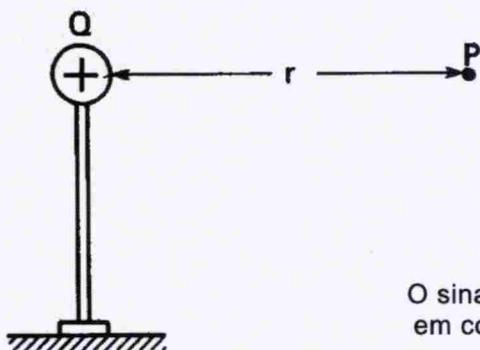


▪ **Parte 2**

**Carga Puntiforme**

### Potencial criado por uma carga puntual

Seja q carga Q puntual (corpo onde a carga está distribuída com dimensões desprezíveis em relação a distância d), o potencial elétrico V em um ponto P qualquer do campo elétrico pode ser determinado por:



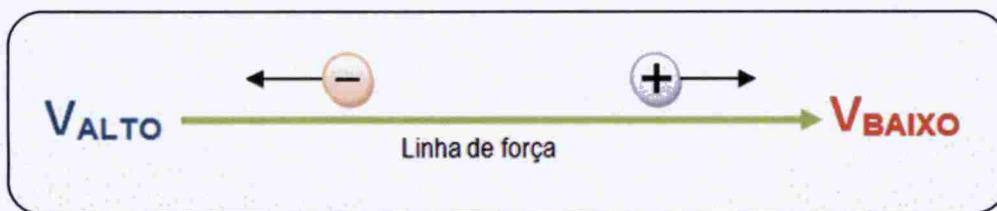
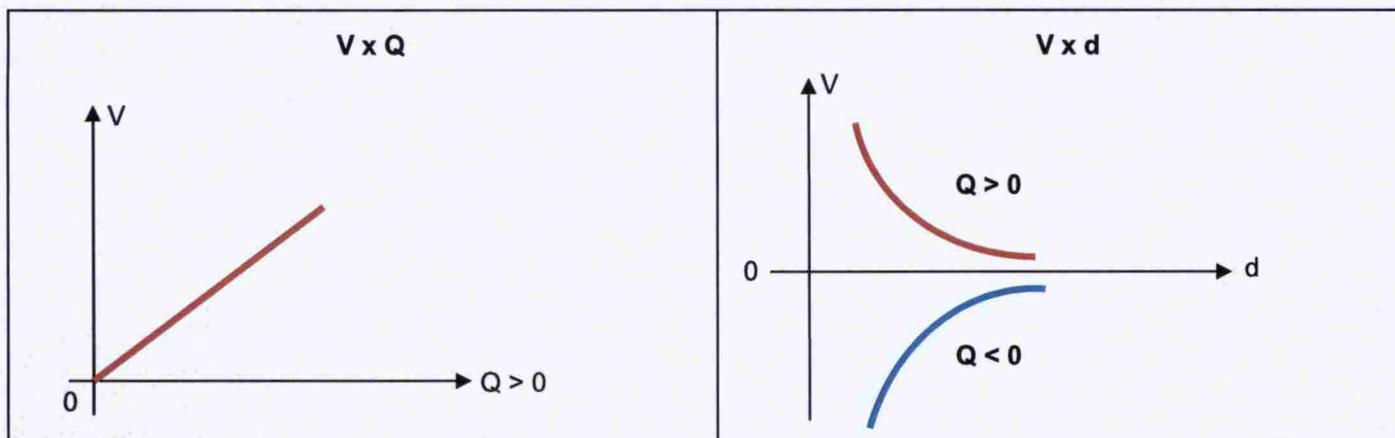
$$\pm V = k \frac{\pm Q}{d}$$

$$k_0 = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$$

O sinal da carga geradora do potencial deve ser levado em consideração, pois o potencial terá o mesmo sinal.



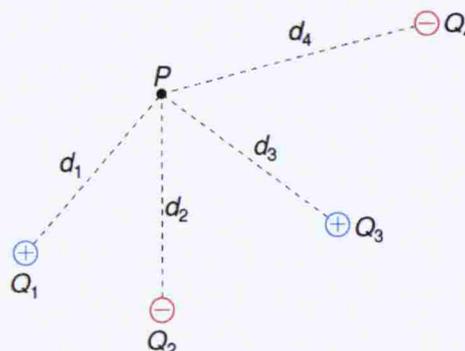
Gráficos :



### Potencial estabelecido por várias cargas elétricas pontuais

O potencial no ponto P, estabelecido simultaneamente pelas cargas Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> e Q<sub>3</sub>, é igual à soma algébrica dos potenciais que cada carga produz naquele ponto.

$$V_{\text{TOTAL}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \sum V_n$$



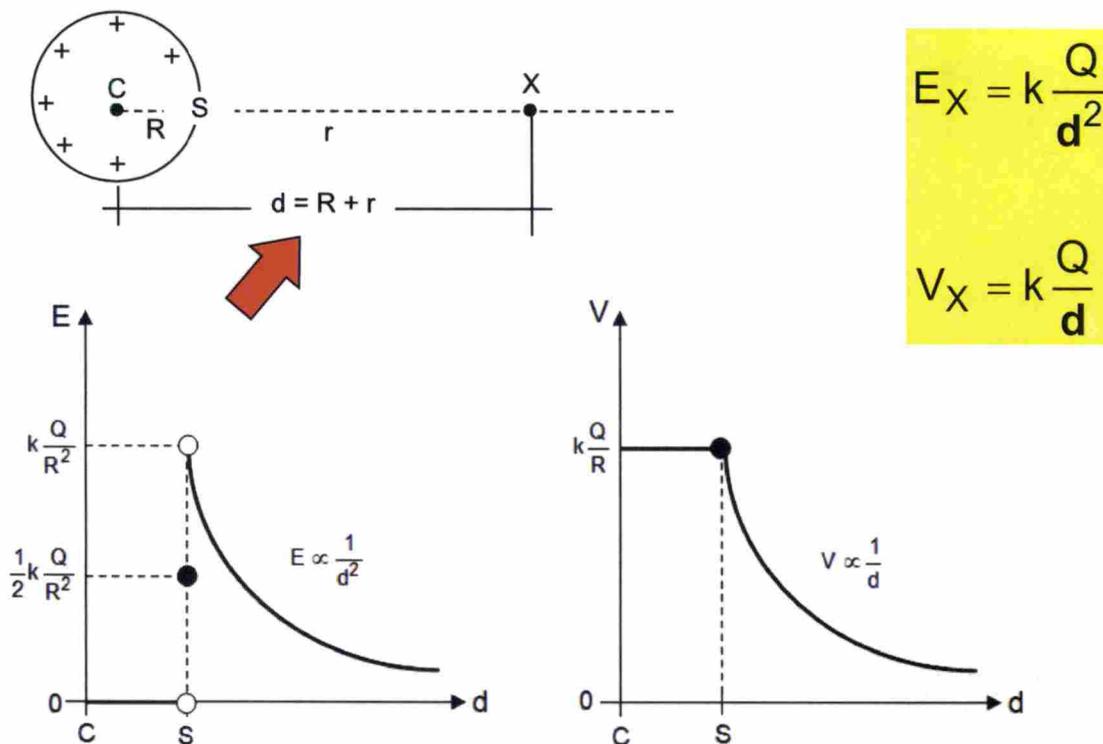
**ATENÇÃO!** Lembre-se que o campo elétrico resultante é uma soma vetorial



▪ Parte 3

Esfera Condutora

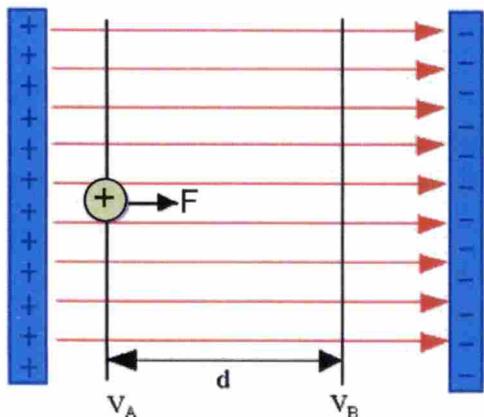
Esfera condutora eletrizada



▪ Parte 4

Campo Uniforme

DDP em um campo elétrico uniforme

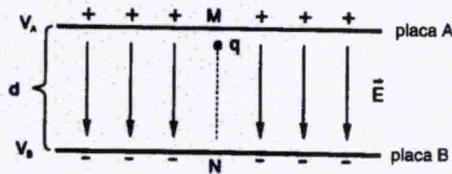


<b><math>F = E \cdot q = \text{constante}</math></b>
$W_{AB} = V_{AB} \cdot q \rightarrow V_{AB} = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{F \cdot \Delta X_{AB}}{q} = \frac{E \cdot q \cdot d_{AB}}{q} = E \cdot d_{AB}$
$\boxed{V_{AB} = E \cdot d_{AB}}$
$W_{AB} = \boxed{V_{AB} \cdot q} = F \cdot d_{AB} = \boxed{\Delta E_C}$



**Exemplos :**

I ) DDP entre as placas.



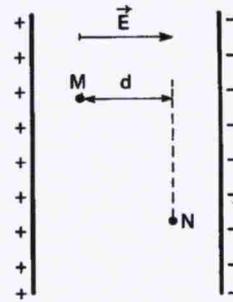
$$V_A - V_B = E \cdot d_{AB}$$

$$V_{AB} = E \cdot d_{AB}$$

→ distância entre as placas

→ DDP entre as placas

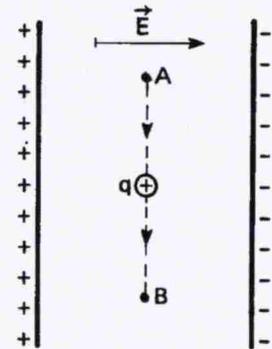
II ) DDP entre pontos de um C.E.U.



$$V_{MN} = V_M - V_N = E \cdot d$$

**ATENÇÃO !** utilize a distância entre os "níveis de energia" que contém os pontos, e não a distância direta entre os pontos.

III ) DDP entre dois pontos situados em um mesmo plano paralelo as placas.



$$V_{AB} = V_A - V_B = 0$$

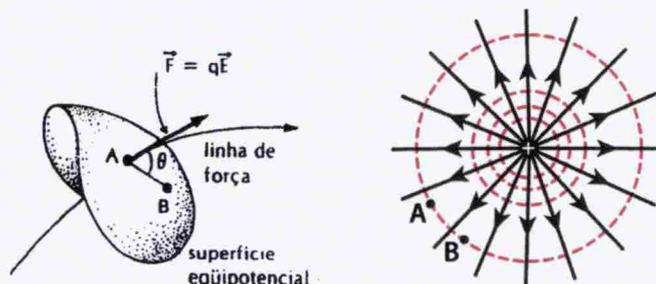
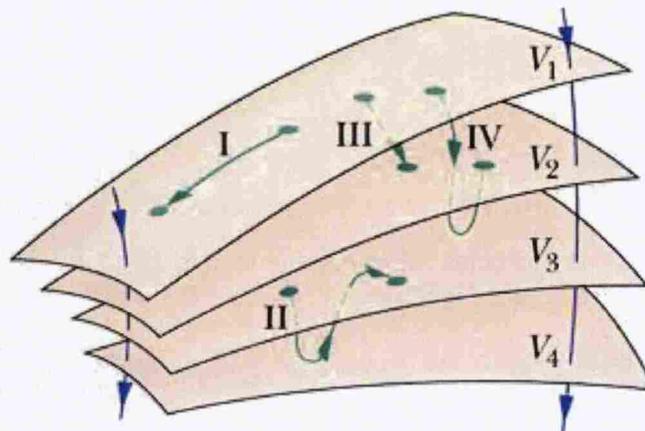
$$V_A = V_B$$

▪ **Parte 5**

**Superfícies Equipotenciais**

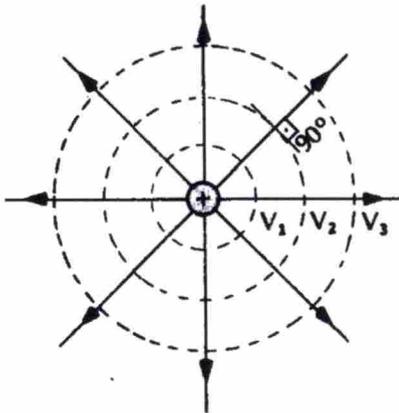
**Superfícies equipotenciais**

São superfícies que apresentam o mesmo potencial elétrico em todos os seus pontos. O trabalho realizado pelo campo elétrico para deslocar uma carga elétrica entre dois pontos de uma mesma superfície é nulo. Superfícies equipotenciais e linhas de força são perpendiculares entre si.

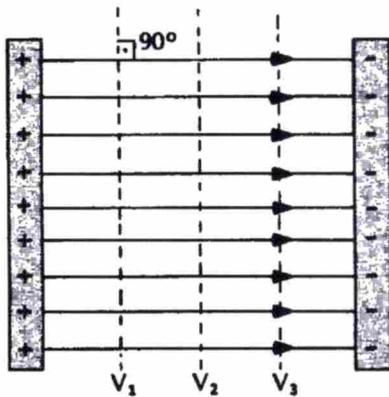




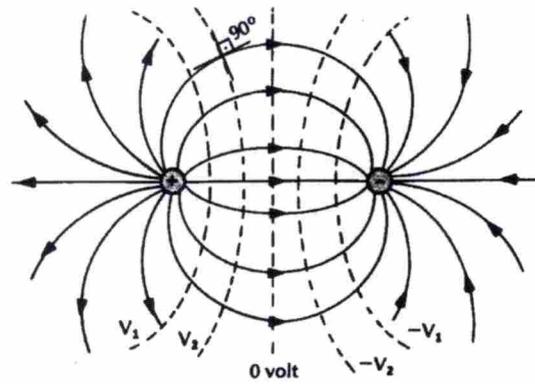
**Situação 1:** carga elétrica puntual.



**Situação 3:** Campo Elétrico Uniforme



**Situação 2:** Bipólo Elétrico

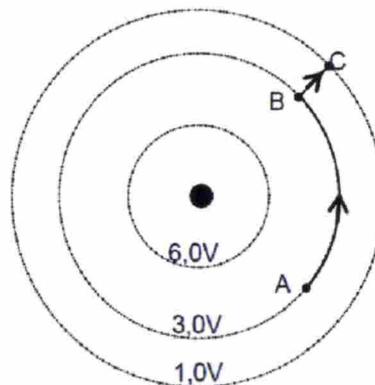


Blank area with horizontal dashed lines for writing.

**MODELAGEM**

**PUCRS.**

A figura a seguir mostra três linhas equipotenciais em torno de uma carga positiva que pode ser considerada puntiforme (as dimensões da carga são muito menores que as distâncias consideradas no problema).







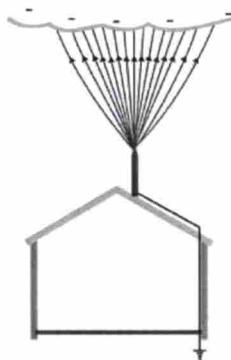
## LEITURA 1

### Como funcionam os Para-raios

#### Função Principal (ou de prevenção) dos Para-raios:

A função principal dos para-raios é evitar que os raios ocorram. Para isso ele se utiliza do poder das pontas. Quando uma nuvem se aproxima de um para-raios, ela induz cargas de sinal contrário no solo que fica eletrizado. Se nessa região existir um para-raios, este, também ficará eletrizado, mas devido ao poder das pontas um maior número de cargas elétricas irá se concentrar na ponta do para-raios. E após uma certa concentração, as cargas começam a serem ejetadas das pontas dos para-raios, tornando-se, assim, íons e elétrons livres que agora viajam pelo ar.

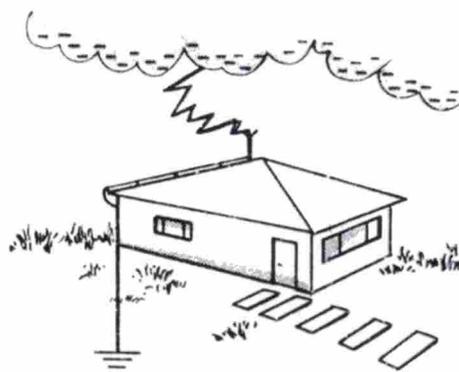
As nuvens atraem todas as cargas de sinal contrário que estiverem soltas no ar que aos poucos vão neutralizando a própria nuvem como ilustrado na figura abaixo. Este processo sendo lento, gradual e contínuo, as nuvens não concentram uma quantidade suficiente de carga, não sendo capazes de provocar os raios, pois são incapazes de tornar o ar de isolante em condutor.



#### Função Secundária (ou de proteção) dos Para-raios:

Se os cumulus-nimbus chegarem muito rapidamente ou com uma quantidade de carga muito elevada, o processo de descarga não é lento e gradual, mas se torna rápido o que aumenta muito a quantidade de íons na ponta do para-raios.

Como os raios "são preguiçosos" eles sempre procuram o caminho mais fácil para chegar ao chão. Devido ao grande número de íons na ponta do para-raios o líder desce por esse "caminho", pois, assim, ele precisará criar um menor número de íons para fechar o "circuito" e tornar o ar um condutor como mostra o esquema a seguir. Como os metais conduzem melhor a eletricidade, a descarga (raio) se completará pelo para-raios, sendo dispersada pelo solo através do aterramento.

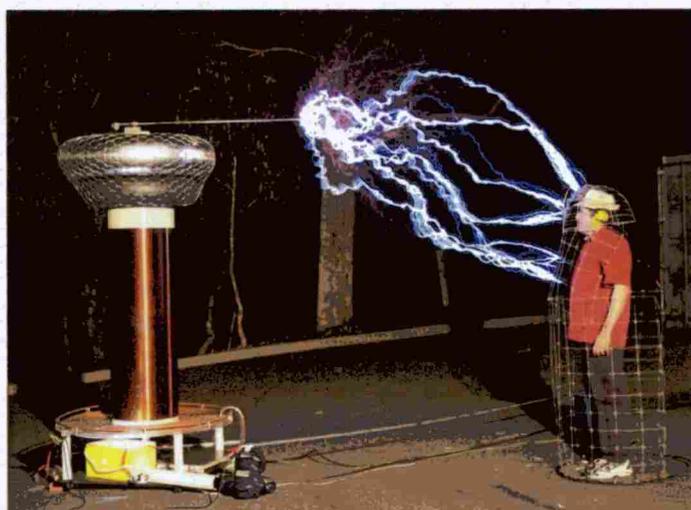




## LEITURA 2

## Blindagem Eletrostática (Gaiola de Faraday)

Todo condutor apresenta um grande número de elétrons “livres” – mesmo que esteja neutro. Se um campo elétrico é colocado sobre este condutor, estes elétrons livres irão se mover até que eventualmente seu próprio campo elétrico cancele o campo externo e não haja mais campo no interior do condutor, atingindo o equilíbrio (se isso não acontecer os elétrons se moveriam para sempre e cada vez mais rápido, o que não faria muito sentido – então sabemos que as cargas se distribuem de modo a cancelar o campo). Este processo leva apenas uma fração de segundo. Podemos dizer então que **o campo elétrico permanece nulo no interior de um condutor ideal**. Além disso, sabemos que qualquer carga extra adicionada à superfície do condutor irá se depositar na superfície externa dele (cargas iguais se repelem, de maneira que as cargas “se empurram” o mais longe que podem umas das outras – até acabarem distribuídas pela superfície externa do material).



Considere agora um corpo qualquer envolto completamente por um condutor (por exemplo, dentro de uma esfera condutora). Uma vez que as cargas de um condutor se distribuem de forma que o campo elétrico em seu interior se anule, mesmo que a esfera condutora seja levada a uma região do espaço onde existe um campo elétrico suas cargas irão se rearranjar de modo a anular o campo no interior. Desta forma, onde está o corpo o campo elétrico se manterá nulo, mesmo que exista um campo no exterior. O corpo está então blindado de qualquer influência elétrica externa. **Corpos envoltos por condutores estão protegidos de qualquer influência elétrica externa**. É este fenômeno que torna um carro seguro em uma tempestade de raios. O efeito de um condutor para **blindar** um campo externo pode ser visto no vídeo.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**91. UPF.** Durante uma experiência didática sobre eletrostática, um professor de Física eletriza uma esfera metálica oca suspensa por um fio isolante. Na sequência, faz as seguintes afirmações:



- I. A carga elétrica transferida para a esfera se distribui na superfície externa desta.
- II. O campo elétrico no interior da esfera é nulo.
- III. O campo elétrico na parte exterior da esfera tem direção perpendicular à superfície desta.
- IV. A superfície da esfera, na situação descrita, apresenta o mesmo potencial elétrico em todos os pontos.
- V. A carga elétrica acumulada na esfera é positiva, pois lhe foram transferidas cargas positivas.

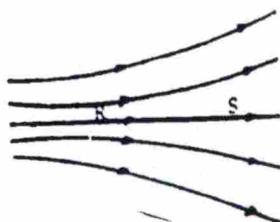
Está correto o que se afirma em:

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

**92. UFRGS.** A figura ilustra um campo elétrico por meio de linhas de força. Nessa situação, é correto afirmar que a intensidade do campo elétrico na região próxima do ponto R é ..... do que na região próxima do ponto S e que um elétron abandonado em repouso entre R e S desloca-se no sentido de .....



Qual a alternativa que completa corretamente as lacunas nas afirmações acima?



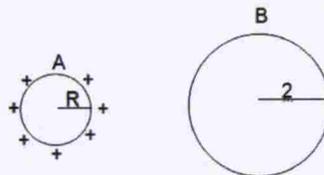
- A) menor- R.
- B) menor - S.
- C) a mesma - S.
- D) maior - R.
- E) maior - S.



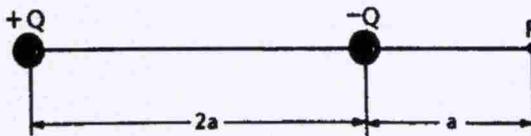
93. A figura representa duas esferas condutoras, A e B, de raios  $R$  e  $2R$ , respectivamente. A esfera A encontra-se eletricamente carregada com carga elétrica  $+Q$ , enquanto B apresenta-se eletricamente neutra. As esferas são postas em contato e logo após separadas. Sendo  $Q_A$  e  $Q_B$  as cargas elétricas das esferas A e B, respectivamente, após o contato e  $V_A$  e  $V_B$  os potenciais elétricos das esferas A e B, respectivamente, após o contato, podemos afirmar que



- A)  $Q_A < Q_B$  e  $V_A < V_B$
- B)  $Q_A > Q_B$  e  $V_A > V_B$
- C)  $Q_A < Q_B$  e  $V_A > V_B$
- D)  $Q_A > Q_B$  e  $V_A = V_B$
- E)  $Q_A < Q_B$  e  $V_A = V_B$

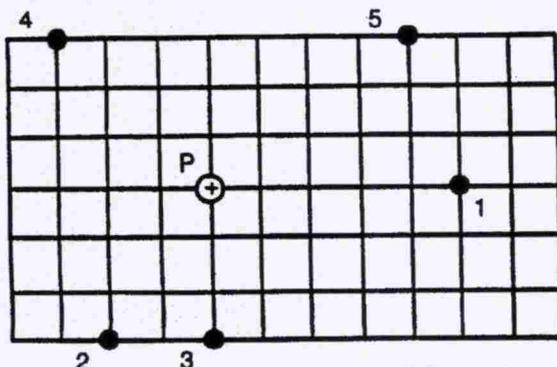


94. Na configuração de cargas abaixo, qual é a expressão que representa o potencial elétrico no ponto P? ( $k_0$  é a constante eletrostática do vácuo).



- A)  $+k_0 \cdot \frac{Q}{3a}$
- B)  $-k_0 \cdot \frac{4Q}{3a}$
- C)  $+k_0 \cdot \frac{2Q}{3a}$
- D)  $-k_0 \cdot \frac{Q}{3a}$
- E)  $-k_0 \cdot \frac{2Q}{3a}$

95. PUCRS. Uma carga elétrica pontual  $Q$  está colocada em um ponto P como mostra a figura.





Os pontos que se encontram no mesmo potencial elétrico são respectivamente,

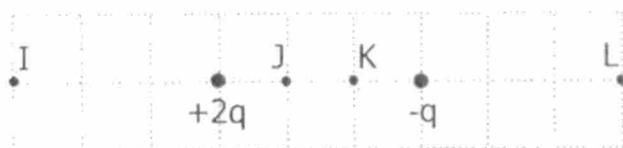
- A) 1 e 2
- B) 1 e 5
- C) 3 e 4
- D) 1 e 4
- E) 2 e 3

**96. UPF.** Duas cargas elétrica pontuais,  $Q_1$  e  $Q_2$ , estão fixas sobre uma linha reta horizontal imaginária separadas por uma distância  $d$ . Sendo  $Q_1 = -2Q_2$ , é possível afirmar que o ponto P, situado entre as cargas, sobre a linha que as une, onde o potencial elétrico é nulo, está separado de  $Q_1$  por uma distância dada por:



- A)  $(3/2)d$
- B)  $(2/3)d$
- C)  $(1/2)d$
- D)  $(1/3)d$
- E)  $(1/4)d$

**97. UFRGS.** A figura abaixo representa duas cargas elétricas puntiformes, mantidas fixas em suas posições, de valores  $+2q$  e  $-q$ , sendo  $q$  o módulo de uma carga de referência.

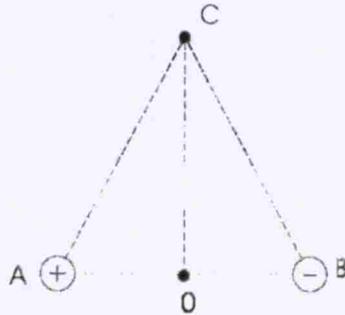


Considerando-se zero o potencial elétrico no infinito, é correio afirmar que o potencial elétrico criado pelas duas cargas será zero também nos pontos

- A) I e J.
- B) I e K.
- C) I e L.
- D) J e K.
- E) K e L.

**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão **98** considere as informações e a figura a seguir.

Dois cargas elétricas de mesmo módulo, porém de sinais contrários, ocupam dois vértices, A e B de um triângulo equilátero, conforme ilustra a figura. A constante eletrostática do meio é a mesma em todos os pontos do meio.



98. Nas condições descritas na instrução desta questão, a afirmação correta para o potencial elétrico e o campo elétrico resultantes no vértice C do triângulo é :

- A) o potencial e o campo elétrico resultantes são nulos.
- B) o potencial elétrico é nulo e a direção do campo elétrico resultante é a mesma da reta que passa em C, paralela a AB.
- C) o potencial elétrico é negativo e a direção do campo elétrico resultante é a mesma da reta que passa por BC.
- D) o potencial elétrico é positivo e a direção do campo elétrico resultante é a mesma da reta que passa por AC.
- E) o potencial elétrico é nulo e a direção do campo elétrico resultante é dada pela reta que passa em C e o ponto médio, O, entre AB.



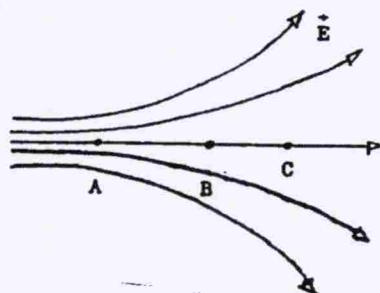
99. **ULBRA.** Um sistema formado por uma carga 'Q' e outra carga 'q' separadas uma distância 'd', uma da outra, no vácuo, gera uma energia potencial elétrica 'E'. Qual seria a nova energia potencial elétrica se fossem substituídas as cargas, respectivamente, por '2Q' e 'q/4' e a distância por '2d'?

- A) 4E
- B) 2E
- C) E/2
- D) E/4
- E) E/8



100. **PUCRS.** A figura representa linhas de força de um campo elétrico  $\vec{E}$ . Considerando os três pontos A, B e C e os respectivos valores do campo E e do potencial V, pode-se afirmar que

- A)  $E_A < E_B$  e  $V_A > V_B$
- B)  $E_A = E_B$  e  $V_A = V_B$
- C)  $E_B < E_C$  e  $V_C > V_B$
- D)  $E_A < E_B$  e  $V_A < V_B$
- E)  $E_A > E_B$  e  $V_A > V_B$



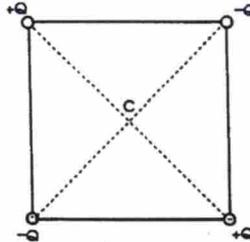


101. Nos quatro vértices de um quadrado são fixadas quatro partículas eletrizadas com cargas  $+Q$  e  $-Q$  conforme indicado na figura. Seja  $C$  o centro do quadrado (ponto de encontro das diagonais). Indiquemos por  $E_c$  e por  $V_c$ , respectivamente, o módulo do vetor campo elétrico e o potencial elétrico no ponto  $C$ , provocados pela ação simultânea das quatro partículas eletrizadas.



Assinale a opção correta.

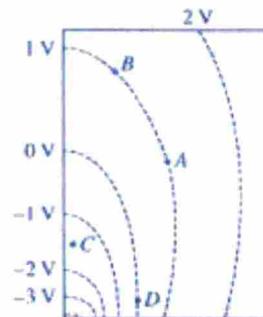
- A)  $E_c \neq 0$  e  $V_c = 0$
- B)  $E_c = 0$  e  $V_c > 0$
- C)  $E_c = 0$  e  $V_c < 0$
- D)  $E_c \neq 0$  e  $V_c \neq 0$
- E)  $E_c = 0$  e  $V_c = 0$



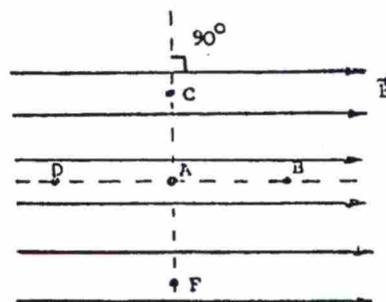
102. UFRGS. Na figura, estão representadas, no plano  $XY$ , linhas equipotenciais espaçadas entre si de  $1V$ . Considere as seguintes afirmações sobre essa situação.

- I) O trabalho realizado pela força elétrica para mover uma carga elétrica de  $1 C$  de  $D$  até  $A$  é de  $-1J$ .
- II) O módulo do campo elétrico em  $C$  é maior do que em  $B$ .
- III) O módulo do campo elétrico em  $D$  é zero.

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.



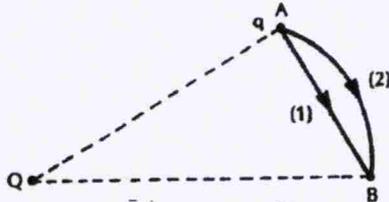
103. PUCRS. E dado um campo elétrico uniforme, visto na figura ao lado. Em relação aos pontos  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  e  $F$  e seus respectivos potenciais, pode-se afirmar :





- A)  $V_F > V_A$
- B)  $V_A - V_B = 0$
- C)  $V_D > V_A > V_B$
- D)  $V_B > V_A > V_D$
- E)  $(V_A - V_F) > (V_A - V_B)$

**104.** No campo elétrico de uma carga puntiforme  $Q$ , o trabalho da força elétrica que atua em  $q$ , no deslocamento de A até B, segundo a trajetória (1), é  $W_1$  e, segundo a trajetória (2), é  $W_2$ .

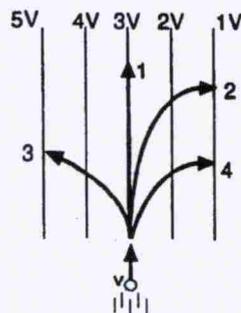


Deve-se ter :

- A)  $W_1 > W_2$
- B)  $W_1 < W_2$
- C)  $W_1 = W_2$
- D)  $W_1 = 0$  e  $W_2 \neq 0$
- E)  $W_1 \neq 0$  e  $W_2 = 0$

**105. PUCRS.** Uma partícula com carga elétrica move-se com velocidade  $v$  e penetra em uma região onde existe um campo elétrico representado na figura por suas linhas equipotenciais.

Ao entrar nesse campo, a partícula seguirá a trajetória

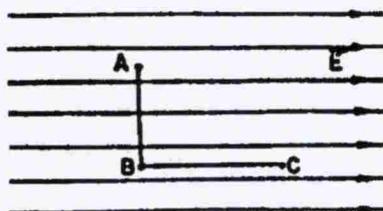


- A) 1 se for elétron.
- B) 2 se for elétron.
- C) 3 se for elétron.
- D) 1 se for próton.
- E) 3 se for próton.



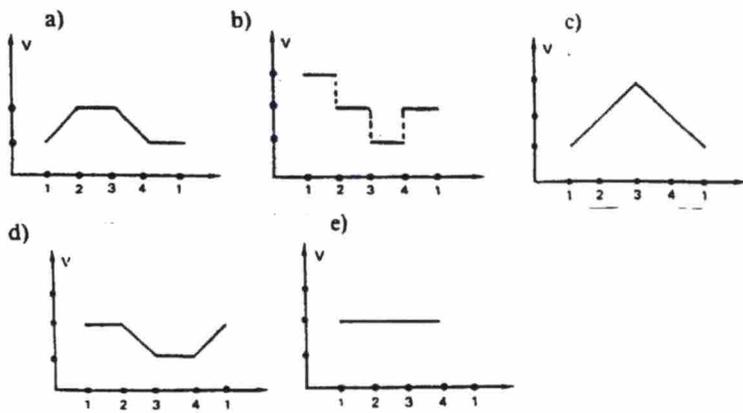
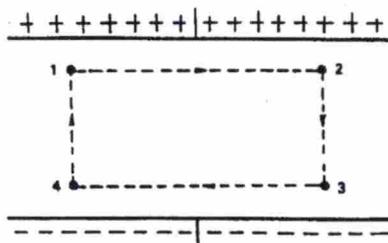
**106. UFRGS.** A figura abaixo mostra uma região com um campo elétrico uniforme  $E$ , cujo módulo é  $20 \text{ N/C}$ . Para  $AB = 2 \text{ cm}$  e  $BC = 3 \text{ cm}$ , qual o valor absoluto da diferença de potencial entre os pontos A e C ?

- A)  $0,4 \text{ V}$
- B)  $0,6 \text{ V}$
- C)  $1,0 \text{ V}$
- D)  $60 \text{ V}$
- E)  $100 \text{ V}$

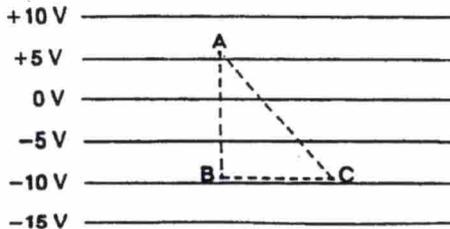




107. Duas placas metálicas paralelas são ligadas aos terminais de um gerador. Considere o caminho 1-2-3-4 no espaço entre as duas placas. O potencial elétrico varia ao longo do caminho conforme o gráfico :

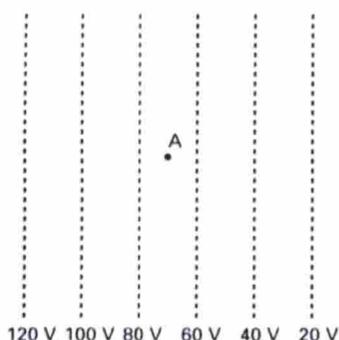


108. UFRGS. A figura mostra linhas equipotenciais de um campo elétrico uniforme. Uma carga elétrica puntiforme positiva de 2,0 coulomb é movimentada com velocidade constante sobre cada um dos trajetos de A até B, de B até C, e de A até C. Nessas condições, o trabalho necessário para movimentar a carga



- A) de A até B é maior do que de A até C.
- B) de A até B é igual ao de B até C.
- C) de A até C é igual ao de B até C.
- D) de A até B é nulo.
- E) de B até C é nulo.

109. As linhas tracejadas representam as superfícies equipotenciais de um campo elétrico.

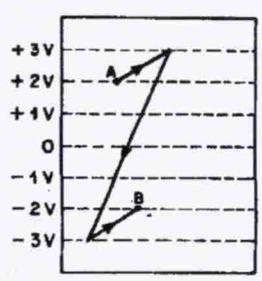




Se abandonarmos um elétron e um próton em A, eles adotarão o seguinte comportamento :

- A) ambos se movimentarão para a esquerda.
- B) ambos se movimentarão para a direita.
- C) ambos permanecerão em repouso.
- D) o primeiro se movimentará para a direita; o segundo, para a esquerda.
- E) o primeiro se movimentará para a esquerda; o segundo, para a direita.

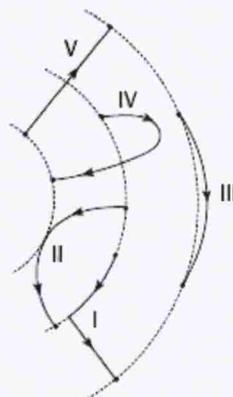
110. A figura mostra a configuração das superfícies equipotenciais (tracejadas) de um campo eletrostático. Uma carga de 0,02 Coulomb deve ser deslocada entre os pontos A e B, pela trajetória indicada por traço cheio, na figura.



O trabalho realizado pelas forças eletrostáticas no deslocamento de A para B é de:

- A) 300 joules
- B) 200 joules
- C) 0,12 joule
- D) 0,10 joule
- E) 0,08 joule

111. Na figura, as linhas tracejadas representam superfícies equipotenciais de um campo elétrico; as linhas cheias I, II, III, IV e V representam cinco possíveis trajetórias de uma partícula de carga  $q$ , positiva, realizadas entre dois pontos dessas superfícies, por um agente externo que realiza trabalho mínimo.

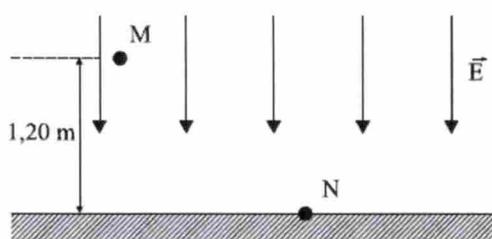




A trajetória em que esse trabalho é maior, em módulo, é:

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

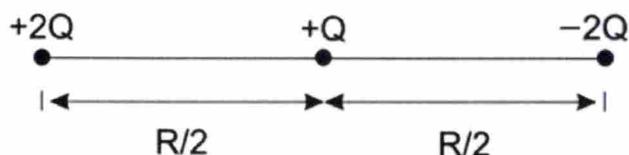
112. A presença de íons na atmosfera é responsável pela existência de um campo elétrico dirigido e apontado para a Terra. Próximo ao solo, longe de concentrações urbanas, num dia claro e limpo, o campo elétrico é uniforme e perpendicular ao solo horizontal e sua intensidade é de  $120 \text{ V/m}$ . A figura mostra as linhas de campo e dois pontos dessa região, M e N. O ponto M está a  $1,20 \text{ m}$  do solo, e N está no solo.



A diferença de potencial entre os pontos M e N é

- A) 100 V.
- B) 120 V.
- C) 125 V.
- D) 134 V.
- E) 144 V.

113. UFRGS. Considere que  $U$  é a energia potencial elétrica de duas partículas com cargas  $+2Q$  e  $-2Q$ , fixas a uma distância  $R$  uma da outra. Uma nova partícula de carga  $+Q$  é agregada a este sistema entre as duas partículas iniciais, conforme representado na figura abaixo.



A energia potencial elétrica desta nova configuração do sistema é

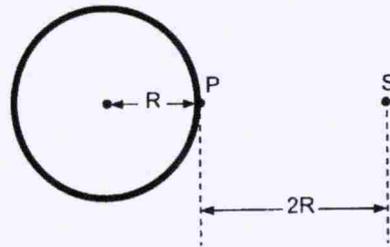
- A) zero.
- B)  $U/4$ .
- C)  $U/2$ .
- D)  $U$ .
- E)  $3U$ .



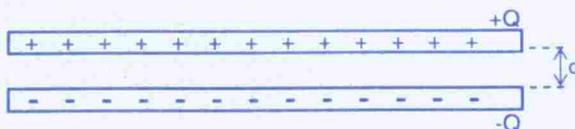
**114. UFRGS.** A figura abaixo representa uma esfera metálica oca, de raio  $R$  e espessura desprezível. A esfera é mantida eletricamente isolada e muito distante de quaisquer outros objetos, num ambiente onde se fez vácuo. Em certo instante, uma quantidade de carga elétrica negativa, de módulo  $Q$ , é depositada no ponto  $P$  da superfície da esfera. Considerando nulo o potencial elétrico em pontos infinitamente afastados da esfera e designando por  $k$  a constante eletrostática, podemos afirmar que, após terem decorrido alguns segundos, o potencial elétrico no ponto  $S$ , situado à distância  $2R$  da superfície da esfera, é dado por



- A)  $-\frac{kQ}{2R}$
- B)  $-\frac{kQ}{3R}$
- C)  $+\frac{kQ}{3R}$
- D)  $-\frac{kQ}{9R^2}$
- E)  $+\frac{kQ}{9R^2}$



**115. UFRGS.** A figura abaixo representa a vista lateral de duas placas metálicas quadradas que, em um ambiente desumidificado, foram eletrizadas com cargas de mesmo valor e de sinais contrários. As placas estão separadas por uma distância  $d = 0,02$  m, que é muito menor do que o comprimento de seus lados. Dessa forma, na região entre as placas, existe um campo elétrico praticamente uniforme, cuja intensidade é aproximadamente igual a  $5 \times 10^3$  N/C. Para se transferir uma carga elétrica positiva da placa negativamente carregada para a outra, é necessário realizar trabalho contra o campo elétrico. Esse trabalho é função da diferença de potencial existente entre as placas.

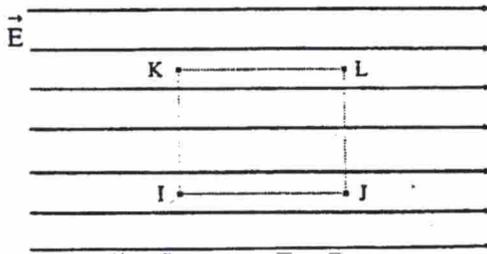


Quais são, respectivamente, os valores aproximados da diferença de potencial entre as placas e do trabalho necessário para transferir uma carga elétrica de  $3 \times 10^{-3}$  C da placa negativa para a positiva?

- A) 15 V e 0,2 J.
- B) 75 V e 0,2 J.
- C) 75 V e 0,3 J.
- D) 100 V e 0,3 J.
- E) 100 V e 0,4 J.



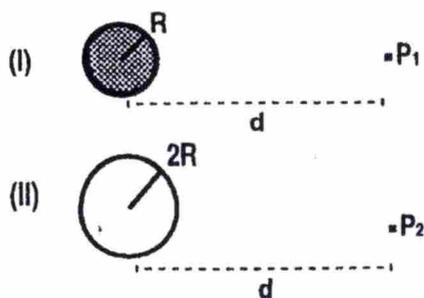
116. UFRGS. A figura abaixo representa linhas de força correspondentes a um campo elétrico uniforme.



Os pontos I, J, K e L situam-se nos vértices de um retângulo cujos lados IJ e KL são paralelos às linhas de força.

- A) O potencial elétrico em K é maior do que o potencial elétrico em I.
- B) O potencial elétrico em J é maior do que o potencial elétrico em I.
- C) O potencial elétrico em K é igual ao potencial elétrico em L.
- D) A diferença de potencial elétrico entre I e J é a mesma que existe entre I e L.
- E) A diferença de potencial elétrico entre I e L é a mesma que existe entre J e L.

117. UFRGS. A figura (I) representa, em corte, uma esfera maciça de raio  $R$ , contendo carga elétrica  $Q$ , uniformemente distribuída em todo o seu volume. Essa distribuição de carga produz no ponto  $P_1$ , a uma distância  $d$  do centro da esfera maciça, um campo elétrico de intensidade  $E_1$ . A figura (II) representa, em corte, uma casca esférica de raio  $2R$ , contendo a mesma carga elétrica  $Q$ , porém uniformemente distribuída sobre sua superfície. Essa distribuição de carga produz no ponto  $P_2$ , à mesma distância  $d$  do centro de casca esférica, um campo elétrico de intensidade  $E_2$ .



Selecione a alternativa que expressa corretamente a relação entre as intensidades de campo elétrico  $E_1$  e  $E_2$ .

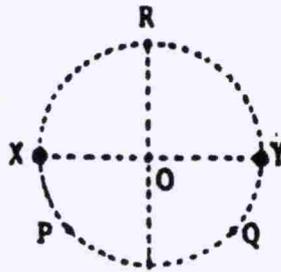
- A)  $E_2 = 4 E_1$
- B)  $E_2 = 2 E_1$
- C)  $E_2 = E_1$
- D)  $E_2 = E_1 / 2$
- E)  $E_2 = E_1 / 4$



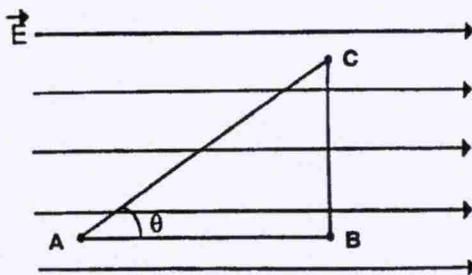
**118. UFRGS.** Duas cargas elétricas puntiformes, de mesma intensidade e sinais contrários, estão fixas nos pontos X e Y representados na figura.

Entre que pontos indicados na figura a diferença de potencial gerada pelas cargas é nula ?

- A) O e R
- B) X e R
- C) X e Y
- D) P e Q
- E) R e Y



**119. UFRGS.** Uma carga elétrica puntiforme positiva é deslocada ao longo dos três segmentos indicados na figura abaixo,  $\overline{AB}$ ,  $\overline{BC}$  e  $\overline{CA}$  em uma região onde existe um campo elétrico uniforme, cujas linhas de força estão também representadas na figura.

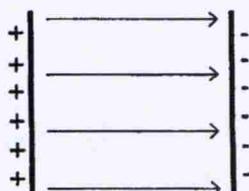


Assinale a alternativa correta

- A) Da A até B a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho negativo.
- B) De A até B a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho nulo.
- C) De A até B a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho de módulo igual a  $|W_{CA}| \cos \theta$ , onde  $|W_{CA}|$  é o módulo do trabalho realizado por esta força entre C e A.
- D) De B até C a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho nulo.
- E) De B até C a força elétrica realiza sobre a carga um trabalho igual àquele realizado entre A e B.



**120. PUCRS.** Duas placas metálicas são eletrizadas de modo que se produz entre elas uma diferença de potencial constante de 400 volts.





Supondo-se vácuo entre as placas, uma carga negativa de  $2,0 \times 10^{-6}$  C que liberasse da placa negativa com velocidade inicial zero, chegaria à outra placa com energia cinética igual a

- A)  $1,0 \times 10^{-4}$  J
- B)  $2,0 \times 10^{-4}$  J
- C)  $4,0 \times 10^{-4}$  J
- D)  $6,0 \times 10^{-4}$  J
- E)  $8,0 \times 10^{-4}$  J

**121. UFRGS.** Considere uma casca condutora esférica eletricamente carregada e em equilíbrio eletrostático. A respeito dessa casca, são feitas as seguintes afirmações.

- I - A superfície externa desse condutor define uma superfície equipotencial.
- II - O campo elétrico em qualquer ponto da superfície externa do condutor é perpendicular à superfície.
- III - O campo elétrico em qualquer ponto do espaço interior à casca é nulo.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

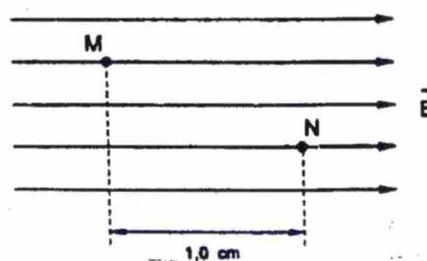


**122. UFRGS.** Uma carga de  $-10^6$  C está uniformemente distribuída sobre a superfície terrestre. Considerando-se que o potencial elétrico criado por essa carga é nulo a uma distância infinita, qual será aproximadamente o valor desse potencial elétrico sobre a superfície da Lua? (Dados:  $d_{\text{Terra-Lua}} \cong 3,8 \times 10^8$  m;  $k_0 = 9 \times 10^9$  Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>)

- A)  $-2,4 \times 10^7$  V.
- B)  $-0,6 \times 10^{-1}$  V.
- C)  $-2,4 \times 10^{-5}$  V.
- D)  $-0,6 \times 10^7$  V.
- E)  $-9,0 \times 10^6$  V.



**123.** Considere dois pontos, M e N, de um campo elétrico uniforme de intensidade  $5,0 \times 10^3$  N/C, conforme mostra o esquema abaixo. Sabendo-se que o potencial elétrico no ponto M vale 40 V, é correto afirmar que :





- A) o potencial elétrico no ponto N vale  $-10\text{ V}$ ,
- B) o trabalho do campo elétrico ao deslocar uma carga  $q = 2,0 \times 10^{-6}\text{ C}$ , de M até N, vale  $-2,0 \times 10^{-4}$ .
- C) o potencial elétrico no ponto N vale  $40\text{ V}$ .
- D) o trabalho do campo elétrico ao deslocar uma carga  $q = 2,0 \times 10^{-6}\text{ C}$ , de M até N, vale  $2,0 \times 10^{-4}\text{ J}$ .
- E) o potencial elétrico do ponto N vale  $90\text{ V}$ .

**124.** Uma pequena esfera metálica de raio  $r$  está eletrizada com carga  $Q > 0$ . Outra esfera metálica oca de raio  $R > r$  está, inicialmente neutra.



Colocando-se estas esferas em contato, pode-se afirmar que a carga da esfera oca será :

- A) maior, se o contato for externo.
- B) maior, se o contato for interno.
- C) a mesma, quer o contato seja interno ou externo.
- D) em qualquer situação maior do que  $Q$ .
- E) nenhuma das anteriores.

**125.** Verifica-se experimentalmente que, em condições normais, existe um campo elétrico de  $100\text{ N/C}$  na atmosfera terrestre, dirigido verticalmente para baixo, criado por cargas elétricas na Terra, que na questão é considerado uniforme. Em relação a esse campo elétrico terrestre, assinale a alternativa INCORRETA.

- A) Entre um ponto a  $1\text{ m}$  de altura e a superfície da Terra existe uma voltagem de  $100\text{ V}$ .
- B) Os íons positivos existentes no ar tendem a mover-se para baixo e os íons negativos tendem a mover-se para cima.
- C) Uma carga de  $100\ \mu\text{C}$  experimenta uma força de  $0,01\text{ N}$ .
- D) Uma gota de chuva adquire polarização, ficando positiva a parte superior da gota
- E) A carga da Terra é predominantemente negativa.

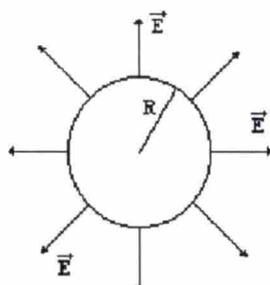
**126. PUCRS.** A condução de impulsos nervosos através do corpo humano é baseada na sucessiva polarização e despolarização das membranas das células nervosas. Nesse processo, a tensão elétrica entre as superfícies interna e externa da membrana de um neurônio pode variar de  $-70\text{ mV}$  – chamado de potencial de repouso, situação na qual não há passagem de íons através da membrana, até  $+30\text{ mV}$  – chamado de potencial de ação, em cuja situação há passagem de íons. A espessura média de uma membrana deste tipo é da ordem de  $1,0 \times 10^{-7}\text{ m}$ . Com essas informações, pode-se estimar que os módulos do campo elétrico através das membranas dos neurônios, quando não estão conduzindo impulsos nervosos e quando a condução é máxima, são, respectivamente, em newton/coulomb,





- A)  $7,0 \times 10^5$  e  $3,0 \times 10^5$
- B)  $7,0 \times 10^{-9}$  e  $3,0 \times 10^{-9}$
- C)  $3,0 \times 10^5$  e  $7,0 \times 10^5$
- D)  $3,0 \times 10^8$  e  $7,0 \times 10^8$
- E)  $7,0 \times 10^{-6}$  e  $3,0 \times 10^{-6}$

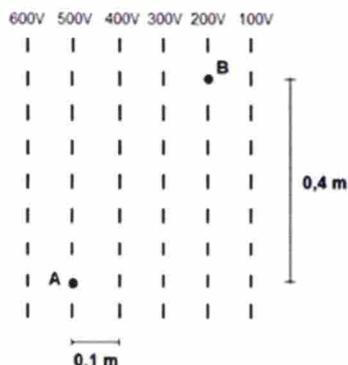
127. Uma casca esférica metálica de raio R encontra-se eletrizada com uma carga positiva igual a Q, que gera um campo elétrico E, cujas linhas de campo estão indicadas na figura a seguir. A esfera está localizada no vácuo, cuja constante eletrostática pode ser representada por  $k_0$ .



Numa situação como essa, o campo elétrico em um ponto situado a uma distância D do centro da esfera, sendo  $D < R$ , e o potencial desta em sua superfície são, respectivamente, iguais a:

- A) zero e  $k_0 Q / R$
- B) zero e  $k_0 Q / (R - D)$
- C)  $k_0 Q / R^2$  e zero
- D)  $k_0 Q / R^2$  e  $k_0 Q / D$
- E)  $k_0 Q / D^2$  e  $k_0 Q / R$

128. UFRGS. Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem. Na figura que segue, um próton (carga +e) encontra-se inicialmente fixo na posição A em uma região onde existe um campo elétrico uniforme. As superfícies equipotenciais associadas a esse campo estão representadas pelas linhas tracejadas.

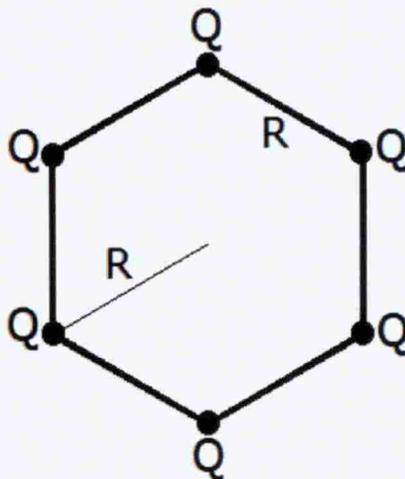


Na situação representada na figura, o campo elétrico tem módulo \_\_\_\_\_ e aponta para a \_\_\_\_\_, e o mínimo trabalho a ser realizado por um agente externo para levar o próton até a posição B é de \_\_\_\_\_.



- A) 1000 V/m – direita –  $-300eV$
- B) 100 V/m – direita –  $-300eV$
- C) 1000 V/m – direita –  $+300eV$
- D) 100 V/m – esquerda –  $-300eV$
- E) 1000 V/m – esquerda –  $+300eV$

**129. UFRGS.** Seis cargas elétricas iguais a  $Q$  estão dispostas, formando um hexágono regular de aresta  $R$ , conforme mostra a figura abaixo.



Com base nesse arranjo, sendo  $k$  a constante eletrostática, considere as seguintes afirmações.

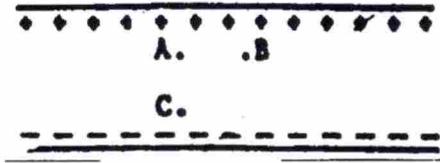
- I - O campo elétrico resultante no centro do hexágono tem módulo igual a  $6kQ/R^2$ .
- II - O trabalho necessário para se trazer uma carga  $q$ , desde o infinito até o centro do hexágono, é igual a  $6kQq/R$ .
- III - A força resultante sobre uma carga de prova  $q$ , colocada no centro do hexágono, é nula.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

**130. UFRGS.** A figura mostra duas placas paralelas, de dimensões muito maiores do que o espaçamento entre elas, uniformemente carregadas com cargas elétricas de sinais contrários. Nessas condições, a diferença de potencial é nula entre os pontos ....., e o vetor campo elétrico tem a direção .....





Qual a alternativa que preenche corretamente as lacunas acima ?

- A) A e B - AC
- B) A e C - AC
- C) A e C - AB
- D) A e B - perpendicular à página
- E) A e C - perpendicular à página

**131. ACAFE.** Seja um balão de látex que tem forma esférica e está eletrizado com carga negativa distribuída uniformemente em sua superfície externa.



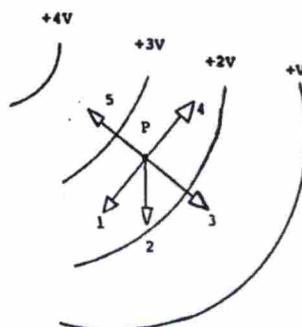
Considerando o exposto acima e que inicialmente o balão está semi-inflado, assinale a alternativa correta que completa as lacunas das frases a seguir.

Em relação ao estado inicial, enquanto o balão estiver sendo inflado, constatamos que em pontos interiores a superfície do mesmo, o campo elétrico \_\_\_\_\_. Já em pontos externos na superfície, o campo elétrico \_\_\_\_\_ e o potencial \_\_\_\_\_.

- A) será sempre nulo - aumenta - aumenta.
- B) diminui - diminui - será sempre igual.
- C) será sempre nulo - diminui - diminui.
- D) aumenta - diminui - aumenta.

**132. PUCRS.** A figura está representando linhas equipotenciais de valores crescentes  $V$ ,  $2V$ ,  $3V$  e  $4V$ , onde  $V$  representa o potencial elétrico em volts.

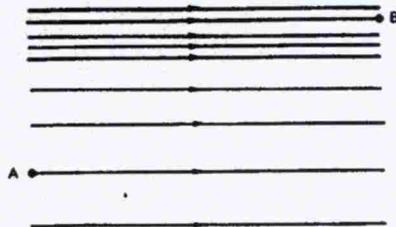
O vetor campo elétrico no ponto  $P$  é representado pelo vetor



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5



133. A figura representa as linhas de força de um campo elétrico.



Com relação aos potenciais  $V_a$  e  $V_b$ , e às intensidades do campo elétrico  $E_a$  e  $E_b$ , nos pontos A e B, podemos afirmar que :

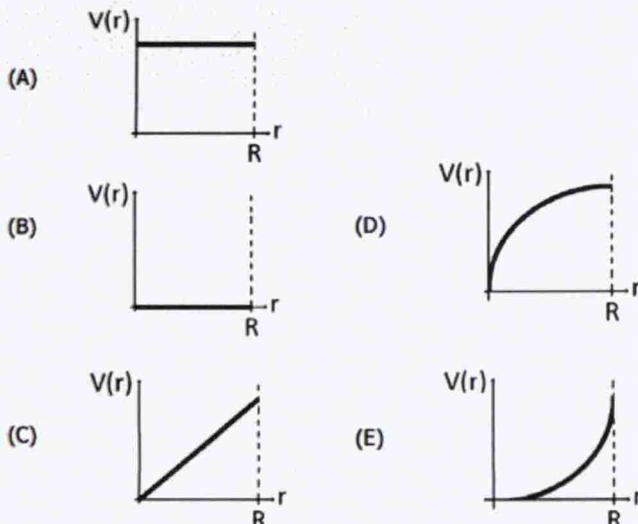
- A)  $V_a > V_b$ ;  $E_a > E_b$
- B)  $V_a < V_b$ ;  $E_a < E_b$
- C)  $V_a = V_b$ ;  $E_a = E_b$
- D)  $V_a < V_b$ ;  $E_a > E_b$
- E)  $V_a > V_b$ ;  $E_a < E_b$

134 UPF. Considere um cubo metálico carregado positivamente com uma carga de 2 Coulomb. Neste caso,

- A) no interior do cubo não existe potencial elétrico;
- B) no exterior do cubo pode-se calcular o potencial pela fórmula:  $V = k.Q/R$ ;
- C) no interior do cubo, o campo elétrico é calculado por  $E = V/L$ , onde L é o valor da aresta do cubo, V é o potencial e E é a intensidade do campo elétrico.
- D) o interior do cubo funciona como uma gaiola de Faraday;
- E) se forem dobradas as dimensões do cubo, a carga do mesmo reduz-se à um Coulomb.



135. UFRGS. Uma esfera condutora e isolada, de raio R, foi carregada com uma carga elétrica Q. Considerando o regime estacionário, assinale o gráfico abaixo que melhor representa o valor do potencial elétrico dentro da esfera, como função da distância  $r < R$  até o centro da esfera.





# Aula 17

## Capacitância

### PARTE 1

	Estudar a Parte 1 – P.113 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 1 se necessário
	Fazer as questões 138, 140, 141, 142, 144 145)

### PARTE 2

	Estudar a Parte 2 – P.114 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 2 se necessário
	Fazer as questões 137, 139 e 143

### PARTE 3

	Estudar a Parte 3 – P.116 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 3 se necessário
	Fazer a Leitura 1 – P.116
	Fazer as questão – 136



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



▪ **Parte 1**

**Condutor Isolado**

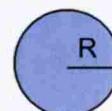
## Capacitância eletrostática de um condutor isolado

Capacitância ou capacidade eletrostática do condutor isolado é a grandeza que mede a capacidade que um condutor possui de armazenar cargas elétricas.

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

Condutor esférico, de raio R, isolado e no vácuo :

$$C = \frac{R}{k_0}$$

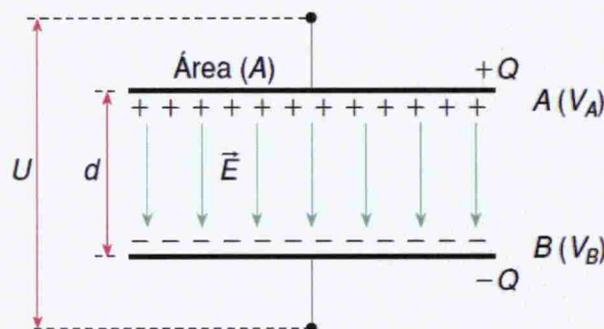


Observe que a capacitância eletrostática é **sempre positiva, não depende da carga ou do potencial do condutor nem do material que o constitui. Depende das dimensões do condutor e do meio no qual ele se encontra.**

Unidade [S.I.]  $\frac{C}{V} = \text{farad (F)}$

## Capacitor plano

Capacitor ou condensador é um elemento cuja finalidade é armazenar cargas elétricas. Um capacitor plano é formado por duas placas condutoras, denominadas armaduras, iguais, cada uma de área A, colocadas paralelamente a uma distância d uma da outra.



Capacitância de um capacitor plano :

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

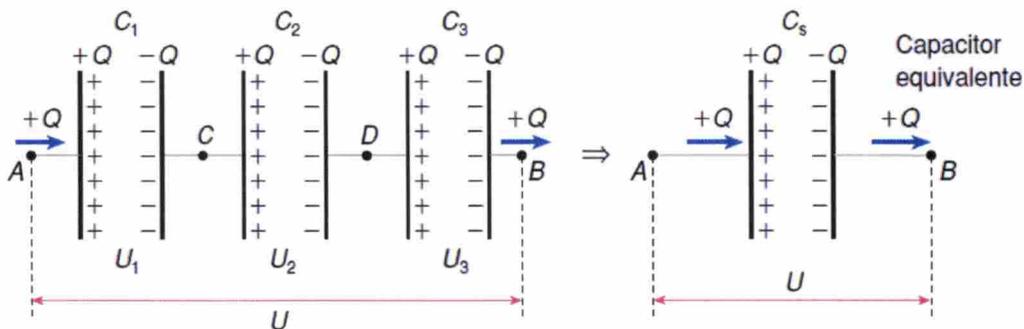
- Onde :
- A – área das armaduras
  - d – distância entre as placas
  - $\epsilon_0$  – permissividade absoluta do vácuo  
(  $8,8 \times 10^{-12}$  unidades do SI )
  - $\epsilon = k \cdot \epsilon_0$  ( k – cont. dielétrica do meio )



## Associação de capacitores

Os capacitores, analogamente aos resistores e geradores, podem ser associados em série ou paralelo. Denomina-se capacitor equivalente da associação aquele que, eletrizado com a mesma carga que a associação, suporta entre seus terminais a mesma ddp.

### Associação de capacitores em série

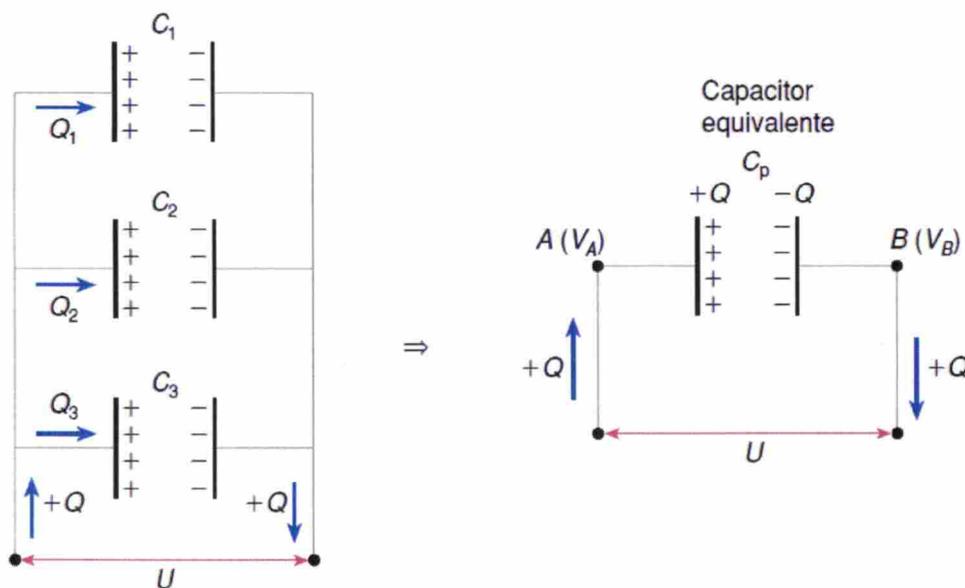


Na associação em série, todos os capacitores apresentam a mesma carga  $Q$ .

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{1}{C_S} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

### Associação de capacitores em paralelo



Na associação em paralelo, todos os capacitores apresentam a mesma ddp :  $V = V_A - V_B$

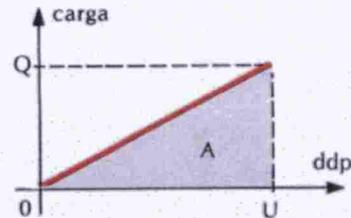
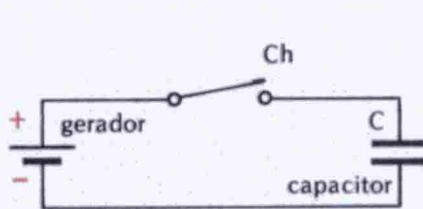
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C_P = C_1 + C_2 + C_3$$



## Energia potencial elétrica armazenada por um capacitor

Considere o circuito da figura.



Fechando-se a chave Ch, o capacitor se carrega. Sendo sua capacitância  $C = \frac{Q}{V}$ , resulta que a carga do capacitor é, em cada instante, diretamente proporcional à sua ddp. Na outra figura representamos graficamente este resultado. Neste gráfico, Q e U representam a carga e a ddp finais do capacitor. O gerador, ao carregar o capacitor, forneceu-lhe energia potencial elétrica W. Esta energia elétrica armazenada pelo capacitor é dada, numericamente, pela área A.

Sendo  $Q = C.V$ , resulta :

$$W = \frac{Q.V}{2} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{C.V^2}{2}$$

Note que a energia potencial elétrica de uma associação qualquer de capacitores é a soma das energias potenciais elétricas dos capacitores associados e, ainda, igual à energia potencial elétrica do capacitor equivalente.



## ANOTAÇÕES

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

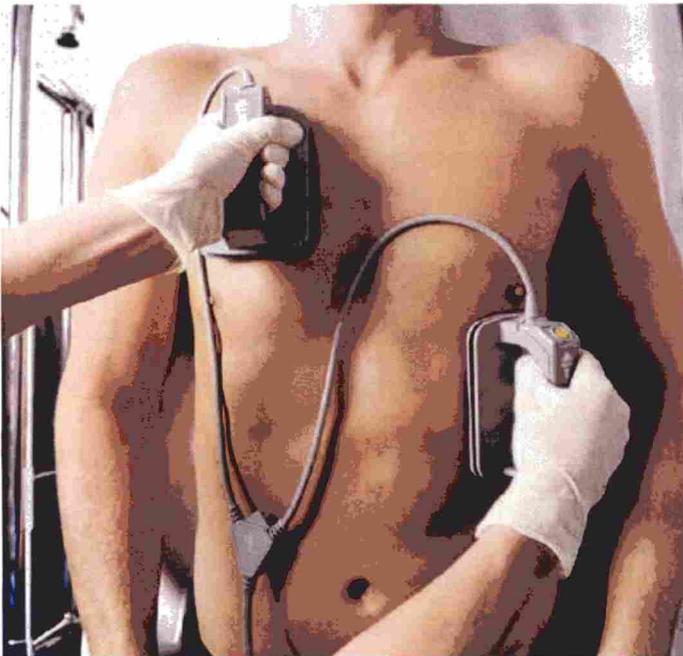


---



## LEITURA

## Aplicações dos Capacitores

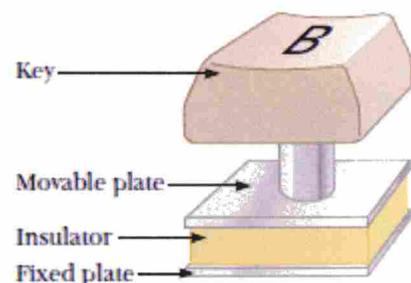


Os capacitores são empregados nos mais variados circuitos elétricos e desempenham sempre um papel muito importante, que é o de armazenar cargas elétricas para depois descarregá-las em um determinado momento específico. A diferença entre um capacitor e uma pilha é que o capacitor pode descarregar toda sua carga em uma pequena fração de segundo, já uma pilha demoraria alguns minutos para descarregar-se. É por isso que o flash eletrônico em uma câmera utiliza um capacitor, a pilha carrega o capacitor do flash durante vários segundos, e então o capacitor descarrega toda a carga no bulbo do flash quase que instantaneamente. Quando um paciente recebe um choque de um desfibrilador, a carga também é armazenada inicialmente em um capacitor. Isto pode tornar um capacitor grande e carregado extremamente perigoso, os flashes e as TVs possuem advertências sobre abri-los por este motivo. Eles possuem grandes capacitores que poderiam matá-lo com a carga que contêm.

Os capacitores são utilizados de várias maneiras em circuitos eletrônicos:

Algumas vezes, os capacitores são utilizados para armazenar carga para utilização rápida. É isso que o flash faz. Os grandes lasers também utilizam esta técnica para produzir flashes muito brilhantes e instantâneos; Um capacitor pode bloquear a corrente contínua (CC). Se você conectar um pequeno capacitor a uma pilha, então não fluirá corrente entre os polos da pilha assim que o capacitor estiver carregado (o que é instantâneo se o capacitor é pequeno). Entretanto, o sinal de corrente alternada (CA) flui através do capacitor sem qualquer impedimento. Isto ocorre porque o capacitor irá carregar e descarregar à medida que a corrente alternada flutua, fazendo parecer que a corrente alternada está fluindo;

Além disso, muitos teclados de computador são construídos a partir de capacitores, como mostrado na figura. Quando uma tecla é pressionada, o isolante entre as placas é comprimido, mudando a distância entre as placas (e, conseqüentemente, a capacitância do sistema), produzindo um sinal que é transmitido para o computador. Algumas telas *touch screen* funcionam com base em um sistema parecido o toque na tecla modifica localmente a capacitância, produzindo um sinal que informa onde você está pressionando.





## QUESTÕES PÓS-AULA

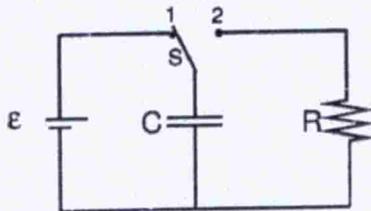
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**136.** A figura mostra uma fonte ideal de fem  $E = 10V$ , ligada ao capacitor de capacitância  $C = 4,0\mu F$ . Depois de totalmente carregado o capacitor, a chave é colocada na posição 2 e permanece nessa posição por um tempo indeterminado, descarregando totalmente o capacitor.

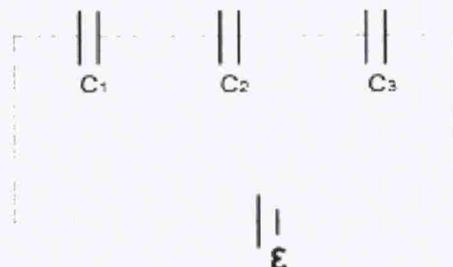


Nessas condições, a energia **total** dissipada no resistor de resistência  $R = 3,0 M\Omega$  é

- A) 0,20 mJ.
- B) 3,33 mJ.
- C) 33,3 mJ.
- D) 120 J.
- E) 18MJ.

**137.** Três capacitores de capacitância  $C_1 = 20 \mu F$ ,  $C_2 = 40 \mu F$  e  $C_3 = 40 \mu F$  estão associados em série. Esta associação é ligada a uma fonte de fem  $\epsilon$ , conforme a figura.

Sabendo-se que a carga em uma das placas do capacitor  $C_1$  é  $q = 30 \mu C$ , a fem  $\epsilon$  tem o valor de



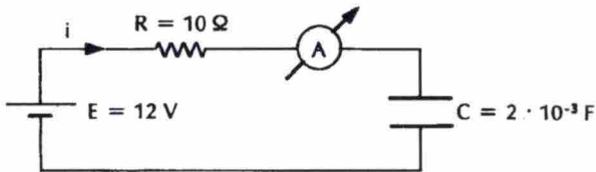
- A) 24 V
- B) 12 V
- C) 6 V
- D) 4,5 V
- E) 3 V





138. No circuito da figura, qual é a carga, em coulombs, armazenada no capacitor, quando o amperímetro marca  $i = 0,2A$ ? (O gerador e o amperímetro são ideais)

- A)  $2 \times 10^{-4}$
- B)  $2 \times 10^{-2}$
- C)  $4 \times 10^{-2}$
- D)  $2 \times 10^{-5}$
- E)  $5 \times 10^3$

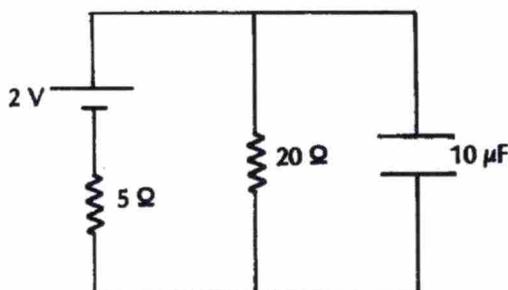


139. Todos os capacitores que aparecem nas figuras abaixo têm a mesma capacitância. Escolha a associação cuja capacitância equivalente é igual à de um único capacitor.

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)



140. Com relação ao capacitor do esquema, pode-se afirmar que :



- A) a tensão entre as suas placas é 2 V.
- B) a corrente que o atravessa é 0,08 A.
- C) a carga numa de suas placas é nula.
- D) a carga é de  $16 \mu C$ .
- E) n.d.a.

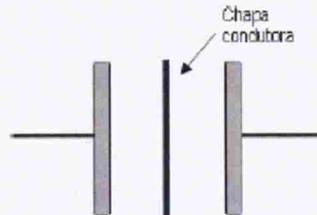




141. A capacitância de placas planas e paralelas é  $C = \epsilon_0 A/d$ , onde  $\epsilon_0$  é a permissividade elétrica do vácuo,  $A$  é a área das placas planas e paralelas, e  $d$  é a distância entre as placas. Uma chapa condutora, isolada e de espessura desprezível, foi introduzida bem no meio, entre as placas do capacitor, como mostra a figura. A nova capacitância vale :



- A)  $C/3$
- B)  $C$
- C)  $2C$
- D)  $C/2$
- E)  $3C$



142. ENEM. Atualmente, existem inúmeras opções de celulares com telas sensíveis ao toque (*touchscreen*). Para decidir qual escolher, é bom conhecer as diferenças entre os principais tipos de telas sensíveis ao toque existentes no mercado. Existem dois sistemas básicos usados para reconhecer o toque de uma pessoa:



- O primeiro sistema consiste de um painel de vidro normal, recoberto por duas camadas afastadas por espaçadores. Uma camada resistente a riscos é colocada por cima de todo o conjunto. Uma corrente elétrica passa através das duas camadas enquanto a tela está operacional. Quando um usuário toca a tela, as duas camadas fazem contato exatamente naquele ponto. A mudança no campo elétrico é percebida, e as coordenadas do ponto de contato são calculadas pelo computador.

- No segundo sistema, uma camada que armazena carga elétrica é colocada no painel de vidro do monitor. Quando um usuário toca o monitor com seu dedo, parte da carga elétrica é transferida para o usuário, de modo que a carga na camada que armazena diminui. Esta redução é medida nos circuitos localizados em cada canto do monitor. Considerando as diferenças relativas de carga em cada canto, o computador calcula exatamente onde ocorreu o toque.

Disponível em: <http://eletronicos.hsw.uol.com.br>. Acesso em: 18 set. 2010 (adaptado).

O elemento de armazenamento de carga análogo ao exposto no segundo sistema e a aplicação cotidiana correspondente são, respectivamente,

- A) receptores — televisor.
- B) resistores — chuveiro elétrico.
- C) geradores — telefone celular.
- D) fusíveis — caixa de força residencial.
- E) capacitores — flash de máquina fotográfica.



143. Admita que dois capacitores, um de  $3\mu\text{F}$  e outro de  $6\mu\text{F}$ , sejam conectados em série e carregados sob uma diferença de potencial de  $120\text{V}$ . A diferença de potencial, em volts, através do capacitor de  $3\mu\text{F}$ , é:



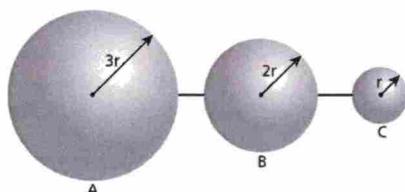
- A) 40
- B) 50
- C) 80
- D) 180
- E) 190

144. Uma carga positiva  $Q$  está distribuída sobre uma esfera de raio  $R$  fabricada com um material condutor que pode ser inflado. A esfera é inflada até que o novo raio seja o dobro do anterior. Nessa condição final, é correto dizer que:



- A) o potencial e a capacitância dobram de valor.
- B) o potencial fica reduzido à metade e a capacitância dobra de valor.
- C) o potencial e a capacitância ficam reduzidos à metade do valor inicial.
- D) o potencial e a capacitância não mudam.
- E) o potencial não muda e a capacitância fica reduzida à metade.

145. Três esferas condutoras de raios  $3r$ ,  $2r$  e  $r$  encontram-se ligadas por fios condutores:



Antes das ligações, a esfera **A** tinha carga  $Q$  e as esferas **B** e **C** tinham carga nula. No equilíbrio eletrostático do sistema, as superfícies esféricas:

- I. estão em um mesmo potencial;
- II. têm a mesma carga  $Q/3$ ;
- III. de maior carga têm maior potencial;
- IV. têm o mesmo potencial; logo, suas cargas são diferentes.

Quais dessas quatro afirmações são corretas?

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



# Aula 18

## Corrente e Resistência Elétrica

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.122 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.130
Fazer as questões 146, 150, 152, 154, 155, 156, 157, 160, 161, 162, 177, 187 e 189

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.124 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 147, 148, 149, 153, 158, 163, 166, 171, 176, 179, 183, 188 e 190

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.126 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Analisar os Desafios – P.128
Fazer as questões 151, 159, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 178, 180, 181, 182, 184, 185 e 186



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



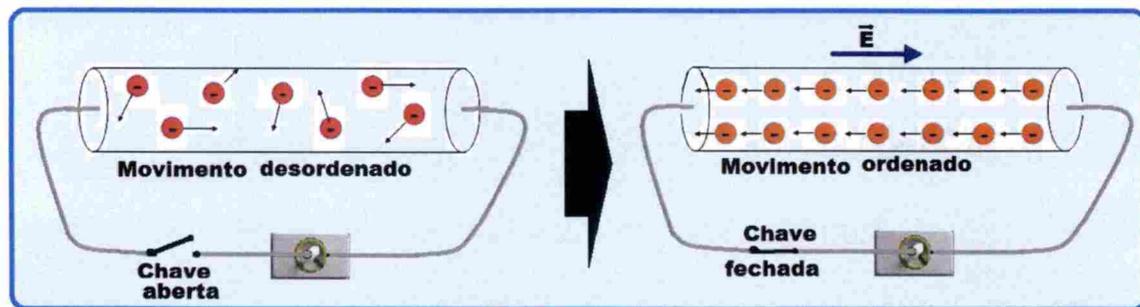
A eletrodinâmica é a parte da física responsável pelo estudo do comportamento das cargas elétricas em movimento.

### Corrente elétrica - Definição

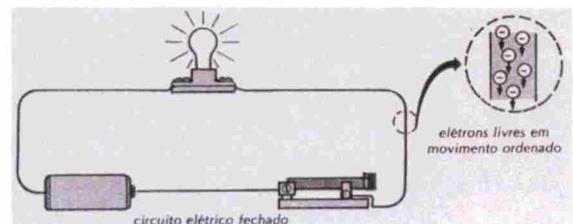
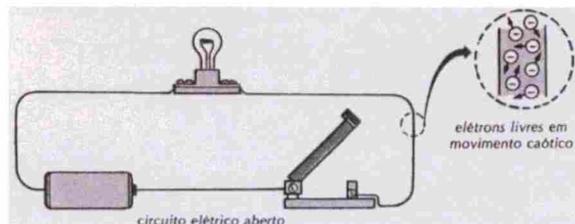
Consideremos um meio qualquer onde existam cargas elétricas livres que possam movimentar-se livremente através desse meio, como por exemplo, um fio de cobre, material condutor (grande número de elétrons livres). Este fio apresenta seus elétrons livres em um estado de movimento desordenado. As cargas elétricas movimentam-se em diversas direções, sem critério algum. É o chamado movimento caótico.

Quando os extremos do fio são ligados aos polos de um gerador, estabelecemos aí uma diferença de potencial (DDP) que gera um campo elétrico no interior do fio. Dessa forma os elétrons livres do fio passam a se movimentar de forma ordenada, do menor para o maior potencial.

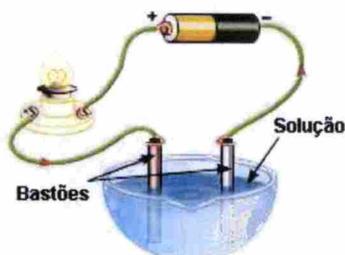
A esse movimento ordenado de cargas elétricas chamamos de **corrente elétrica**.



### Corrente elétrica nos sólidos - movimento de elétrons livres ( corrente eletrônica ).



### Corrente elétrica em solução - movimento de íons ( corrente iônica).



### Corrente elétrica nos gases - deslocamento de elétrons e íons ( corrente eletrônica + corrente iônica)

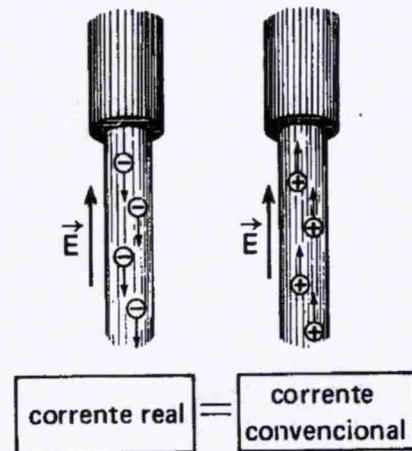
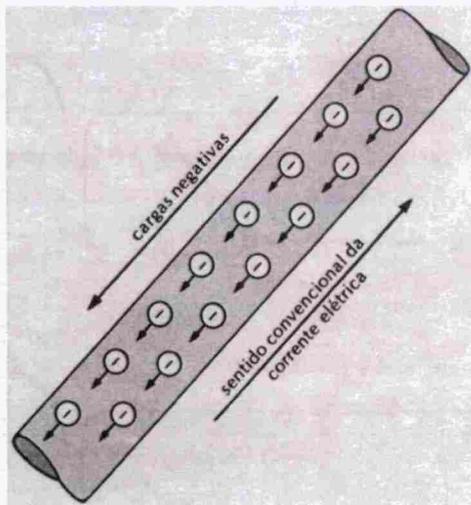


Lâmpada fluorescente



## Sentido da corrente elétrica

O sentido do movimento dos elétrons é oposto ao sentido do campo elétrico no interior do condutor. Contudo, por convenção, o sentido da corrente elétrica é o mesmo sentido do campo elétrico no interior do condutor. Esta convenção é internacionalmente adotada e a corrente nessas condições é chamada corrente elétrica convencional. Essa pode ser imaginada como sendo constituída de cargas positivas em movimento.

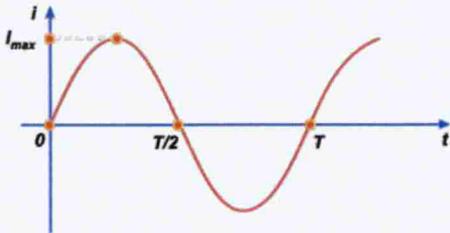


### Por que se adota essa convenção ?

Durante muito tempo, antes que a atual teoria eletrônica fosse aceita, pensou-se que as cargas elétricas constituíssem um fluido imponderável que penetrava todos os corpos; seriam dois fluidos elétricos, um positivo e outro negativo; o corpo que contivesse igual quantidade de fluido positivo e negativo permaneceria no estado neutro. A corrente elétrica nos condutores seria devida ao movimento do fluido positivo, isto é, de cargas positivas, e o sentido de deslocamento das cargas positivas determinaria o sentido da corrente. Como, do ponto de vista macroscópico, é indiferente supor que a corrente seja estabelecida pelo movimento de cargas positivas ou negativas, adota-se ainda hoje este critério.

A velocidade de escoamento dos elétrons que constituem a corrente elétrica dentro de um condutor é pequena, não ultrapassando alguns mm por segundo. Mas, quando acionamos uma chave elétrica, uma lâmpada se acende quase instantaneamente porque o movimento dos elétrons livres do condutor é praticamente simultâneo, analogamente aos vagões de um trem, que se põem em movimento quase juntos.

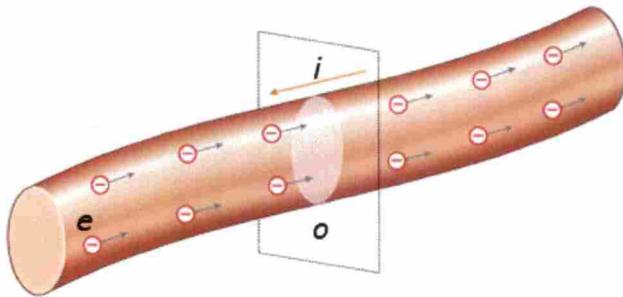
## Tipos de corrente elétrica

Corrente contínua	Corrente alternada
<p>A corrente contínua constante tem sentido e intensidade constantes com o tempo.</p>  	<p>A corrente alternada muda periodicamente no tempo. No caso da figura, a corrente alternada é senoidal.</p>  



## Intensidade de corrente elétrica ( i )

A intensidade da corrente elétrica  $i$  é a medida da quantidade de carga que passa, por unidade de tempo, através de uma secção transversal qualquer do condutor.



$$Q = n \cdot e$$

$$i = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = i \cdot \Delta t$$

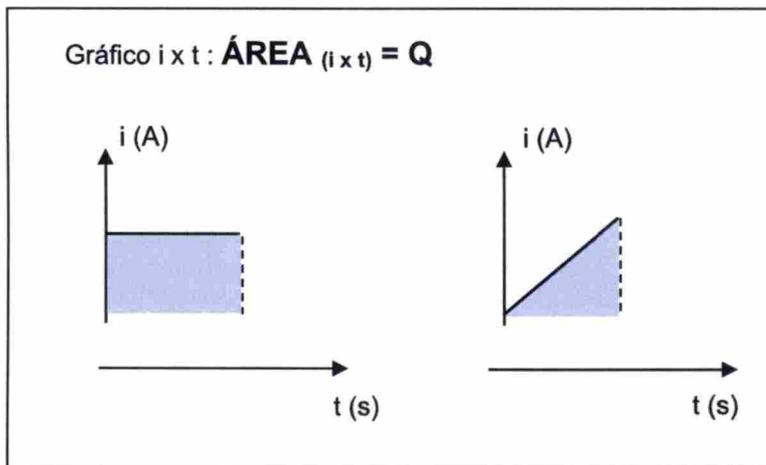
Unidade :

[S.I.] ampère (A)  $\rightarrow 1A = 1 C/s$

[práticas] miliampère (mA)  $\rightarrow 1 mA = 1 \times 10^{-3} A$

microampère ( $\mu A$ )  $\rightarrow 1 \mu A = 1 \times 10^{-6} A$

**Ex. :**  $i = 10 A = 10 C / s \Rightarrow$  Na unidade de tempo (a cada 1 s) uma secção transversal qualquer do condutor é atravessada por um certo número  $n$  de elétrons que corresponde a uma carga de 10 C.



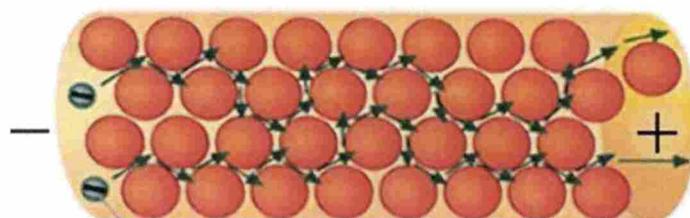
**André-Marie Ampère** - Nasceu próximo a Solitude, na França em 1775. Foi professor de Análise na Escola Politécnica de Paris e no Collège de France. Em 1814 foi eleito membro da Academia de Ciências. Ocupou-se com vários ramos do conhecimento humano, deixando obras de importância, principalmente no domínio da física e da matemática. Partindo das experiências feitas pelo dinamarquês Hans Christian Oersted sobre o efeito magnético da corrente elétrica, soube estruturar e criar a teoria que possibilitou a construção de um grande número de aparelhos eletromagnéticos. Além disso descobriu as leis que regem as atrações e repulsões das correntes elétricas entre si. Idealizou o galvanômetro, inventou o primeiro telégrafo elétrico e, em colaboração com Arago, o eletroímã.

## ▪ Parte 2

## Resistência Elétrica/1ª Lei de Ohm

### Resistência elétrica

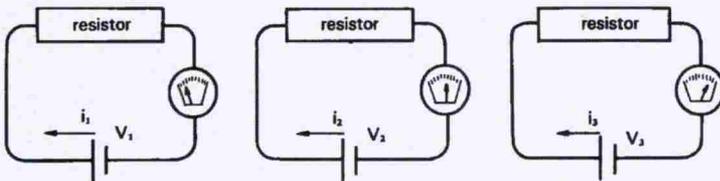
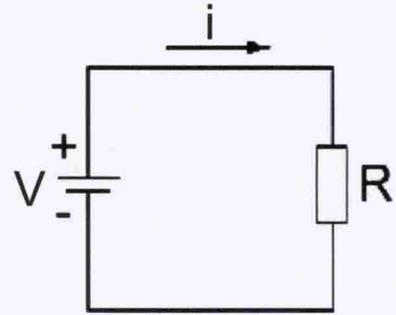
A resistência elétrica ( $R$ ) é uma medida da oposição ao movimento dos portadores de carga, ou seja, a resistência elétrica representa a dificuldade que os portadores de carga encontram para se movimentarem através do condutor devido a colisões efetuadas por esses contra as moléculas que compõe a rede cristalina do fio. Quanto maior a mobilidade dos portadores de carga, menor a resistência elétrica do condutor.





## 1ª Lei de Ohm

Quando estabelecemos nos extremos de um fio condutor uma diferença de potencial  $V$ , nesse passa a existir uma corrente elétrica de intensidade  $i$ . Se fizermos variar a DDP e observarmos que a intensidade de corrente varia em função dessa numa proporção direta, sendo constante a temperatura, podemos afirmar que a resistência elétrica do fio é constante e dizemos que o condutor é ôhmico.



$$\frac{V_1}{i_1} = \frac{V_2}{i_2} = \frac{V_3}{i_3} = \dots = \frac{V_n}{i_n} = \text{constante} = R$$

$$V = R \cdot i$$

Fio condutor mantido a temperatura constante



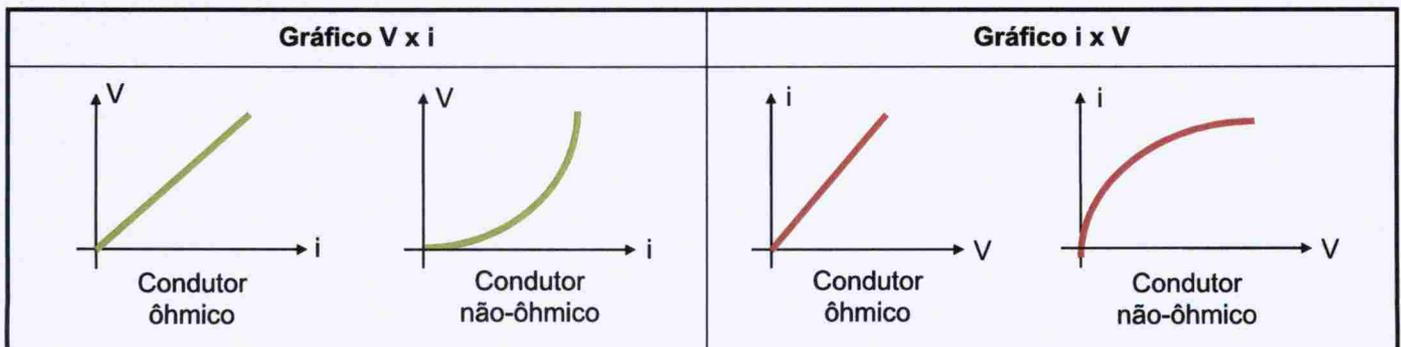
$V \propto i$   
( Resistência constante )



Fio condutor ôhmico



**Georg Simon Ohm** (Erlangen, 16 de Março de 1789 — Munique, 6 de Julho de 1854) foi um físico e matemático alemão. Em 1817 foi professor de matemática no colégio jesuíta de Colônia e na Escola Politécnica de Nuremberga (Georg-Simon-Ohm-Fachhochschule) de 1833 a 1849. Em 1852 tornou-se professor de Física experimental na Universidade de Munique, na cidade onde viria a falecer. Entre 1825 e 1827, Ohm desenvolveu a primeira teoria matemática da condução elétrica nos circuitos, baseando-se no estudo da condução do calor de Fourier e fabricando os fios metálicos de diferentes comprimentos e diâmetros usados nos seus estudos da condução elétrica. Este seu trabalho não recebeu o merecido reconhecimento na sua época, tendo a famosa lei de Ohm permanecido desconhecida até 1841 quando recebeu a medalha Copley da Royal britânica. Até essa data os empregos que teve em Colônia e Nuremberga não eram permanentes não lhe permitindo manter um nível de vida médio. Só depois de 1852, dois anos antes de morrer, conseguiu uma posição estável como professor de física na Universidade de Munique.

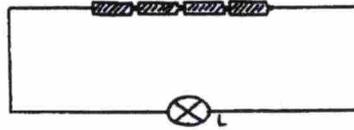




## MODELAGEM

**UFRGS.**

Quatro pilhas idênticas, de 1,5 V cada uma e de resistência interna desprezível, são ligadas a uma lâmpada de filamento, L, conforme mostra a figura.



Supondo que a resistência do filamento da lâmpada seja igual a  $40 \Omega$ , quanto tempo será preciso esperar até que 3 C de carga elétrica tenham passado pela lâmpada?

- A) 5 segundos.
- B) 10 segundos.
- C) 15 segundos.
- D) 20 segundos.
- E) 25 segundos.

$V = R \cdot i$	$q = i \cdot \Delta t$
$4 \cdot 1,5 = 40 \cdot i$	$3 = 0,15 \cdot \Delta t$
$i = 0,15 \text{ A}$	$\Delta t = 20 \text{ s}$

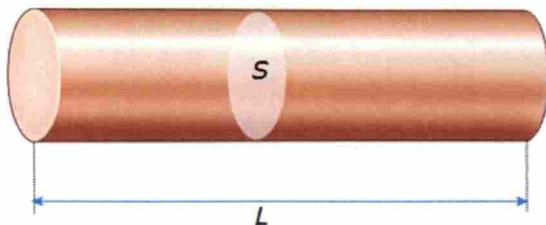
**Resposta: D**

▪ **Parte 3**

**Resistência Elétrica/2ª Lei de Ohm**

**2ª Lei de Ohm**

Estudo da resistência elétrica R de um fio condutor cilíndrico em função de seu comprimento ( L ), sua área de secção transversal ( S ) e do material que o constitui, através do coeficiente de resistividade (  $\rho$  ).



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

**Atenção:**  $D = 2 \cdot r \rightarrow D \propto r$   
 $S = \pi \cdot r^2 \rightarrow S \propto r^2$

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



## Influência do material na resistência elétrica

Coefficiente de resistividade ( $\rho$ ): é característico do material, variando em função da temperatura. Seu valor define o material como condutor ou isolante. Para variações de temperatura não excessivas ( $\Delta 400 \text{ }^\circ\text{C}$ ) pode-se considerar a variação como linear.

Condutividade elétrica ( $\sigma$ ): é usada para especificar o caráter elétrico de um material. Ela é simplesmente o recíproco da resistividade, ou seja, inversamente proporcionais e é indicativa da facilidade com a qual um material é capaz de conduzir uma corrente elétrica. A unidade é a recíproca de ohm-metro, isto é,  $[(\Omega\cdot\text{m})^{-1}]$ .

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

Unidade [S.I.]  $(\Omega\cdot\text{m})^{-1}$

CONDUTORES

	Material	$\rho$ ( $\Omega \cdot \text{m}$ )
Metals	Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$
	Chumbo	$21 \times 10^{-8}$
	Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
	Ferro	$9 \text{ a } 15 \times 10^{-8}$
	Platina	$10,8 \times 10^{-8}$
	Prata	$1,6 \times 10^{-8}$
	Tungstênio	$4,9 \times 10^{-8}$
Ligas	Constantã	$49 \text{ a } 52 \times 10^{-8}$
	Latão	$7 \text{ a } 9 \times 10^{-8}$
	Nicromo	$110 \times 10^{-8}$
	Grafite	$4000 \text{ a } 8000 \times 10^{-8}$
Isolantes	Solo	$100 \text{ a } 10.000$
	Água pura	2.500
	Vidro	$1010 \text{ a } 10^{13}$
	Porcelana	$3 \times 10^{12}$
	Mica	$1013 \text{ a } 10^{15}$
	Ebonite	$1013 \text{ a } 10^{16}$
	Baquelite	$2 \times 10^{14}$
	Borracha	$1015 \text{ a } 10^{16}$
Âmbar	$1016 \text{ a } 10^{17}$	

## MODELAGEM

### PUCRS.

A resistência elétrica de um pedaço de fio metálico é  $4,0 \Omega$ . Se considerarmos outro pedaço, constituído pelo mesmo metal e na mesma temperatura do pedaço inicial, porém com o dobro do comprimento e o dobro do diâmetro, sua resistência será

- A)  $1,0 \Omega$ .
- B)  $2,0 \Omega$ .
- C)  $4,0 \Omega$ .
- D)  $6,0 \Omega$ .
- E)  $8,0 \Omega$ .

$$2D \rightarrow 2r \rightarrow 4S$$

$$R' = \rho \frac{2L}{4S} = \frac{R}{2} = 2\Omega$$

**Resposta: B**

 DESAFIO

## ENEM

Um circuito em série é formado por uma pilha, uma lâmpada incandescente e uma chave interruptora. Ao se ligar a chave, a lâmpada acende quase instantaneamente, irradiando calor e luz. Popularmente, associa-se o fenômeno da irradiação de energia a um desgaste da corrente elétrica, ao atravessar o filamento da lâmpada, e à rapidez com que a lâmpada começa a brilhar. Essa explicação está em desacordo com o modelo clássico de corrente. De acordo com o modelo mencionado, o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente está relacionado à rapidez com que

- A) O fluido elétrico se desloca no circuito.
- B) As cargas negativas móveis atravessam o circuito.
- C) A bateria libera cargas móveis para o filamento da lâmpada.
- D) O campo elétrico se estabelece em todos os pontos do circuito.
- E) As cargas positivas e negativas se chocam no filamento da lâmpada.

O candidato precisa ficar atento ao enunciado. Devemos escolher a alternativa que justifica a rapidez com que a lâmpada ascende assim que o interruptor é ligado.

Existem duas alternativas absurdas, A e E, uma vez que a corrente no fio condutor metálico é eletrônica, portanto não existe movimento de um fluido elétrico no fio. Já as cargas em movimento são elétrons livres.

Duas alternativas possuem coisas corretas escritas, porém que não respondem a pergunta. B e C. Realmente a corrente elétrica é composta por cargas negativas e parte das cargas em movimento são originadas na bateria.

Porém, a rapidez com que a lâmpada ascende se deve ao fato de que no momento do fechamento da chave um campo elétrico se estabelece no meio condutor e todas as cargas livres iniciam um movimento ordenado de forma simultânea.

**Resposta: D**

 DESAFIO

## ENEM

Um detector de mentiras consiste em um circuito elétrico simples do qual faz parte o corpo humano. A inserção do corpo humano no circuito se dá do dedo indicador da mão direita até o dedo indicador da mão esquerda. Dessa forma, certa corrente elétrica pode passar por uma parte do corpo. Um medidor sensível (amperímetro) revela um fluxo de corrente quando uma tensão é aplicada no circuito. No entanto, a pessoa que se submete ao detector não sente a passagem da corrente. Se a pessoa mente, há uma ligeira alteração na condutividade de seu corpo, o que altera a intensidade da corrente detectada pelo medidor. No dimensionamento do detector de mentiras, devem ser levados em conta os parâmetros: a resistência elétrica dos fios de ligação, a tensão aplicada no circuito e a resistência elétrica do medidor. Para que o detector funcione adequadamente como indicado no texto, quais devem ser as características desses parâmetros?

- A) Pequena resistência dos fios de ligação, alta tensão aplicada e alta resistência interna no medidor.
- B) Alta resistência dos fios de ligação, pequena tensão aplicada e alta resistência interna no medidor.
- C) Alta resistência dos fios de ligação, alta tensão aplicada e resistência interna desprezível no medidor.
- D) Pequena resistência dos fios de ligação, alta tensão aplicada e resistência interna desprezível no medidor.
- E) Pequena resistência dos fios de ligação, pequena tensão aplicada e resistência interna desprezível no medidor.

Para a corrente que percorre o corpo humano ser pequena, afinal de contas queremos apenas detectar inverdades e não eletrocutar a pessoa por mentir, partindo de  $V = R \cdot i$ , aplicamos uma reduzida tensão e pequena resistência.

**Resposta: E**





## ANOTAÇÕES

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing notes.



## LEITURA

### Choque Elétrico

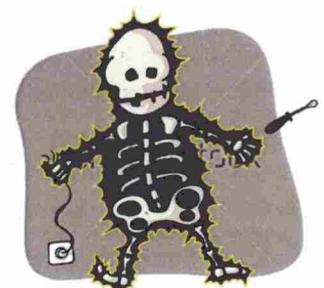
O choque elétrico ocorre quando há passagem de corrente elétrica através de um ser vivo. É importante destacar que os efeitos do choque **não dependem diretamente da voltagem, e sim da intensidade da corrente e do caminho que ela percorre**. Ao se estabelecer uma diferença de potencial entre dois pontos do corpo humano, flui uma corrente elétrica entre esses pontos e a intensidade dessa corrente depende da diferença de potencial e da resistência elétrica entre os pontos sobre o qual se aplica a voltagem (por exemplo: a resistência elétrica entre as orelhas é aproximadamente igual a  $100 \Omega$ ). Geralmente, um desses pontos são os pés, que estão em contato com o solo, e o outro ponto é o que de fato entra em contato com algum aparelho elétrico ou fio elétrico.

Quando uma corrente elétrica passa pelo corpo humano, estamos aptos a sentir os seguintes efeitos: pequena fumigação, dores, espasmos musculares, contrações musculares, alteração nos batimentos cardíacos, parada respiratória, queimaduras e morte. Os danos são provenientes do fato de o movimento dos músculos e as transmissões de sinais nervosos ocorrerem pela passagem de pequenas correntes elétricas. Temos que lembrar que outro fator que pode causar danos ao corpo humano é o trajeto que a corrente faz. O fato de ela passar pelo coração, que é um músculo, causa os espasmos que alteram o ritmo cardíaco, deixando-o irregular. Os choques mais perigosos ocorrem quando uma pessoa segura com as duas mãos o fio elétrico, pois o caminho a ser percorrido pela corrente elétrica fica mais próximo do coração.

A sensação de choque elétrico surge com correntes elétricas de intensidades superiores a 1 mA. Com correntes superiores a 10 mA os músculos se contraem, o que dificulta, por exemplo, que a pessoa consiga largar o que está provocando o choque. Correntes próximas de 20 mA tornam difícil a respiração, podendo cessar com correntes que chegam a 80 mA. As correntes elétricas que chegam a matar são aquelas cuja intensidade está compreendida na faixa entre 100 e 200 mA. Próximo dos 100 mA as paredes do coração executam movimentos descontrolados - isso é chamado de **fibrilação**. As correntes que chegam a ultrapassar os 200 mA não são tão perigosas quanto as de 100 mA, pois as contrações musculares do coração são tão violentas que o coração fica paralisado, o que acaba aumentando a possibilidade de sobrevivência de um ser humano.

É importante destacar que as correntes mais perigosas são relativamente mais baixas, podendo ser obtidas em eletrodomésticos comuns que funcionam a 110 V e 220 V. Correntes mais intensas podem provocar desmaios e fortes queimaduras, porém não chegam a matar de imediato. O socorro a uma vítima de choque elétrico deve ser rápido, começando pelo corte da tensão elétrica, caso não seja possível cessar a mesma deve-se retirar a pessoa do local com um material que seja isolante como, por exemplo, materiais plásticos.

Valor da Corrente de Choque (mA)	Efeitos sobre o Corpo Humano
até 0,5 mA	Geralmente, nenhum efeito perceptível; no máximo, um pequeno "formigamento".
entre 0,5 e 10 mA	Efeitos fisiológicos geralmente não danosos; paralisia parcial e moderada dos músculos do braço e início de tetanização.
entre 10 e 30 mA	Mesmos efeitos da faixa anterior, geralmente sem nenhum efeito patofisiológico perigoso, se houver interrupção da corrente em até 5 segundos.
entre 30 a 500 mA	Efeitos fisiológicos notáveis; tontura, sufocamento, possível parada respiratória; caso a corrente persista por um período superior a 150 ms, poderá haver fibrilação cardíaca.
acima de 500 mA	Efeitos fisiológicos graves e irreversíveis: parada respiratória e fibrilação cardíaca; possibilidade de reversão somente com utilização imediata de socorro médico e equipamento especializado (desfibrilador).



www.shutterstock.com 113053468



## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a "obrigação" de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um "tema de casa" tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**146. PUCRS.** Uma corrente elétrica que flui num condutor tem um valor igual a 5 (cinco) ampères. Pode-se, então, afirmar que a carga que passa numa secção reta do condutor é de

- A) um coulomb, em cada cinco segundos.
- B) cinco coulombs, em cada cinco segundos.
- C) um quinto de coulomb, em cada segundo.
- D) um coulomb, em cada segundo.
- E) um coulomb, em cada quinto de segundo.

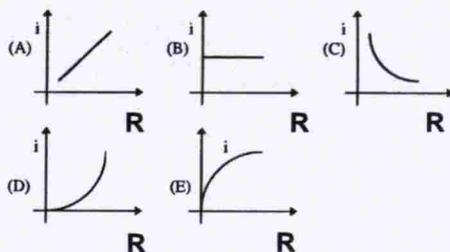


**147. UFRGS.** A tabela mostra algumas medidas da corrente elétrica ( $i$ ) que passa em diversos resistores de resistência ( $R$ ) conhecidas, quando ligados, um após o outro, aos terminais de uma mesma bateria que mantém uma diferença de potencial constante.

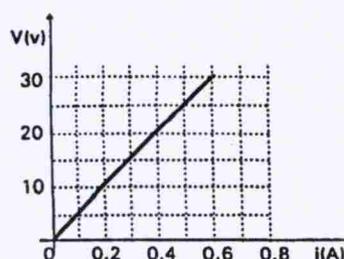
$R$ ( $\Omega$ )	$i$ (A)
19,9	0,60
40,9	0,29
63,2	0,19
80,0	0,15
109,0	0,11



Tendo por base essas medidas, qual o gráfico que melhor identifica a relação entre  $i$  e  $R$  ?



**148. UFRGS.** Ao realizar um experimento em laboratório, um estudante submeteu um resistor a diversas diferenças de potencial  $V$ , e para cada caso mediu a corrente elétrica  $i$ .

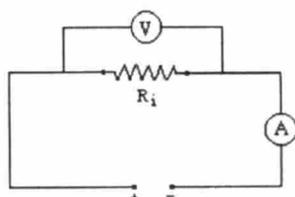




Com esses dados traçou o seguinte gráfico de  $V$  em função de  $i$ .  
Qual a resistência elétrica desse resistor ?

- A)  $2 \Omega$
- B)  $18 \Omega$
- C)  $24 \Omega$
- D)  $50 \Omega$
- E)  $150 \Omega$

149. A figura representa um circuito elétrico onde podem ser ligados diferentes resistores ( $R_i$ ) e feitas as leituras da diferença de potencial e da intensidade da corrente elétrica por meio de um voltímetro  $V$  e de um amperímetro  $A$ , respectivamente.



Medidas típicas da diferença de potencial  $V$  e da corrente elétrica  $i$  encontram-se na tabela abaixo, para cada resistor usado.

Circuito 1	V (V)	10	20	30	40	50
	i (A)	1	2	4	8	16
Circuito 2	V (V)	10	20	30	40	50
	i (A)	8	4	2	1	0,5
Circuito 3	V (V)	10	20	30	40	50
	i (A)	4	4	4	4	4
Circuito 4	V (V)	10	20	30	40	50
	i (A)	1	2	4	6	8
Circuito 5	V (V)	10	20	30	40	50
	i (A)	2	4	6	8	10

O resistor, cuja resistência permaneceu constante, está no circuito

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

150. ENEM. O choque elétrico é uma sensação provocada pela passagem de corrente elétrica pelo corpo. As consequências de um choque vão desde um simples susto até a morte. A circulação das cargas elétricas depende da resistência do material. Para o corpo humano, essa resistência varia de 1 000, quando a pele está seca. Uma pessoa descalça, lavando sua casa com água,





molhou os pés e, acidentalmente, pisou em um fio desencapado, sofrendo uma descarga elétrica em uma tensão de 120V.

Qual a intensidade máxima de corrente elétrica que passou pelo corpo da pessoa?

- A) 1,2 mA
- B) 120 mA
- C) 8,3 A
- D) 833 A
- E) 120 kA

**151. PUCRS.** A tabela mostra os comprimentos  $l$  e o raio  $r$  de um mesmo condutor elétrico, em cinco situações diferentes.

	$l$ [m]	$r$ [mm]
A	1	5
B	2	4
C	3	3
D	4	2
E	5	1

Em qual das situações o condutor apresentará a maior resistência elétrica?

- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

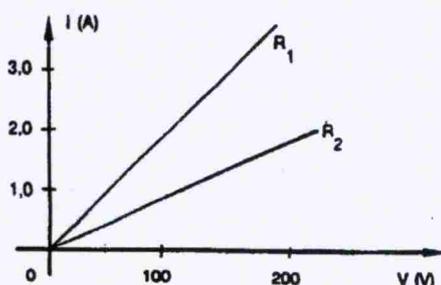


**152. PUCRS.** Uma bateria de automóvel completamente carregada libera  $1,3 \times 10^5$  coulombs de carga. Uma lâmpada necessita de uma corrente constante de 2,0 A para ficar em regime normal de funcionamento, ao ser ligada nesta bateria, ficará acesa aproximadamente durante

- A) 12 h
- B) 18 h
- C) 24 h
- D) 30 h
- E) 36 h



**153. UFRGS.** O gráfico representa a corrente elétrica  $i$  em função da diferença de potencial  $V$  aplicada aos extremos de dois resistores de resistências elétricas  $R_1$  e  $R_2$ .





Para essa situação, verifica-se que

- A) a resistência  $R_1$  não é constante entre 0 e 100V.
  - B) para  $V = 120\text{ V}$  a corrente elétrica no resistor de resistência elétrica  $R_1$  é menor do que no  $R_2$ .
  - C) a resistência  $R_2$  aumenta com o aumento de temperatura.
  - D) a relação entre as resistências ( $R_1/R_2$ ) não é constante.
- a resistência elétrica  $R_1$  é menor do que a  $R_2$ .

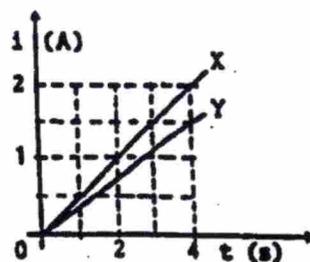
**154. ENEM.** A figura mostra a bateria de um computador portátil, a qual necessita de uma corrente elétrica de 2 A para funcionar corretamente.



Quando a bateria está completamente carregada, o tempo máximo, em minuto, que esse notebook pode ser usado antes que ela "descarregue" completamente é

- A) 24,4.
- B) 36,7.
- C) 132.
- D) 333.
- E) 528.

**155. UFRGS.** O gráfico a seguir representa a intensidade de corrente elétrica  $i$  em função do tempo  $t$  em dois condutores, X e Y.



Sendo  $q_x$  e  $q_y$  as quantidades de carga elétrica que passam durante os quatro primeiros segundos por uma seção transversal dos condutores X e Y, respectivamente, qual a diferença  $q_x - q_y$ , em coulomb?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 6
- E) 8



**156. UFRGS.** Somando-se as cargas dos elétrons livres contidos em  $1 \text{ cm}^3$  de um condutor metálico; encontra-se aproximadamente  $-1,1 \times 10^4 \text{ C}$ . Esse metal foi utilizado na construção de um fio e nele se fez passar uma corrente elétrica com intensidade de  $1 \text{ A}$ . Quanto tempo, aproximadamente, deve-se esperar para que passe pela secção reta transversal do fio a quantidade de carga igual a  $1,1 \times 10^4 \text{ C}$  ?



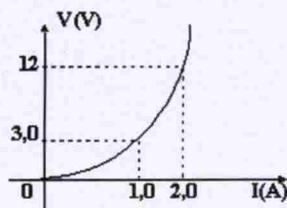
- A) 11000 h
- B) 3 min
- C) 3 h
- D) 11 min
- E) 0,11 h

**157.** Uma das especificações mais importantes de uma bateria de automóvel é o ampere-hora (A.h), uma unidade prática que permite ao consumidor fazer uma avaliação prévia da durabilidade da bateria. Em condições ideais, uma bateria de  $50 \text{ A.h}$  funciona durante  $1 \text{ h}$  quando percorrida por uma corrente elétrica de intensidade  $50 \text{ A}$ , ou durante  $25 \text{ h}$ , se a intensidade da corrente for  $2 \text{ A}$ . Na prática, o ampere-hora nominal de uma bateria só é válido para correntes de baixa intensidade – para correntes de alta intensidade, o valor efetivo do ampere-hora chega a ser um quarto do valor nominal. Tendo em vista essas considerações, pode-se afirmar que o ampere-hora mede a



- A) potência útil fornecida pela bateria.
- B) potência total consumida pela bateria.
- C) força eletromotriz da bateria.
- D) energia potencial elétrica fornecida pela bateria.
- E) quantidade de carga elétrica fornecida pela bateria.

**158.** Um condutor, ao ser submetido a uma diferença de potencial variável, apresenta o diagrama  $V \times I$  representado abaixo. Sobre esse condutor, considerando a temperatura constante, é correto afirmar que:



- A) é ôhmico, e sua resistência elétrica é  $3,0 \Omega$ .
- B) é ôhmico, e sua resistência elétrica é  $6,0 \Omega$ .
- C) não é ôhmico, e sua resistência elétrica é  $3,0 \Omega$  quando a intensidade da corrente elétrica é  $1,0 \text{ A}$ .
- D) não é ôhmico, e sua resistência elétrica é  $3,0 \Omega$  quando a intensidade da corrente elétrica é  $2,0 \text{ A}$ .
- E) não é ôhmico, e sua resistência elétrica é  $6,0 \Omega$  quando a intensidade da corrente elétrica é  $1,0 \text{ A}$ .



**159.** Você constrói três resistências elétricas,  $R_A$ ,  $R_B$  e  $R_C$ , com fios de mesmo comprimento e com as seguintes características:



- I. O fio de  $R_A$  tem resistividade  $1,0 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  e diâmetro de 0,50 mm.
- II. O fio de  $R_B$  tem resistividade  $1,2 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  e diâmetro de 0,50 mm.
- III. O fio de  $R_C$  tem resistividade  $1,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$  e diâmetro de 0,40 mm.

Pode-se afirmar que:

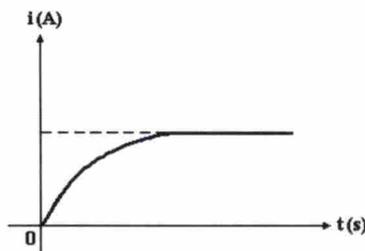
- A)  $R_A > R_B > R_C$ .
- B)  $R_B > R_A > R_C$ .
- C)  $R_B > R_C > R_A$ .
- D)  $R_C > R_A > R_B$ .
- E)  $R_C > R_B > R_A$ .

**160.** Cerca de  $10^6$  íons de  $Na^+$  penetram numa célula excitada, num intervalo de tempo de  $2 \cdot 10^{-3} s$ , atravessando sua membrana. A área da membrana celular é de, aproximadamente,  $6 \cdot 10^{-10} m^2$ . A intensidade da corrente elétrica através da membrana é, em amperes, igual a (Dado : carga elementar do elétron =  $1,6 \cdot 10^{-19} C$ )



- A)  $2,0 \cdot 10^{-11}$
- B)  $3,2 \cdot 10^{-11}$
- C)  $7,5 \cdot 10^{-11}$
- D)  $8,0 \cdot 10^{-11}$
- E)  $9,6 \cdot 10^{-11}$

**161.** A intensidade da corrente elétrica que percorre um componente eletrônico, submetido a uma ddp constante, varia, em função do tempo, de acordo com o gráfico a seguir.

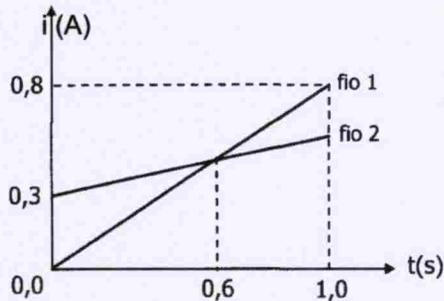


Sobre a resistência elétrica desse componente, é correto afirmar que, com o passar do tempo, ela:

- A) decresce uniformemente.
- B) aumenta uniformemente.
- C) tende para zero.
- D) tende para um valor constante.
- E) tende para infinito.



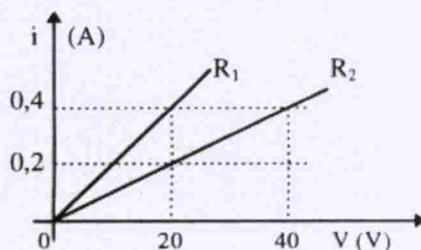
**162. UFRGS.** Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem. As correntes elétricas em dois fios condutores variam em função do tempo de acordo com o gráfico mostrado abaixo, onde os fios estão identificados pelos algarismos 1 e 2.



No intervalo de tempo entre zero e 0,6 s, a quantidade de carga elétrica que atravessa uma seção transversal do fio é maior para o fio ..... do que para o outro fio; no intervalo entre 0,6 s e 1,0 s, ela é maior para o fio ..... do que para o outro fio; e no intervalo entre zero e 1,0 s, ela é maior para o fio ..... do que para o outro fio.

- A) 1 - 1 - 2
- B) 1 - 2 - 1
- C) 2 - 1 - 1
- D) 2 - 1 - 2
- E) 2 - 2 - 1

**163.** A corrente elétrica  $i$  em função da diferença de potencial  $V$  aplicada aos extremos de dois resistores,  $R_1$  e  $R_2$ , estão representados no gráfico. Adicionalmente sabe-se que  $R_1$  e  $R_2$  não alteram suas características para valores de diferença de potencial até 100V.



Com base nessas informações, um aluno concluiu que, para valores abaixo de 100 V,

- I - a resistência de cada um dos resistores é constante.
- II - o resistor  $R_1$  tem resistência maior do que o resistor  $R_2$ .
- III - ao ser aplicada uma diferença de potencial de 80 V aos extremos do resistor  $R_2$ , nele passará uma corrente de 0,8 A.

Quais as conclusões que estão corretas ?



- A) Apenas I
- B) Apenas II
- C) Apenas I e III
- D) Apenas II e III
- E) I, II e III

**164. PUCRS.** Durante um experimento realizado com um condutor que obedece à lei de Ohm, observou-se que o seu comprimento dobrou, enquanto a área da sua secção transversal foi reduzida à metade. Neste caso, se as demais condições experimentais permanecerem inalteradas, pode-se afirmar que a resistência final do condutor, em relação à resistência original, será



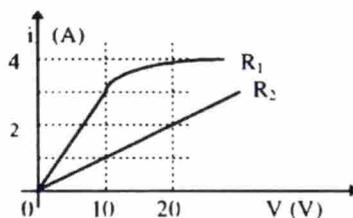
- A) dividida por 4.
- B) quadruplicada.
- C) duplicada.
- D) dividida por 2.
- E) mantida.

**165. PUCRS.** Dois fios metálicos de mesma resistividade elétrica e mesmo comprimento têm diâmetros de 2,0 mm e 4,0 mm. Se aplicarmos a mesma diferença de potencial entre seus extremos, o quociente entre a intensidade de corrente no condutor de maior diâmetro e a intensidade de corrente no condutor de menor diâmetro é



- A) 4
- B) 2
- C) 1
- D)  $\frac{1}{2}$
- E)  $\frac{1}{4}$

**166.** O gráfico representa a intensidade da corrente elétrica  $i$  como função da diferença de potencial  $V$  aplicada aos extremos de dois resistores,  $R_1$  e  $R_2$ .

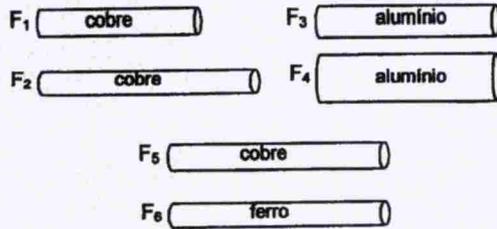


Ao analisar o gráfico, pode-se concluir que :

- A) a resistência elétrica de cada um dos resistores é constante entre 0 e 20V.
- B) para 10 V, o resistor  $R_1$  tem o triplo da resistência elétrica do resistor  $R_2$ .
- C) entre 10V e 20V a resistência elétrica do resistor  $R_1$  é maior do que a do  $R_2$ .
- D) entre 10 V e 20 V a resistência elétrica do resistor  $R_1$  varia.
- E) a variação da resistência elétrica do resistor  $R_2$  é de  $10\Omega$  entre 0 e 10 V.



**167. UFRGS.** As figuras mostram pares de fios elétricos, de diferentes dimensões e materiais, cujos extremos são submetidos a uma mesma diferença de potencial e mantidos a mesma temperatura.



Para cada par, qual o fio que apresenta maior resistência elétrica ?

- A) F<sub>1</sub> - F<sub>3</sub> - F<sub>5</sub>
- B) F<sub>2</sub> - F<sub>3</sub> - F<sub>5</sub>
- C) F<sub>2</sub> - F<sub>4</sub> - F<sub>6</sub>
- D) F<sub>1</sub> - F<sub>4</sub> - F<sub>5</sub>
- E) F<sub>2</sub> - F<sub>3</sub> - F<sub>6</sub>

**168. UFRGS.** Os fios comerciais de cobre, usados em ligações elétricas, são identificados através de números de bitola. À temperatura ambiente, os fios 14 e 10, por exemplo, têm áreas de seção reta iguais a 2,1 mm<sup>2</sup> e 5,3 mm<sup>2</sup>, respectivamente. Qual é, àquela temperatura, o valor aproximado da razão  $R_{14} / R_{10}$  entre a resistência elétrica  $R_{14}$ , de um metro de fio 14 e a resistência elétrica  $R_{10}$ , de um metro de fio 10 ?



- A) 2,5.
- B) 1,4.
- C) 1,0.
- D) 0,7.
- E) 0,4.

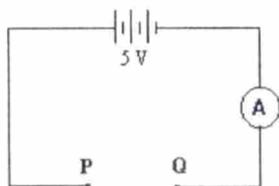
**169. ULBRA.** Dois fios de cobre tem comprimento L e 2L e diâmetros D e 2D, respectivamente. O de comprimento L e diâmetro D tem resistência elétrica  $R = 15\Omega$ . Qual a resistência elétrica, em ohms, do segundo fio ?



- A) 9,0
- B) 8,2
- C) 7,5
- D) 5,5
- E) 3,0

**170.** Entre os pontos P e Q do circuito representado na figura devem ser ligados sucessivamente (sempre apenas um) cinco resistores, todos fios metálicos de 0,8 m de comprimento e mesmo diâmetro.





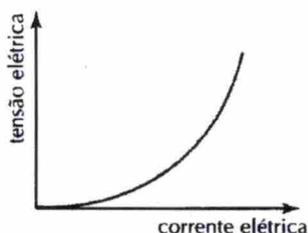
Suas características são mostradas na tabela.

Resistor	$\Omega / m$
I	0,55
II	7,2
III	12,0
IV	9,0
V	1,4

Sabe-se que a escala do amperímetro A permite uma leitura que vai de 0 a 5 A. Nesse caso, o resistor que, quando ligado, fará com que a intensidade da corrente elétrica exceda o valor máximo da escala do amperímetro, é o de número

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

171. Este gráfico mostra como varia a tensão elétrica em um resistor mantido a uma temperatura constante em função da corrente elétrica que passa por ele.



Com base nas informações contidas no gráfico, é correto afirmar que :

- A) a corrente elétrica no resistor é diretamente proporcional à tensão aplicada.
- B) a resistência elétrica do resistor aumenta quando a corrente elétrica aumenta.
- C) a resistência elétrica do resistor tem o mesmo valor qualquer que seja a tensão elétrica.
- D) dobrando-se a corrente elétrica através do resistor, a potência elétrica consumida quadruplica.
- E) o resistor é feito de um material que obedece à lei de Ohm.



**172. PUCRS.** Um fio metálico cilíndrico, homogêneo e de seção constante apresenta uma resistência elétrica  $R$ . O fio é cortado em três partes iguais e com ela faz-se um feixe. A resistência elétrica do feixe é



- A)  $R/2$
- B)  $R/3$
- C)  $R/4$
- D)  $R/6$
- E)  $R/9$

**173.** Têm-se cinco fios condutores  $F_1, F_2, F_3, F_4$  e  $F_5$ , de mesmo material e à mesma temperatura. Os fios apresentam comprimento e área de seção transversal dados pela tabela abaixo :



FIO	Comprimento	Área de seção transversal
$F_1$	$L$	$A$
$F_2$	$2L$	$A$
$F_3$	$L$	$2A$
$F_4$	$L$	$A/2$
$F_5$	$2L$	$A/2$

Se  $R$  a resistência elétrica de  $F_1$ , podemos afirmar que  $F_2, F_3, F_4$  e  $F_5$  têm resistências elétricas, respectivamente:

- A)  $2R; 2R; R/2; R$
- B)  $2R; R/2; 2R; 4R$
- C)  $2R; R/2; 2R; R$
- D)  $R/2; 2R; 2R; R$
- E)  $R; 2R; R/2; 4R$

**174. UFRGS.** Quando uma diferença de potencial é aplicada aos extremos de um fio metálico, de forma cilíndrica, uma corrente elétrica  $i$  percorre esse fio. A mesma diferença de potencial é aplicada aos extremos de outro fio, do mesmo material, com o mesmo comprimento mas com o dobro do diâmetro. Supondo os dois fios à mesma temperatura, qual será a corrente elétrica no segundo fio?



- A)  $i$
- B)  $2i$
- C)  $i/2$
- D)  $4i$
- E)  $i/4$



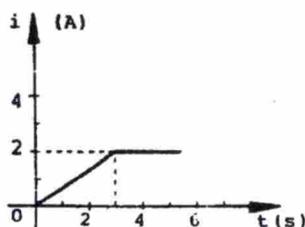
175. Observe a tira:



Para estudarmos o fenômeno da energia elétrica, é necessário conhecermos bem três variáveis: tensão, corrente e resistência. Os elementos passivos de um circuito elétrico são denominados resistores ôhmicos por obedecerem à Lei de Ohm. O indivíduo da figura é percorrido por uma forte corrente elétrica porque seu corpo está molhado, diminuindo o valor da resistência elétrica do corpo. A lei de Ohm afirma que:

- A) Mantida constante a temperatura do resistor, sua resistência elétrica é constante, independente da tensão aplicada.
- B) A resistência elétrica do resistor é igual à razão entre a tensão que lhe é aplicada e a corrente que o atravessa.
- C) A potência dissipada pelo resistor é igual ao produto da tensão que lhe é aplicada pela corrente que o atravessa.
- D) A resistência elétrica do resistor diminui com o aumento de sua temperatura e aumenta com a diminuição de sua temperatura.

176. UFRGS. O gráfico representa a intensidade de corrente elétrica  $i$  em função do tempo transcorrido  $t$ . Qual a quantidade de carga elétrica, em coulomb, que passa por uma seção transversal do condutor nos primeiros 5 segundos ?



- A) 2,0
- B) 2,5
- C) 4,0
- D) 7,0
- E) 10,0

177. ENEM. As redes de alta tensão para transmissão de energia elétrica geram campo magnético variável o suficiente para induzir corrente elétrica no arame das cercas. Tanto os animais quanto os funcionários das propriedades rurais ou das concessionárias de energia devem ter muito cuidado ao se aproximarem de uma cerca quando esta estiver próxima a uma rede de alta tensão, pois, se tocarem no arame da cerca, poderão sofrer choque elétrico.



Para minimizar este tipo de problema, deve-se:



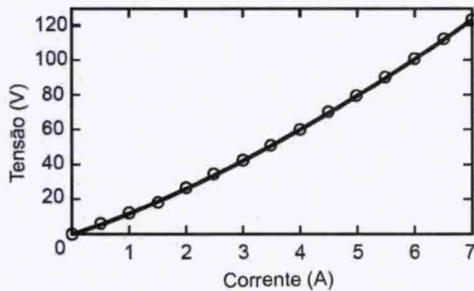
- A) Fazer o aterramento dos arames da cerca.
- B) Acrescentar fusível de segurança na cerca.
- C) Realizar o aterramento da rede de alta tensão.
- D) Instalar fusível de segurança na rede de alta tensão.
- E) Utilizar fios encapados com isolante na rede de alta tensão.

**178. PUCRS.** Um condutor elétrico tem comprimento  $L$ , diâmetro  $D$  e resistência elétrica  $R$ . Se duplicarmos seu comprimento e diâmetro, sua nova resistência elétrica passará a ser

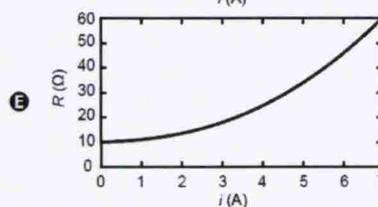
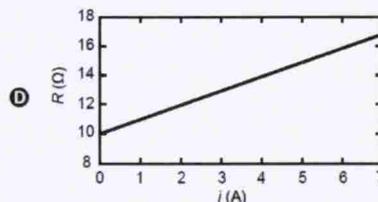
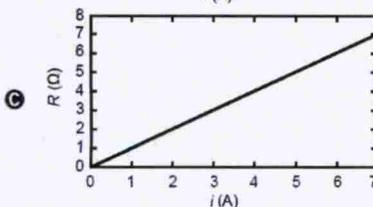
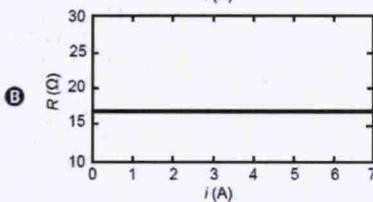
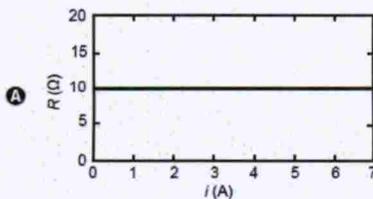
- A)  $R$
- B)  $2R$
- C)  $R/2$
- D)  $4R$
- E)  $R/4$



**179. ENEM.** Ao pesquisar um resistor feito de um novo tipo de material, um cientista observou o comportamento mostrado no gráfico tensão *versus* corrente.



Após a análise do gráfico, ele concluiu que a tensão em função da corrente é dada pela equação  $V = 10i + i^2$ .  
O gráfico da resistência elétrica ( $R$ ) do resistor em função da corrente ( $i$ ) é





**180. UFRGS.** Um condutor elétrico cilíndrico de comprimento  $L$  possui resistência  $R$ . Um outro condutor de mesmo material, porém de comprimento  $2L$  e com o dobro do raio, terá resistência

- A)  $R/4$
- B)  $R/2$
- C)  $R$
- D)  $2R$
- E)  $4R$



**181. PUCRS.** Uma pilha mantém uma ddp em um fio de cobre no qual é estabelecida uma corrente elétrica constante. Substituindo este fio por outro, também de cobre, de mesmo comprimento mas de diâmetro duas vezes maior, verifica-se que a corrente elétrica

- A) se reduz à metade.
- B) permanece constante.
- C) duplica.
- D) triplica.
- E) quadruplica.



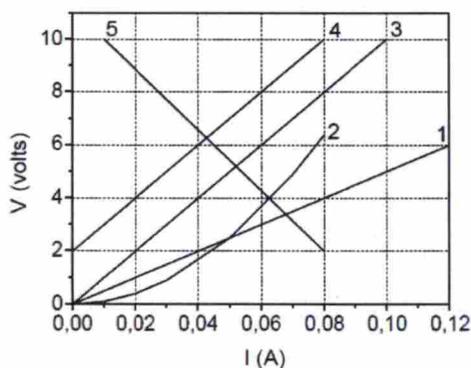
**182. PUCRS.** Dois fios cilíndricos de alumínio, A e B, de igual diâmetro, possuem respectivamente 20 cm e 200 cm de comprimento. A razão entre suas resistências elétrica  $R_A / R_B$  é

- A) 0,10
- B) 0,20
- C) 1,0
- D) 2,0
- E) 10



**183. UPF.** Aplica-se uma tensão variável nos terminais de um resistor ôhmico de  $100 \Omega$ . Para cada valor de tensão  $V$  aplicada, mede-se a corrente  $I$  no resistor. No gráfico, tensão  $V$  em função da corrente  $I$ , a linha que melhor descreve essa relação, é:

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5





**184. PUCRS.** Um fio metálico homogêneo e linear tem uma resistência de 10 ohms. O comprimento do fio é de 5,0 m e a área de sua secção reta vale  $2,0 \text{ mm}^2$ . A resistividade do metal em  $\Omega \cdot \text{m}$ , vale



- A)  $2,0 \times 10^{-2}$
- B)  $2,0 \times 10^{-4}$
- C)  $4,0 \times 10^{-6}$
- D)  $4,0 \times 10^{-7}$
- E)  $4,0 \times 10^{-8}$

**185.** Submetem-se dois fios A e B, feitos de um mesmo metal, à mesma tensão elétrica. O comprimento do fio A é o dobro do comprimento do fio B e a área de seção reta de A é igual à metade da seção reta de B. Qual a razão entre as intensidades das correntes elétricas em A e B ( $i_A / i_B$ ) ?



- A) 4
- B) 2
- C) 1
- D)  $\frac{1}{2}$
- E)  $\frac{1}{4}$

**186. ENEM.** A resistência elétrica de um fio é determinada pela suas dimensões e pelas propriedades estruturais do material. A condutividade ( $\sigma$ ) caracteriza a estrutura do material, de tal forma que a resistência de um fio pode ser determinada conhecendo-se  $L$ , o comprimento do fio e  $A$ , a área de seção reta. A tabela relaciona o material à sua respectiva resistividade em temperatura ambiente.



Tabela de condutividade

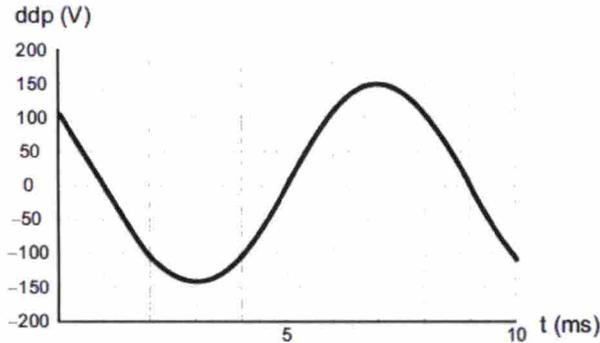
Material	Condutividade ( $\text{S} \cdot \text{m} / \text{mm}^2$ )
Alumínio	34,2
Cobre	61,7
Ferro	10,2
Prata	62,5
Tungstênio	18,8

Mantendo-se as mesmas dimensões geométricas, o fio que apresenta menor resistência elétrica é aquele feito de

- A) tungstênio.
- B) alumínio.
- C) ferro.
- D) cobre.
- E) prata.



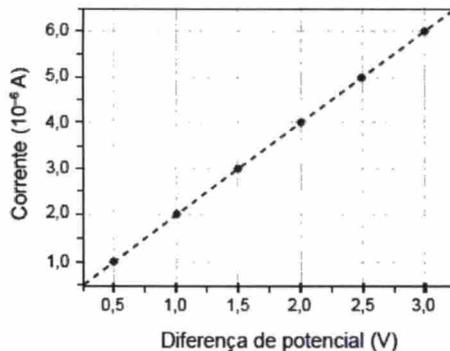
**187. ENEM.** O osciloscópio é um instrumento que permite observar uma diferença de potencial (ddp) em um circuito elétrico em função do tempo ou em função de outra ddp. A leitura do sinal é feita em uma tela sob a forma de um gráfico tensão x tempo.



A frequência de oscilação do circuito elétrico estudado é mais próxima de

- A) 300Hz.
- B) 250Hz.
- C) 200Hz.
- D) 150Hz.
- E) 125Hz.

**188.** Dispositivos eletrônicos que utilizam materiais de baixo custo, como polímeros semicondutores, têm sido desenvolvidos para monitorar a concentração de amônia (gás tóxico e incolor) em granjas avícolas. A polianilina é um polímero semicondutor que tem o valor de sua resistência elétrica nominal quadruplicado quando exposta a altas concentrações de amônia. Na ausência de amônia, a polianilina se comporta como um resistor ôhmico e a sua resposta elétrica é mostrada no gráfico.



O valor da resistência elétrica da polianilina na presença de altas concentrações de amônia, em ohm, é igual a

- A)  $0,5 \times 10^0$
- B)  $2,0 \times 10^0$
- C)  $2,5 \times 10^5$
- D)  $5,0 \times 10^5$
- E)  $2,0 \times 10^6$



189. O acelerador de partículas LHC, o Grande Colisor de Hádrons (Large Hadron Collider), recebeu da imprensa vários adjetivos superlativos: “a maior máquina do mundo”, “o maior experimento já feito”, “o *big bang* recriado em laboratório”, para citar alguns. Quando o LHC estiver funcionando a plena capacidade, um feixe de prótons, percorrendo o perímetro do anel circular do acelerador, irá conter  $10^{14}$  prótons, efetuando  $10^4$  voltas por segundo, no anel. Considerando que os prótons preenchem o anel uniformemente, identifique a alternativa que indica corretamente a corrente elétrica que circula pelo anel. (Dado: carga elétrica do próton  $1,6 \times 10^{-19}$  C)



- A) 0,16 A
- B)  $1,6 \times 10^{-15}$  A
- C)  $1,6 \times 10^{-29}$  A
- D)  $1,6 \times 10^{-9}$  A
- E)  $1,6 \times 10^{-23}$  A

190. Relacionado às baterias recarregáveis, considere a situação na qual o fabricante do seu telefone sem fio informa no Manual do Usuário que o aparelho pode operar fora da base por um tempo de 96 h (em modo de espera) ou por um tempo de 5 h (em modo de conversação). Sendo a indicação máxima da bateria do tipo NiCd (níquel-cádmio) de 300 mAh e voltagem de 3,6 V, os valores das intensidades de corrente do telefone (em mA) em modo de espera e em modo de conversação, respectivamente, são:



- A)  $i_E = 3,1$ ;  $i_C = 60,0$
- B)  $i_E = 5,3$ ;  $i_C = 51,8$
- C)  $i_E = 10,4$ ;  $i_C = 60,0$
- D)  $i_E = 16,0$ ;  $i_C = 40,0$
- E)  $i_E = 30,5$ ;  $i_C = 600,0$



# Aula 19

## Resistores

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.149 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.161

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.150 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 195, 196, 197, 198, 199, 200, 202, 203, 206, 208, 209, 212 e 218

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.151 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 3 – P.162
Fazer as questões 192, 193, 201, 204, 213, 214, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230 e 235

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.154 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.160
Analisar os Desafios – P.157
Fazer as questões 191, 194, 205, 207, 210, 211, 215, 216, 217, 219, 220, 221, 222, 231, 232, 233 e 234



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



## Parte 1

## Efeito Joule

### Resistores.

Os **resistores** são dispositivos eletrônicos cuja função é a de transformar **energia elétrica** em **energia térmica**. Também chamados de **resistências**, estão presentes em aparelhos como chuveiros, televisores, computadores, aquecedores, ferro de passar roupa, rádios, lâmpadas incandescentes, dentre outros.

Os resistores são componentes que se opõem a passagem de corrente elétrica, ou seja, "resistem" a passagem de corrente elétrica, limitando sua intensidade. Um resistor que obedece à 1ª Lei de Ohm possui resistência elétrica constante e é denominado RESISTOR ÔHMICO.

Resistores são dispositivos cuja função exclusiva é converter energia elétrica em energia térmica.

**Simbologia:** 

**Exemplos:**



### Efeito Joule

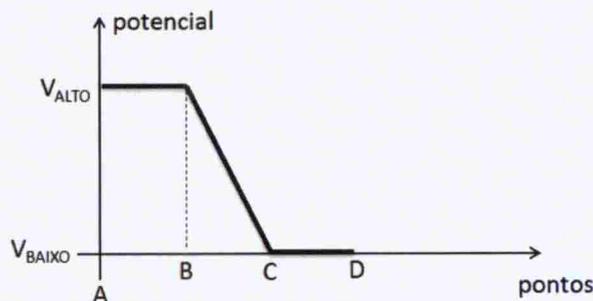
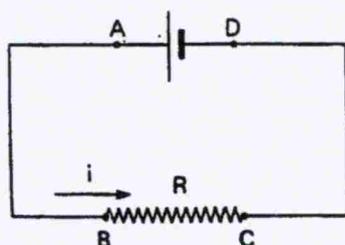
Nos aquecedores elétricos em geral ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica (CALOR). O efeito consiste em submeter os extremos do resistor a uma DDP fazendo com que esse seja percorrido por uma corrente de intensidade  $i$ . Os elétrons livres em movimento ordenado efetuam choques contra os átomos do condutor. Nesses choques, os elétrons transferem aos átomos energia elétrica que receberam do gerador que é transformada em energia térmica, determinando a elevação da temperatura do condutor.

### Queda de potencial no resistor

$$V_{AB} = V_A - V_B = R_{AB} \cdot i \neq 0 \cdot i \neq 0 \quad (V_A \neq V_B)$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = R_{BC} \cdot i \neq 0 \quad (V_B > V_C)$$

$$V_{CD} = V_C - V_D = R_{CD} \cdot i \neq 0 \cdot i \neq 0 \quad (V_C \neq V_D)$$





▪ **Parte 2**

Potência

**Potência elétrica dissipada - Potência consumida ( P )**

- Informa a quantidade de energia elétrica que o resistor transforma em energia térmica na unidade de tempo.
- Normalmente a potência é característica do aparelho quando submetido a uma DDP apropriada e chamada de potência nominal.

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

Unidades : [S.I.] watt ( W ) = joules / segundo ( J/s )  
[prática] quilowatt ( kW ) =  $10^3$  W  
megawatt ( MW ) =  $10^6$  W

$$P = V \cdot i \quad \Leftrightarrow \quad P = R \cdot i^2 \quad \Leftrightarrow \quad P = \frac{V^2}{R}$$

**MODELAGEM**

**UFRGS.**

Um resistor cuja resistência elétrica é constante dissipa 60 mW quando é submetido a uma diferença de potencial de 220 V. Se for submetido a uma diferença de potencial de 110 V, a potência dissipada por esse resistor será

- A) 15 mW
- B) 30 mW
- C) 60 mW
- D) 120 mW
- E) 240 mW

$$P = V^2 / R \rightarrow R = \text{constante} \rightarrow P \propto V^2 \rightarrow V/2 \rightarrow P/4 = 60 / 4 = 15 \text{ mW}$$

**Resposta: A**



## MODELAGEM

PUCRS.

Dois fios condutores são constituídos pelo mesmo metal, cuja resistividade elétrica pode ser considerada constante nas condições de operação consideradas. Um desses fios tem o dobro do comprimento e a metade da área do outro. Se a mesma diferença de potencial elétrico for aplicada nas extremidades de ambos os fios, o quociente entre as potências elétricas dissipadas pelos fios de maior e menor comprimento será

- A) 1/4    B) 1/2    C) 1    D) 2    E) 4

$$2L \text{ e } S/2 \rightarrow R = \rho L / S \rightarrow 4R \rightarrow P = V^2 / R \rightarrow P/4 \text{ (A)}$$

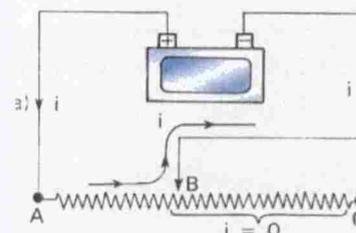
**Resposta: A**

### ▪ Parte 3

### Elementos

#### Reostato

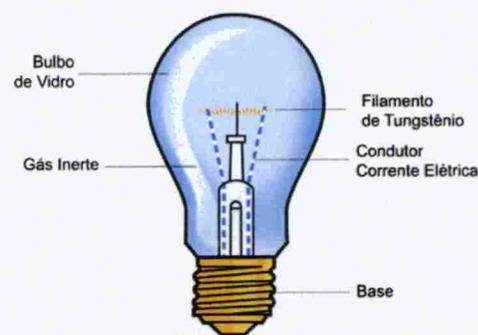
Aparelho que possibilita a variação da resistência elétrica de um circuito em função da variação do comprimento de um fio condutor.



#### Lâmpada incandescente (lâmpada de filamento)

A lâmpada incandescente possui um filamento de tungstênio, que quando submetido a uma tensão  $V$  é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade  $i$ . Essa lâmpada dissipa, então, por Efeito Joule, uma potência elétrica  $P$ .

Os dados nominais de uma lâmpada corresponde aos valores de tensão e potência dissipada quando a lâmpada encontra-se em regime normal de funcionamento.



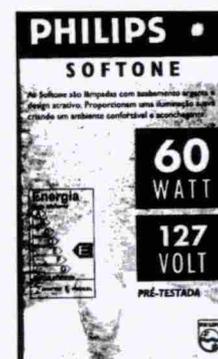
Para o caso da lâmpada abaixo, o regime normal de funcionamento ocorre quando submetida a uma tensão de 127 V, seu filamento é percorrido por uma corrente  $i$  e ela dissipa a potência de 60W.

A partir dos dados nominais é possível obter a resistência elétrica do filamento :

$$P = \frac{V^2}{R} \rightarrow 60 = \frac{127^2}{R} \rightarrow R \cong 270\Omega$$

$$\text{Brilho da lâmpada : } P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{R=\text{constante}} P \propto V^2$$

- $V > V_{\text{NOMINAL}} \rightarrow P > P_{\text{NOMINAL}} \rightarrow$  Maior Brilho (a lâmpada pode queimar)
- $V < V_{\text{NOMINAL}} \rightarrow P < P_{\text{NOMINAL}} \rightarrow$  Menor Brilho (a lâmpada não queima, podendo nem apresentar brilho)





## MODELAGEM

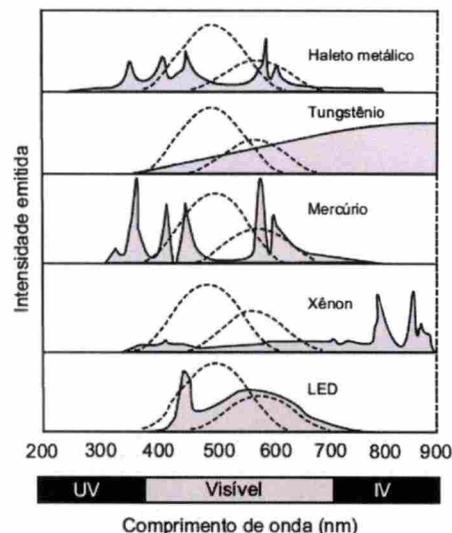
### ENEM

A figura mostra como é a emissão de radiação eletromagnética para cinco tipos de lâmpada: haleto metálico, tungstênio, mercúrio, xênon e LED (diodo emissor de luz). As áreas marcadas em cinza são proporcionais à intensidade da energia liberada pela lâmpada. As linhas pontilhadas mostram a sensibilidade do olho humano aos diferentes comprimentos de onda. UV e IV são as regiões do ultravioleta e do infravermelho, respectivamente.

Um arquiteto deseja iluminar uma sala usando uma lâmpada que produza boa iluminação, mas que não aqueça o ambiente.

Qual tipo de lâmpada melhor atende ao desejo do arquiteto?

- A) Haleto metálico.
- B) Tungstênio.
- C) Mercúrio.
- D) Xênon.
- E) LED.



Análise da figura permite ver na lâmpada de LED a maior intensidade emitida na faixa da luz visível ao mesmo tempo de reduzida emissão de infravermelho (calor).

**Resposta: E**

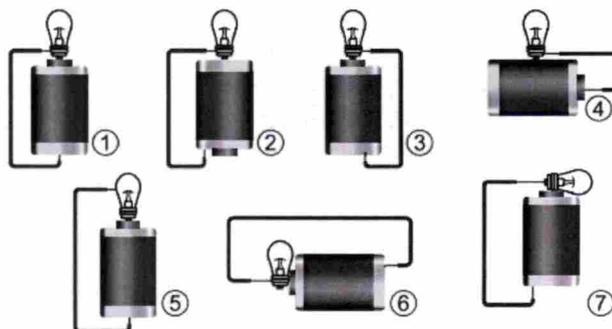
## MODELAGEM

### ENEM.

Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

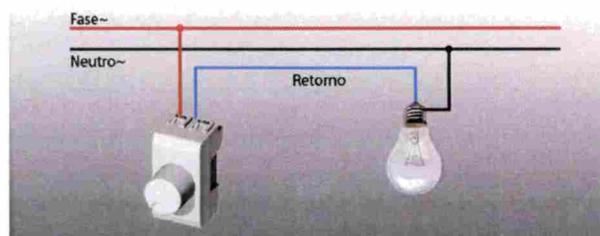
- A) (1), (3), (6)
- B) (3), (4), (5)
- C) (1), (3), (5)
- D) (1), (3), (7)
- E) (1), (2), (5)



GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. *Instalação Elétrica: investigando e aprendendo*. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Quando ligamos uma lâmpada incandescente devemos aplicar uma diferença de potencial entre sua base e a rosca metálica, onde o filamento interno está conectado através das hastes. Dessa forma uma corrente circula pelo filamento e a lâmpada funciona. Na ligação, inclusive, a chave deve interromper a "fase", a fim de evitar acidentes para o usuário no momento da troca da lâmpada. D.

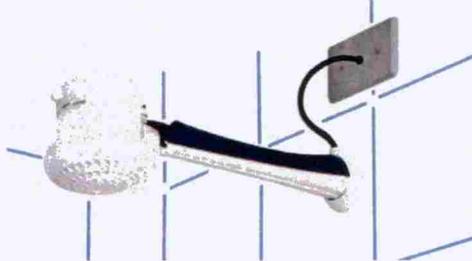
**Resposta: D**





## CHUVEIRO ELÉTRICO

O chuveiro elétrico é dotado de um resistor de resistência variável que quando submetido a uma ddp dissipa energia elétrica, que ao ser propagada para a água provoca seu aquecimento.



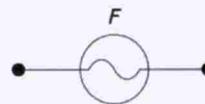
Como funciona o chuveiro elétrico ?



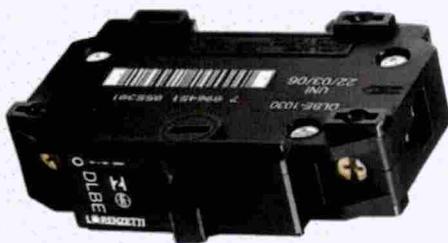
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Especificação			
Modelo		A	B
Tensão (V ~)		127	220
Potência (Watt)	Seletor de Temperatura	○	0
		●	2 440
		●●	4 400
		●●●	5 500
Disjuntor ou Fusível (Ampère)		50	30
Seção dos condutores (mm <sup>2</sup> )		10	4

## Dispositivos de segurança de um circuito

Interrompem a corrente quando essa ultrapassa um valor nomin:



- disjuntor



- fusíveis





▪ **Parte 4**

**Energia**

## Energia elétrica dissipada - Energia consumida ( E )

Informa a quantidade de energia elétrica transformada em energia térmica ( CALOR ) durante certo intervalo de tempo qualquer. A energia consumida depende da utilização do aparelho.

$$E = P \cdot \Delta t$$

$$E = V \cdot i \cdot \Delta t$$

$$E = R \cdot i^2 \cdot \Delta t$$

$$E = \frac{V^2}{R} \cdot \Delta t$$

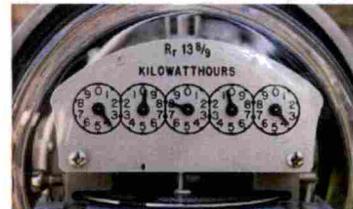
**Unidades :** [S.I.] joule ( J )  
[práticas] watt-hora (Wh)  $\Rightarrow 1 \text{ Wh} = 3,6 \times 10^3 \text{ J}$   
quilowatt-hora (kWh)  $\Rightarrow 1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$

$$E = P \cdot \Delta t$$

$$J = W \cdot s$$

$$\text{Wh} = W \cdot h$$

$$\text{kWh} = \text{kW} \cdot h = \text{Wh} \div 10^3$$



## **MODELAGEM**

### **PUCRS**

Desde julho de 2016, as lâmpadas incandescentes comuns deixaram de ser comercializadas em território nacional. Alinhada a atitudes sustentáveis, a proibição de venda dessas lâmpadas visa aumentar a utilização de equipamentos com maior eficiência energética. A tabela abaixo apresenta informações de três tipos de lâmpadas com fluxos luminosos equivalentes.

Tipo de lâmpada	Vida média	Preço por unidade
Halógena	2400 h	R\$ 4,00
Fluorescente compacta	9000 h	R\$ 9,00
LED	36000 h	R\$ 30,00

Considerando apenas a relação entre vida média e preço por unidade, a opção pelo uso da lâmpada \_\_\_\_\_ acarretaria um custo \_\_\_\_\_ maior em relação à lâmpada LED.

- A) halógena – 50%
- B) halógena – 200%
- C) fluorescente – 20%
- D) fluorescente – 80%



**Fluorescente**

36000/9000 = 4 lâmpadas  
4 x 9,00 = 36,00 (20%)

**Halógena**

36000/2400 = 15 lâmpadas  
15 x 4,00 = 60,00 (100%)

**Resposta: C**

Em um mesmo intervalo de tempo, a observação do efeito Joule na lâmpada de LED é \_\_\_\_\_ do que na lâmpada halógena. Além disso, a porcentagem de conversão de energia elétrica em energia \_\_\_\_\_ é maior na lâmpada de LED do que na halógena.

- A) menor – luminosa
- B) menor – térmica
- C) maior – luminosa
- D) maior – térmica

Necessário conhecimento da comparação entre lâmpadas.  
Leitura desse capítulo – *Qual a diferença entre as lâmpadas...*

**Resposta: A**



## MODELAGEM

**UPF**

Um sistema elétrico de aquecimento de água (tipo rabo quente) é ligado a uma rede de 220V e é percorrido por uma corrente elétrica de 25A durante 3 minutos. A energia consumida pelo sistema, em kJ, é:

- A) 33,0
- B) 16,5
- C) 5,5
- D) 990,0
- E) 1,6

$$E = P \cdot \Delta t = V \cdot i \cdot \Delta t$$

$$E = ( 220 \cdot 25 ) \cdot ( 3 \cdot 60 )$$

$$E = 990000 \text{ J} = 990 \text{ kJ}$$

**Resposta: D**



## MODELAGEM

**ACAFE**

O quadro abaixo apresenta algumas informações de uma fatura da conta de energia elétrica de uma residência por um período de 30 dias.

Concessionária de energia elétrica		Unidade consumidora	
		XXXXXXXXXX	
Mês	Vencimento	Consumo faturado (kWh)	Valor (R\$)
09/2018	10/10/2018	375	297,89
Tensão da rede: 220V Frequência: 60 hz			
Dados da medição	Unidade de medida	Leitura atual	Leitura anterior
Consumo	kWh	1831	1456



Sabe-se que uma chaleira elétrica é utilizada todos os dias por quinze minutos e que a energia gasta por ela, em 30 dias, representa 2% do consumo de energia da casa.

A alternativa **correta** que apresenta o valor da potência dessa chaleira, em **watt**, é:

- A) 1500
- B) 1200
- C) 1000
- D) 800

$$E = P \cdot \Delta t$$

$$0,02 \cdot (1831 - 1456) \text{ kWh} = P \cdot ( \frac{1}{4} \text{ h} \cdot 30 \text{ dias} )$$

$$7,5 \text{ kWh} = P \cdot 7,5 \text{ h}$$

$$7500 \text{ Wh} = P \cdot 7,5 \text{ h}$$

$$P = 1000 \text{ W}$$

**Resposta: C**



## MODELAGEM

PUCRS.

**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão, analise o texto e as afirmativas apresentadas a seguir.

Uma residência tem rede elétrica de 120 V. Em determinado dia, observa-se que, durante duas horas, permanecem ligadas à tensão de 120 V uma lâmpada de filamento com potência de 100 W, um ferro de passar roupas de 800 W e um aquecedor elétrico de água de 4000 W. Em decorrência disso, é possível afirmar que

- I. o consumo de energia elétrica total durante as duas horas é de 9,8 kWh.
- II. a corrente elétrica no resistor do ferro de passar roupas é 3 A.
- III. a resistência elétrica do aquecedor de água vale 3,6 Ω.
- IV. a resistência elétrica da lâmpada é menor do que a do ferro de passar e a do aquecedor.

Estão corretas apenas as afirmativas

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

**I.  $E = P \cdot \Delta t = (100 + 800 + 4000) \cdot 2 = 9800 \text{ Wh} \div 1000 = 9,8 \text{ kWh}$**

**II.  $P = V \cdot i \rightarrow 800 = 120 \cdot i \rightarrow i = 6,7 \text{ A}$**

**III.  $P = V^2 \div R \rightarrow 4000 = 120^2 \div R \rightarrow R = 3,6 \Omega$**

**IV.  $P = V^2 \div R \rightarrow P = 120^2 \div R \rightarrow P \propto 1/R \rightarrow P_L < P_F < P_A \rightarrow R_L > R_F > R_A$**

**Resposta: B**



## DESAFIO

ENEM 2017 2ª

As lâmpadas econômicas transformam 80% da energia elétrica consumida em luz e dissipam os 20% restantes em forma de calor. Já as incandescentes transformam 20% da energia elétrica consumida em luz e dissipam o restante em forma de calor. Assim, quando duas dessas lâmpadas possuem luminosidades equivalentes, a econômica apresenta uma potência igual a um quarto da potência da incandescente.

Quando uma lâmpada incandescente de 60 W é substituída por uma econômica de mesma luminosidade, deixa-se de transferir para o ambiente, a cada segundo, uma quantidade de calor, em joule, igual a

- A) 3.      B) 12.      C) 15.      D) 45.      E) 48

**Lâmpada Econômica:** 100% energia consumida = 80% Luz + 20% Calor

**Lâmpada Incandescente:** 100% energia consumida = 20% Luz + 80% Calor

**Lâmpadas de mesma luminosidade:** 20% Luz da Incandescente = 80% Luz da Econômica

Incandescente de 60 W (**12W de luz**) trocada por uma econômica de **mesma luminosidade:**

Aplicamos uma regra de três para a lâmpada econômica a fim de descobrir sua potência total:

$$\begin{array}{r} 100\% - x = \mathbf{15W} \\ 80\% - 12\text{ W} \end{array}$$

Concluimos que deixamos de transferir para o ambiente na forma de calor 45W, uma vez que a incandescente transmitiria 48W (80% da energia total consumida) e a econômica transmite 3W (20% da sua energia consumida). Diferença de 45 W.

**Resposta: B**

## DESAFIO

ENEM.

O manual de instruções de um aparelho de ar condicionado apresenta a seguinte tabela, com dados técnicos para diversos modelos:

Capacidade de refrigeração kW/(BTU/h)	Potência (W)	Corrente elétrica - ciclo frio (A)	Eficiência energética COP (W/W)	Vazão de ar (m³/h)	Frequência (Hz)
3,52/(12.000)	1.193	5,8	2,95	550	60
5,42/(18.000)	1.790	8,7	2,95	800	60
5,42/(18.000)	1.790	8,7	2,95	800	60
6,45/(22.000)	2.188	10,2	2,95	960	60
6,45/(22.000)	2.188	10,2	2,95	960	60

Disponível em: <http://www.institucional.brastemp.com.br>.  
Acesso em: 13 jul. 2009 (adaptado).

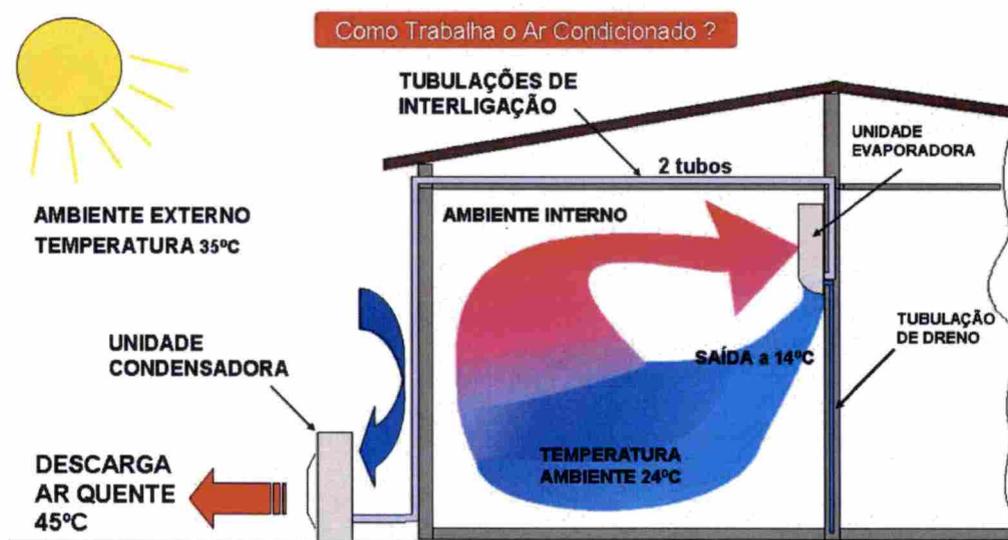
Considere-se que um auditório possua capacidade para 40 pessoas, cada uma produzindo uma quantidade média de calor, e que praticamente todo o calor que flui para fora do auditório o faz por meio dos aparelhos de ar condicionado.

Nessa situação, entre as informações listadas, aquelas essenciais para se determinar quantos e/ou quais aparelhos de ar-condicionado são precisos para manter, com lotação máxima, a temperatura interna do auditório agradável e constante, bem como determinar a espessura da fiação do circuito elétrico para a ligação desses aparelhos, são



- A) vazão de ar e potência.
- B) vazão de ar e corrente elétrica - ciclo frio.
- C) eficiência energética e potência.
- D) capacidade de refrigeração e frequência.
- E) capacidade de refrigeração e corrente elétrica – ciclo frio.

São feitas duas perguntas, cujas respostas estão vinculadas. A capacidade de refrigeração precisa logicamente ser levada em consideração, uma vez que quanto mais pessoas estiverem presentes na sala a quantidade de calor fornecida ao ambiente é maior e o ar condicionado deve suprir esse valor para o conforto térmico. Porém quanto maior for a potência do ar condicionado, a intensidade da corrente no seu funcionamento em ciclo frio será maior, e, como vimos, a espessura do fio depende a corrente que por ele circulará. Alternativa E.



Resposta: E



## ANOTAÇÕES

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



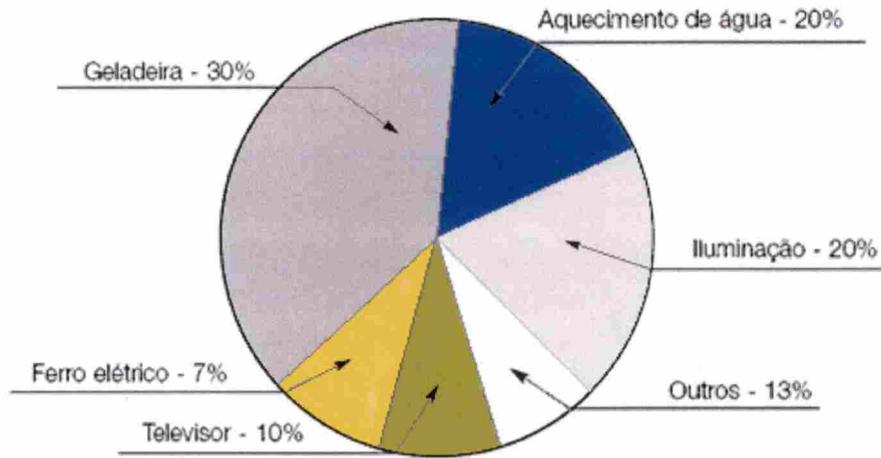
A large rectangular area with a solid border, containing 20 horizontal dashed lines for writing.



## LEITURA 1

### Consumo de Energia

Economizar energia elétrica é utilizá-la de forma a obter o máximo benefício com um menor consumo de energia, evitando os desperdícios ou o uso inadequado, sem no entanto, diminuir a qualidade, o conforto e a segurança. Em uma residência típica, a quantidade percentual (%) média de energia elétrica (kWh) onde que a energia está sendo consumida pode ser representado no gráfico a seguir:



#### Redução na “conta de luz”

**LÂMPADA**  
potência: 60W  
O desperdício: ...

**COMPUTADOR**  
potência: 100W  
O desperdício: ...

**NOTEBOOK**  
potência: 60W  
O desperdício: ...

**VIDEOGAME**  
potência: 150W  
O desperdício: ...



#### Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica



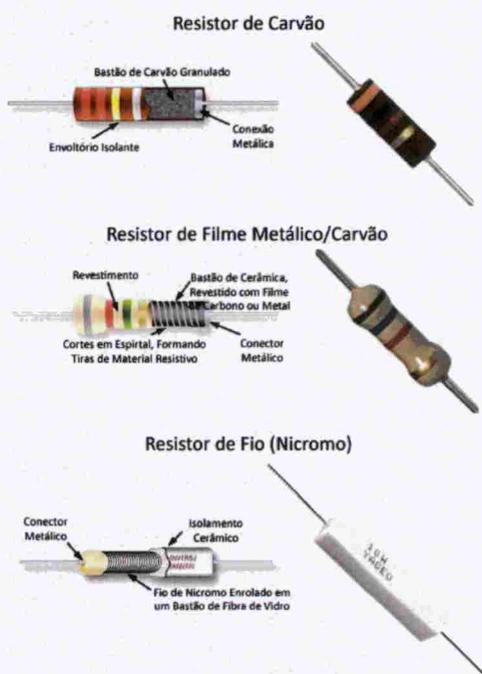


## LEITURA 2

### Resistores em Eletrônica

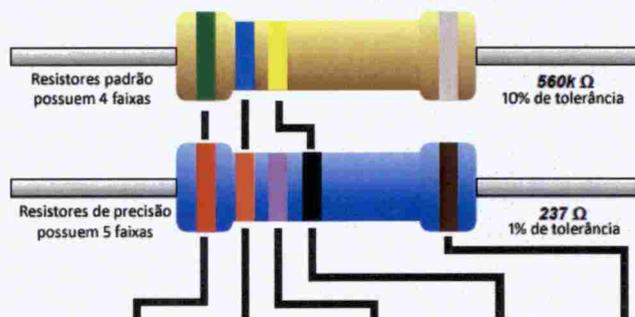
O resistor é um dispositivo bastante utilizado em equipamentos eletrônicos, usualmente com a finalidade de geração de calor (como no *rabo quente* e no chuveiro elétrico) ou para limitar a corrente elétrica. Usualmente são construídos utilizando-se carvão, silício ou ligas metálicas. Resistores de carvão são muito utilizados em eletrônica, enquanto que os de ligas metálicas são utilizados em resistores de potência, reostatos e em aquecedores. Os resistores de silício são construídos no interior de circuitos integrados.

Conforme pode ser observado na figura, os resistores de carvão e de filme possuem faixas coloridas desenhadas paralelamente ao eixo do componente. Tais faixas são conhecidas como código de cores e expressam o valor da resistência do componente e a sua tolerância (cada cor representa um número, juntando os números temos o valor da resistência. O valor associado a cada cor é tabelado).



### Código de Cores

A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda



Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	x 1 Ω	
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Laranja	3	3	3	x 1K Ω	
Amarelo	4	4	4	x 10K Ω	
Verde	5	5	5	x 100K Ω	+/- 5%
Azul	6	6	6	x 1M Ω	+/- 25%
Violeta	7	7	7	x 10M Ω	+/- 1%
Cinza	8	8	8		+/- .05%
Branco	9	9	9		
Dourado				x .1 Ω	+/- 5%
Prateado				x .01 Ω	+/- 10%

Existem ainda resistores cujo valor de resistência pode ser ajustado conforme a necessidade, variando-se usualmente o comprimento do fio (chamados potenciômetros e reostatos). Esses resistores de resistência variável são utilizados nos mais diversos circuitos para variar a intensidade da corrente – como por exemplo botões de ajuste de volume em rádios e televisores antigos, etc.



## LEITURA 3

## Qual é a diferença entre lâmpada incandescente, fluorescente e LED



Na última década houve uma crescente preocupação da população com a utilização responsável de energia elétrica. Um dos reflexos disso é que grande parte das pessoas trocou as lâmpadas de casa, que antes eram, em sua maioria, incandescentes, e passou a usar as fluorescentes e mais recentemente lâmpadas de LED.

A **lâmpada incandescente** possui em seu interior um pequeno filamento de **tungstênio**. Quando uma corrente elétrica passa por ele, aquece os átomos que o compõem, gerando luminosidade. Durante esse processo, grande parte da energia elétrica é transformada em calor. Isso pode ser notado pela elevação da temperatura nas proximidades de uma dessas lâmpadas quando acesas.

Já as **lâmpadas fluorescentes** são constituídas por um tubo que possui em seu interior um par de eletrodos nos seus extremos, um gás de baixa pressão e **mercúrio**. Quando uma corrente elétrica é estabelecida na lâmpada, em razão de o gás ser de baixa pressão, ele passa a conduzir eletricidade. As moléculas de mercúrio, então, chocam-se com os elétrons provenientes dos eletrodos, e esse choque produz a excitação e a ionização das moléculas. Quando “acaba” essa excitação, os gases retornam ao seu estado fundamental de energia e emitem fótons com a frequência da luz visível.

A maior parte da energia fornecida a essas lâmpadas é transformada em luz, havendo **pouquíssima perda de energia**. Isso faz com que elas sejam mais **econômicas**. Outra vantagem é a vida útil que elas possuem, que pode chegar a **8 mil horas**, enquanto as incandescentes duram em média mil horas, pois o filamento de tungstênio desgasta-se com uso da lâmpada. Outro ponto a ser observado é a forma de descartá-las, uma vez que elas contêm mercúrio, que é um elemento **tóxico** para os animais e o ser humano.

Já o LED (Light Emitting Diode) é um componente eletrônico que gera luz com baixo consumo. As lâmpadas LED necessitam de uma menor quantidade de potência para gerar o mesmo fluxo luminoso de uma lâmpada incandescente, e não utiliza reator. Estes são alguns dos benefícios que as lâmpadas LED apresentam:

- Qualidade de luz visivelmente confortável;
- Baixa geração de calor;
- Não emite raios ultravioleta e infravermelho;
- Possibilidade de troca de lâmpada incandescente por LED, pois as bases das lâmpadas são do mesmo tamanho;
- Economia de até 80% em comparação com as lâmpadas incandescentes;
- Maior durabilidade em comparação com outras lâmpadas;
- Fácil descarte e reciclagem por não conter chumbo ou mercúrio;

Diferente das lâmpadas comuns, as lâmpadas LED não possuem filamento, o que faz com que elas durem mais por não produzirem tanto calor quanto as lâmpadas que usam estes filamentos. Por dentro dessa lâmpada existe uma fita de LED que produz luz quando por ela é percorrido energia elétrica. Existe também um circuito eletrônico que ajusta a tensão para 12 V, que é o necessário para funcionamento da lâmpada. O vídeo abaixo mostra a composição da lâmpada LED e explica seu funcionamento.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o primeiro deles, a "obrigação" de acertar todas as questões. O segundo, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um "tema de casa" tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**191. ACAFE.** Um empresário do ramo artístico tem um festival de Rock para realizar. Como o evento terá que ocorrer durante cinco dias, resolveu instalar um gerador de energia elétrica, com potência máxima de 440kW e tensão de saída de 220V, para ligar um circuito composto por 10 canhões de luz de 1100W de potência cada um, todos ligados em paralelo. Desconsiderando as energias elétricas dissipadas, a alternativa **correta** que apresenta a corrente que percorre um dos canhões e a energia consumida pelo conjunto de canhões em 10 minutos, respectivamente, é:



- A) 5,0 A e  $66 \times 10^5$  J
- B) 2,5 A e  $11 \times 10^3$  J
- C) 5,0 A e  $44 \times 10^4$  J
- D) 2,5 A e  $22 \times 10^5$  J

**192. 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	18 W	8 W
Consumo de energia	6.480 kWh	1.728 kWh	804 kWh
Lâmpadas trocadas	110	20	Zero
Gasto com energia	R\$ 1.944,00	R\$ 518,40	R\$ 240,20
Gasto com lâmpadas trocadas	R\$ 330,00	R\$ 360,00	Zero

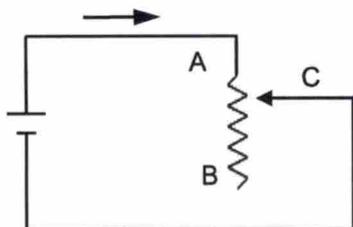
Ano-base = 360 dias

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

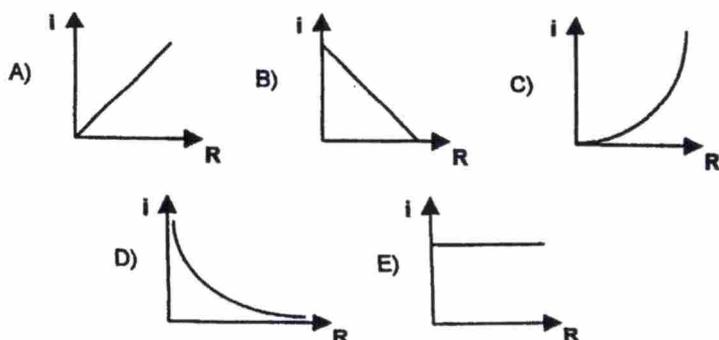
- A) fluorescente compacta, LED, LED
- B) LED, fluorescente compacta, LED
- C) fluorescente compacta, incandescente, LED
- D) LED, incandescente, fluorescente compacta
- E) fluorescente compacta, fluorescente compacta, LED



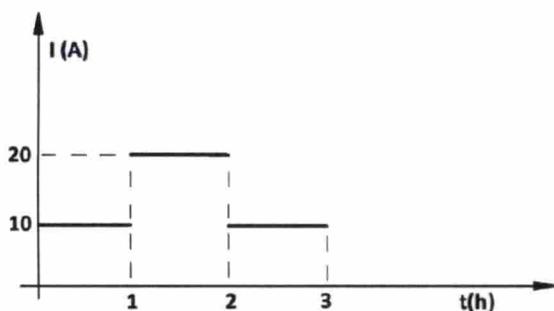
193. PUCRS. O esquema abaixo representa um gerador de tensão constante e uma resistência formada de um fio metálico uniforme. O cursor C torna variável a resistência do circuito.



Supondo que o cursor C se desloque de A para B, deve-se concluir que a corrente  $i$  do circuito varia conforme o gráfico



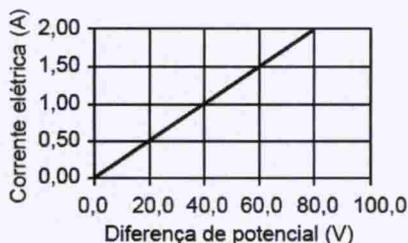
194. UPF. O gráfico a seguir ilustra a variação de corrente elétrica de uma torneira elétrica operando em 220V, durante 3h. Considerando que o custo de kWh é de R\$ 0,30, o valor a ser pago para a concessionária de distribuição elétrica referente ao período em que a torneira permaneceu ligada será de



- A) R\$ 6,60
- B) R\$ 6,40
- C) R\$ 8,80
- D) R\$ 3,00
- E) R\$ 2,64

195. PUCRS. O gráfico a seguir mostra o comportamento da corrente elétrica em função da diferença de potencial entre os extremos de um fio condutor.





Analisando os dados mostrados no gráfico, conclui-se que a resistência elétrica e a potência dissipada nesse condutor quando percorrido por uma corrente elétrica de 1,50A são, respectivamente,

- A)  $60\Omega$       60W
- B)  $60\Omega$       80W
- C)  $40\Omega$       90W
- D)  $40\Omega$       120W
- E)  $20\Omega$       150W

**196. UFRGS.** Uma potência  $P$  é dissipada em forma de calor quando uma corrente elétrica  $i$  percorre a espira de um aquecedor cuja resistência elétrica é  $R$ . Se a corrente através da espira for dobrada, que potência será dissipada sob forma de calor?

- A)  $P / 4$
- B)  $P / 2$
- C)  $P$
- D)  $2P$
- E)  $4P$



**197. PUCRS.** Um fio condutor metálico submetido a uma tensão  $V$  dissipa uma potência  $P$ . Se a tensão for aumentada em 10% e supondo-se que a resistência do fio se mantém constante, a potência dissipada aumenta

- A) 10%
- B) 11%
- C) 21%
- D) 24%
- E) 25%



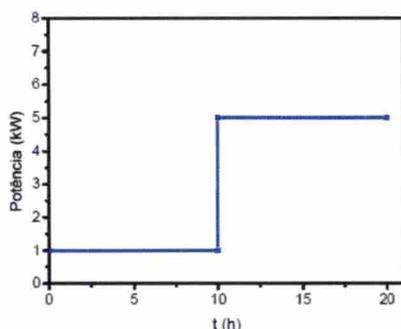
**198. ENEM.** A capacidade de uma bateria com acumuladores, tal como a usada no sistema elétrico de um automóvel, é especificada em ampère-hora (Ah). Uma bateria de 12 V e 100 Ah fornece 12 J para cada coulomb de carga que flui através dela. Se um gerador, de resistência interna desprezível, que fornece uma potência elétrica média igual a 600 W, fosse conectado aos terminais da bateria descrita, quanto tempo ele levaria para recarregá-la completamente?

- A) 0,5 h
- B) 2 h
- C) 12 h
- D) 50 h
- E) 100 h





**199. UPF.** Durante uma experiência didática, um estudante mede o consumo de energia de dois aparelhos, A e B. Para isso ele liga o aparelho A em paralelo com uma bateria de voltagem  $V$  e mede o consumo de energia desse aparelho durante 10h. No fim desse período, o estudante liga o aparelho B em paralelo com a bateria e o aparelho A e mede o consumo de energia do conjunto durante as seguintes 10h. Os resultados dessa experiência são apresentados na forma de gráfico de potência elétrica em kW em função do tempo em h.



Considerando-se que durante a experiência o aparelho A foi percorrido por uma corrente  $I_A$  de 5A, é possível afirmar que os valores da corrente que percorre o aparelho B ( $I_B$ ), a potência consumida pelo aparelho B ( $P_B$ ), e a voltagem da bateria ( $V$ ), são os seguintes:

- A)  $I_B = 20 \text{ A}$  ;  $P_B = 4 \text{ kW}$  ;  $V = 200 \text{ V}$ .
- B)  $I_B = 20 \text{ A}$  ;  $P_B = 5 \text{ kW}$  ;  $V = 200 \text{ V}$ .
- C)  $I_B = 10 \text{ A}$  ;  $P_B = 5 \text{ kW}$  ;  $V = 100 \text{ V}$ .
- D)  $I_B = 10 \text{ A}$  ;  $P_B = 4 \text{ kW}$  ;  $V = 150 \text{ V}$ .
- E)  $I_B = 15 \text{ A}$  ;  $P_B = 3 \text{ kW}$  ;  $V = 150 \text{ V}$ .

**200. UFRGS.** A potência dissipada em 20 cm de um fio condutor é de 80 W quando seus extremos estão conectados a uma bateria ideal de 12 V. Qual a potência dissipada em 50 cm desse mesmo fio quando ligado nessa bateria?



- A) 15 W
- B) 32 W
- C) 40 W
- D) 200 W
- E) 400 W

**201. ENEM.** Um electricista deve instalar um chuveiro que tem as especificações 220 V - 4400 W a 6800 W. Para a instalação de chuveiros, recomenda-se uma rede própria, com fios de diâmetro adequado e um disjuntor dimensionado à potência e à corrente elétrica previstas, com uma margem de tolerância próxima de 10%. Os disjuntores são dispositivos de segurança utilizados para proteger as instalações elétricas de curtos-circuitos e sobrecargas elétricas e devem desarmar sempre que houver passagem de corrente elétrica superior à permitida no dispositivo. Para fazer uma instalação segura desse chuveiro, o valor da corrente máxima do disjuntor deve ser





- A) 20 A.
- B) 25 A.
- C) 30 A.
- D) 35 A.
- E) 40 A.

**202. ENEM.** Carros passarão a utilizar sistema elétrico de 42 volts. A maioria das pessoas já teve problemas com a bateria do carro. Ela tem uma vida útil e, de tempos em tempos, precisa ser substituída. O que alguns não sabem é que essa bateria fornece energia a uma tensão de 12 volts. A indústria automobilística americana acaba de formalizar um grupo de estudos para padronizar a adoção de um sistema elétrico de 42 volts. As preocupações alegadas são de compatibilizar os sistemas e garantir a segurança dos usuários. O sistema atualmente utilizado é, tecnicamente, o sistema de 14 volts. Essa é a tensão que o alternador deve suprir para manter carregada uma bateria de 12 volts. O novo sistema suprirá uma tensão de 42 volts, suficiente para manter carregada uma bateria de 36 volts.



Um motorista, conduzindo à noite, percebe que o pneu do carro furou e, para iluminar o local, dispõe de uma lâmpada de 30 W e fiação para ligá-la à bateria do carro. A diferença, em módulo, da corrente elétrica que passa pela lâmpada, com o motor desligado, entre o sistema atualmente utilizado e o sistema novo, em ampère, é de

- A) 0,80.
- B) 0,93.
- C) 1,43.
- D) 1,67.
- E) 3,50.

**203. ENEM.** Os motores elétricos são dispositivos com diversas aplicações, dentre elas, destacam-se aquelas que proporcionam conforto e praticidade para as pessoas. É inegável a preferência pelo uso de elevadores quando o objetivo é o transporte de pessoas pelos andares de prédios elevados. Nesse caso, um dimensionamento preciso da potência dos motores utilizados nos elevadores é muito importante e deve levar em consideração fatores como economia de energia e segurança.



Considere que um elevador de 800kg, quando lotado com oito pessoas ou 600kg, precisa ser projetado. Para tanto, alguns parâmetros deverão ser dimensionados. O motor será ligado à rede elétrica que fornece 220 volts de tensão. O elevador deve subir 10 andares, em torno de 30 metros, a uma velocidade constante de 4 metros por segundo. Para fazer uma estimativa simples da potência necessária e da corrente que deve ser fornecida ao motor do elevador para ele operar com lotação máxima, considere que a tensão seja contínua, que a aceleração da gravidade vale  $10\text{m/s}^2$  e que o atrito pode ser desprezado. Nesse caso, para um elevador lotado, a potência média de saída do motor do elevador e a corrente elétrica máxima que passa no motor serão respectivamente de



- A) 24 kW e 109 A.
- B) 32 kW e 145 A.
- C) 56 kW e 255 A.
- D) 180 kW e 818 A.
- E) 240 kW e 1090 A.

**204. ENEM.** Todo carro possui uma caixa de fusíveis, que são utilizados para proteção dos circuitos elétricos. Os fusíveis são constituídos de um material de baixo ponto de fusão, como o estanho, por exemplo, e se fundem quando percorridos por uma corrente elétrica igual ou maior do que aquela que são capazes de suportar. O quadro a seguir mostra uma série de fusíveis e os valores de corrente por eles suportados.



Um farol usa uma lâmpada de gás halogênio de 55 W de potência que opera com 36 V. Os dois são ligados separadamente, com um fusível para cada um, mas, após um mau funcionamento, o motorista passou a conectá-los em paralelo, usando apenas um fusível. Dessa forma, admitindo-se que a fiação suporte a carga dos dois faróis, o menor valor de fusível adequado para proteção desse novo circuito é o

- A) azul
- B) preto
- C) laranja
- D) amarelo
- E) vermelho

Fusível	Corrente Elétrica (A)
Azul	1,5
Amarelo	2,5
Laranja	5,0
Preto	7,5
Vermelho	10,0

**205. PUCRS.** O texto abaixo faz um balanço de uma realidade energética:

"Os maiores rios de nosso Estado têm em conjunto um potencial hidroelétrico de  $3 \times 10^6$  quilowatts. As usinas em operação têm uma ..... instalada de  $1 \times 10^6$  quilowatts. Durante um mês podem produzir a ..... de  $2 \times 10^8$  quilowatts.hora, o que equivale à ..... de  $1 \times 10^4$  barris de petróleo".



- A) energia - potência - capacidade
- B) potência - energia - energia
- C) potência - potência - energia
- D) energia - capacidade - potência
- E) potência - energia - potência

**206. ENEM.** Uma lâmpada LED (diodo emissor de luz), que funciona com 12 V e corrente contínua de 0,45 A, produz a mesma quantidade de luz que uma lâmpada incandescente de 60 W de potência. Qual é o valor da redução da potência consumida ao se substituir a lâmpada incandescente pela de LED?





- A) 54,6 W
- B) 27,0 W
- C) 26,6 W
- D) 5,4 W
- E) 5,0 W

---

**207. UFRGS.** Um chuveiro elétrico ligado em 120 V é percorrido por uma corrente elétrica de 10 A durante 10 minutos. Quantas horas levaria uma lâmpada de 40 W ligada nessa rede, para consumir a mesma energia elétrica consumida pelo chuveiro?



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

---

**208. PUCRS.** Considere um pedaço de fio de comprimento  $L$  constituído de uma liga de níquel, ferro e cromo, com uma resistência elétrica  $R$ . Quando o fio condutor é ligado a uma tensão elétrica  $U$ , assume-se que dissipará energia elétrica a uma taxa constante  $P$ . Caso o mesmo fio tenha seu comprimento reduzido pela metade, qual seria a potência elétrica dissipada por uma das metades desse fio condutor, mantendo-se a mesma tensão elétrica  $U$  entre seus extremos?



- A)  $P$
- B)  $2P$
- C)  $4P$
- D)  $8P$

---

**209. UFRGS.** Uma lâmpada de lanterna, que traz as especificações 0,9W e 6V, tem seu filamento projetado para operar a alta temperatura. Medindo a resistência elétrica do filamento à temperatura ambiente (isto é: estando a lâmpada desligada), encontramos o valor  $R_0 = 4 \Omega$ . Sendo  $R$  o valor da resistência do filamento à temperatura de operação, qual é, aproximadamente, a razão  $R/R_0$  ?



- A) 0,10
- B) 0,60
- C) 1,00
- D) 1,66
- E) 10,00



**INSTRUÇÃO:** Responder à questão **210** a partir das informações a seguir.

Uma família que costuma controlar seu consumo de energia elétrica registrou, ao final de um mês, os seguintes dados:

Itens	Potência (kW)	Tempo de uso (h)
Chuveiro elétrico	5,5	5
Aquecedor	1,5	8
Ferro elétrico	1,2	10
Secador de cabelo	1,0	4
Lâmpadas (oito)	0,50	150

Supondo que o valor de um quilowatt-hora (1kWh) de energia elétrica é cerca de R\$ 0,45, e desprezando outros custos além das informações constantes no quadro, a família concluirá que:

- I. O custo mensal de energia elétrica ficará entre 55 e 60 reais.
- II. Dentre os itens listados na tabela, o chuveiro elétrico foi o que gerou a maior despesa.
- III. As oito lâmpadas foram as responsáveis pelo menor consumo de energia elétrica.

**210. PUCRS.** A(s) afirmativa(s) correta(s) é/são

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



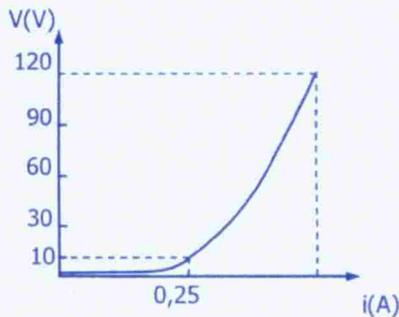
**211. UFRGS.** Para iluminar sua barraca, um grupo de campistas liga uma lâmpada a uma bateria de automóvel. A lâmpada consome uma potência de 6 W quando opera sob uma tensão de 12 V. A bateria traz as seguintes especificações : 12 V, 45 A.h, sendo o último valor a carga máxima que a bateria é capaz de armazenar. Supondo-se que a bateria seja ideal e que esteja com a metade da carga máxima, e admitindo-se que a corrente fornecida por ela se mantenha constante até a carga se esgotar por completo , quantas horas a lâmpada poderá permanecer funcionando continuamente?

- A) 90 h.
- B) 60 h.
- C) 45 h.
- D) 22 h 30 min
- E) 11 h 15 min





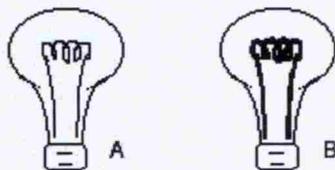
**212. UFRGS.** O gráfico abaixo mostra a curva volt-ampère de uma lâmpada incandescente comum. A lâmpada consiste basicamente de um filamento de tungstênio que, dentro de um bulbo de vidro, está imerso em um gás inerte. A lâmpada dissipa 60 W de potência, quando opera sob tensão nominal de 120V.



Com base no gráfico e nas características da lâmpada, é correto afirmar que

- A) a resistência elétrica do filamento, no intervalo de tensão mostrado pelo gráfico, é constante e igual a  $40 \Omega$ .
- B) a potência dissipada pela lâmpada, quando submetida a uma tensão de 10 V, é de 5 W.
- C) a resistência elétrica do filamento, quando a lâmpada opera na tensão de 120 V, é seis vezes maior do que quando ela está submetida à tensão de apenas 10 V.
- D) a corrente elétrica na lâmpada, quando ela está submetida à tensão de 120 V, é de 1 A.
- E) a resistência elétrica do filamento, quando a lâmpada opera na tensão de 120 V, é de  $300 \Omega$ .

**213.** Considere duas lâmpadas, A e B, idênticas a não ser pelo fato de que o filamento de B é mais grosso que o filamento de A. Se cada uma estiver sujeita a uma ddp de 110 volts:



- A) A será a mais brilhante pois tem a maior resistência.
- B) B será a mais brilhante pois tem a maior resistência.
- C) A será a mais brilhante pois tem a menor resistência.
- D) B será a mais brilhante pois tem a menor resistência.
- E) ambas terão o mesmo brilho.

**214. ACAFE.** Uma lâmpada do farol de um automóvel, funcionando normalmente, apresenta uma potência P quando ligada a bateria de 12V. Substituindo-se a bateria de 12V por uma bateria de celular de 1,2V verifica-se que a lâmpada não acende. Em relação a essas informações, e considerando que a resistência do filamento tenha se mantido constante, analise as afirmações a seguir.





I. A lâmpada não acendeu, pois obrigatoriamente não passou corrente no filamento da lâmpada.

II. A potência da lâmpada ficou 100 vezes menor.

III. A intensidade de corrente elétrica no filamento ficou 10 vezes menor.

Todas as afirmações corretas estão em:

- A) I e II
- B) I; II e III
- C) I e III
- D) II e III

**215.** Atualmente, a maioria dos aparelhos eletrônicos, mesmo quando desligados, mantêm-se em standby, palavra inglesa que nesse caso significa "pronto para usar". Manter o equipamento nesse modo de operação reduz o tempo necessário para que volte a operar e evita o desgaste provocado nos circuitos internos devido a picos de tensão que aparecem no instante em que é ligado. Em outras palavras, um aparelho nessa condição está sempre parcialmente ligado e, por isso, consome energia. Suponha que uma televisão mantida em standby dissipe uma potência de 12watts e que o custo do quilowatt-hora é R\$0,50. Se ela for mantida em standby durante um ano (adote 1 ano = 8800 horas), o seu consumo de energia será, aproximadamente, de

- A) R\$1,00.
- B) R\$10,00.
- C) R\$25,00.
- D) R\$50,00.
- E) R\$200,00.



**216. PUCRS.** Apesar do amplo emprego do Sistema Internacional de Unidades, algumas unidades do sistema inglês ainda são utilizadas, como, por exemplo, btu (british thermal unit). Usualmente, a potência de aparelhos de ar-condicionado é expressa em btu/h, sendo  $1\text{btu/h} = 0,293\text{W}$ . Assim, um condicionador de ar de  $15000\text{btu/h}$  emprega potência aproximada de  $4,40\text{kW}$  e em  $6,00\text{h}$  a energia elétrica consumida será

- A)  $26,4\text{kWh}$ .
- B)  $36,2\text{kWh}$ .
- C)  $48,5\text{kWh}$ .
- D)  $75,1\text{kWh}$ .
- E)  $94,3\text{kWh}$ .



**INSTRUÇÃO :** Para responder à questão **217**, leia as informações a seguir, e analise as afirmativas.

Pensando em tomar chimarrão, um gaúcho usa um ebulidor (ou resistência elétrica) para aquecer  $1,0\text{kg}$  de água, de  $30^\circ\text{C}$  até  $80^\circ\text{C}$ . O ebulidor foi conectado a uma tensão de  $100\text{V}$ . O processo de aquecimento acontece em 10 minutos. Considera-se que o calor específico da água é  $4,2 \times 10^3 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ . Sobre o processo descrito acima, afirma-se :





- I. A energia absorvida pela água no processo é de  $2,1 \times 10^5$  J.  
II. Desprezando quaisquer trocas de energia, a não ser as que ocorrem entre a água e o ebulidor, a potência elétrica requerida pelo ebulidor é de  $2,1 \times 10^4$  W.  
III. A resistência elétrica do ebulidor é maior do que  $2,5 \times 10^1 \Omega$ .

**217. PUCRS.** A(s) afirmativa(s) correta(s) é/são

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

**218. UCPEL.** Um estudante, desejando comprar um ebulidor para aquecer água para o chimarrão, numa garrafa térmica, mais rapidamente, examina dois modelos de ebulidor oferecidos pelo vendedor e analisa as especificações técnicas contidas na embalagem.



**Ebulidor A:** 220 V 80 W

**Ebulidor B:** 220 V 50 W

Podemos afirmar que

- A) a decisão do estudante é indiferente, pois os dois ebulidores são 220 V.  
B) o estudante deve optar pelo ebulidor B porque tem menor potência, logo, consumirá menos energia no aquecimento.  
C) o estudante deve optar pelo ebulidor A porque dissipa mais energia por segundo.  
D) o estudante deve optar pelo ebulidor B e ligá-lo em paralelo com uma lâmpada de 40 W, pois aquecerá mais rapidamente a água e será mais econômico.  
E) faltam informações para o estudante decidir qual dos ebulidores aquecerá a água mais rapidamente.

**219. UPF.** A vitrine de uma loja é decorada para o Natal com 3000 lâmpadas de 0,5 W cada. As lâmpadas, do tipo pisca-pisca, ficam apagadas 75% do tempo, permanecendo ligadas por dia das 19 h às 23 h. Nesse caso, a energia gasta em um dia é, em Joules, de:



- A)  $1,62 \cdot 10^6$   
B)  $5,40 \cdot 10^6$   
C)  $5,40 \cdot 10^7$   
D)  $1,62 \cdot 10^7$   
E)  $2,16 \cdot 10^6$



**220. ULBRA.** Numa residência, um chuveiro elétrico de 2400 W é usado em média 1 (uma) hora por dia pela família. Suponha que seja possível armazenar a energia elétrica, equivalente à que foi dissipada pelo chuveiro em baterias elétricas, que acionam um automóvel capaz de percorrer 20 km com 1,0 kWh, quantos km percorreria esse automóvel somente com a energia utilizada pelo chuveiro em um mês?



- A) 4800
- B) 2400
- C) 2280
- D) 1440
- E) 720

**221. PUCRS.** Uma bateria de automóvel é comercializada com a informação de que ela é de 12 volts e de 30 ampéres.hora. estes dados permitem concluir que a bateria pode fornecer energia de ..... kwatt.hora, e carga elétrica de ..... kC.



- A) 0,120      100
- B) 0,150      102
- C) 0,360      108
- D) 0,480      110
- E) 0,600      112

**222. UPF.** Um certo chuveiro elétrico para uso residencial traz a inscrição do fabricante: 4400 W; 220 V. Este chuveiro é ligado à voltagem indicada e utilizado meia hora por dia, durante 30 dias. Considerando que o custo do kWh (quilowatt hora) seja de R\$ 0,50, é possível afirmar que o valor a pagar pelo funcionamento do chuveiro nesse período é de



- A) R\$ 66,00.
- B) R\$ 33,00.
- C) R\$ 165,00.
- D) R\$ 99,00.
- E) R\$ 330,00.

**223.** Lâmpadas incandescentes são normalmente projetadas para trabalhar com a tensão da rede elétrica em que serão ligadas. Em 1997, contudo, lâmpadas projetadas para funcionar com 127V foram retiradas do mercado e, em seu lugar, colocaram-se lâmpadas concebidas para uma tensão de 120V. Segundo dados recentes, essa substituição representou uma mudança significativa no consumo de energia elétrica para cerca de 80 milhões de brasileiros que residem nas regiões em que a tensão da rede é de 127V. A tabela abaixo apresenta algumas características de duas lâmpadas de 60W, projetadas respectivamente para 127V (antiga) e 120V (nova), quando ambas encontram-se ligadas numa rede de 127V.





Lâmpada (projeto original)	Tensão da rede elétrica	Potência medida (watt)	Luminosidade média (lumens)	Vida útil média (horas)
60 W 127 V	127 V	60	750	1000
60 W 120 V	127 V	65	920	452

Acender uma lâmpada de 60W e 120V em um local onde a tensão na tomada é de 127V, comparativamente a uma lâmpada de 60W e 127V no mesmo local tem como resultado:

- A) mesma potência, maior intensidade de luz e maior durabilidade.
- B) mesma potência, maior intensidade de luz e menor durabilidade.
- C) maior potência, maior intensidade de luz e maior durabilidade.
- D) maior potência, maior intensidade de luz e menor durabilidade.
- E) menor potência, menor intensidade de luz e menor durabilidade.

**224. ENEM.** Quando ocorre um curto-circuito em uma instalação elétrica, como na figura, a resistência elétrica total do circuito diminui muito, estabelecendo-se nele uma corrente muito elevada.



O superaquecimento da fiação, devido a esse aumento da corrente elétrica, pode ocasionar incêndios, que seriam evitados instalando-se fusíveis e disjuntores que interrompem essa corrente, quando a mesma atinge um valor acima do especificado nesses dispositivos de proteção.

Suponha que um chuveiro instalado em uma rede elétrica de 110 V, em uma residência, possua três posições de regulação da temperatura da água. Na posição verão utiliza 2 100 W, na posição primavera, 2 400 W, e na posição inverno, 3 200 W.

REF. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo: EDUSP, 1993 (adaptado).

Deseja-se que o chuveiro funcione em qualquer uma das três posições de regulação de temperatura, sem que haja riscos de incêndio. Qual deve ser o valor mínimo adequado do disjuntor a ser utilizado?



- A) 40 A
- B) 30 A
- C) 25 A
- D) 23 A
- E) 20 A

**225. ENEM.** Em um manual de um chuveiro elétrico são encontradas informações sobre algumas características técnicas, ilustradas no quadro, como a tensão de alimentação, a potência dissipada, o dimensionamento do disjuntor ou fusível, e a área da seção transversal dos condutores utilizados.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
Especificação			
Modelo		A	B
Tensão (V ~)		127	220
Potência (Watt)	Seletor de Temperatura	○	○
		●	●
	Multitemperaturas	●●	●●
		●●●	●●●
Disjuntor ou Fusível (Ampère)		50	30
Seção dos condutores (mm <sup>2</sup> )		10	4

Uma pessoa adquiriu um chuveiro do modelo A e, ao ler o manual, verificou que precisava ligá-lo um disjuntor de 50 amperes. No entanto, intrigou-se com o fato de que o disjuntor a ser utilizado para uma correta instalação de um chuveiro do modelo B devia possuir amperagem 40% menor. Considerando-se os chuveiros de modelos A e B, funcionando à mesma potência de 4400 W, a razão entre as suas respectivas resistências elétricas,  $R_A$  e  $R_B$ , que justifica a diferença de dimensionamento dos disjuntores, é mais próxima de:

- A) 0,3.
- B) 0,6.
- C) 0,8.
- D) 1,7.
- E) 3,0.

**226. PUCRS.** “Vivi por 34 anos sob o jugo do chuveiro elétrico. Ah, lastimável invento! Já gastei mais de uma crônica amaldiçoando seus fabricantes; homens maus, que ganham a vida propagando a falácia da temperatura com pressão, quando bem sabemos que, na gélida realidade dos azulejos, ou a água sai abundante e fria, ou é um fiozinho minguado e escaldante, sob o qual nos encolhemos, cocuruto no Saara e os pés na Patagônia, sonhando com o dia em que, libertos das inúteis correntes (de elétrons), alcançaremos a terra prometida do aquecimento central.”

Considere que a chave seletora (inverno/verão) de um chuveiro elétrico se mantenha inalterada. Optando por “água abundante e fria” em detrimento de “um fiozinho minguado e escaldante”, ou seja, aumentando a vazão de água no chuveiro elétrico, pode-se afirmar que a potência elétrica do chuveiro \_\_\_\_\_ e a diferença de potencial \_\_\_\_\_.





- A) diminui – aumenta
- B) permanece constante – permanece constante
- C) aumenta – diminui
- D) diminui – permanece constante

**227. ENEM.** A eficiência das lâmpadas pode ser comparada utilizando a razão, considerada linear, entre a quantidade de luz produzida e o consumo. A quantidade de luz é medida pelo fluxo luminoso, cuja unidade é o lúmen (lm). O consumo está relacionado à potência elétrica da lâmpada que é medida em watt (W). Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 40 W emite cerca de 600 lm, enquanto uma lâmpada fluorescente de 40 W emite cerca de 3 000 lm. A eficiência de uma lâmpada incandescente de 40 W é



- A) maior que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz menor quantidade de luz.
- B) maior que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que produz menor quantidade de luz.
- C) menor que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz a mesma quantidade de luz.
- D) menor que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, pois consome maior quantidade de energia.
- E) igual a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que consome a mesma quantidade de energia.

**228. 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.

**229. ENEM.** O chuveiro elétrico é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em energia térmica, o que possibilita a elevação da temperatura da água. Um chuveiro projetado para funcionar em 110 V pode ser adaptado para funcionar em 220 V, de modo a manter inalterada sua potência. Uma das maneiras de fazer essa adaptação é trocar a resistência do chuveiro por outra, de mesmo material e com o(a)





- A) dobro do comprimento do fio
- B) metade do comprimento do fio
- C) metade da área de seção reta do fio
- D) quádruplo da área da seção reta do fio
- E) quarta parte da área da seção reta do fio

**230. ENEM.** A evolução da luz: as lâmpadas LED já substituem com grandes vantagens a velha invenção de Thomas Edison.

A tecnologia do LED é bem diferente da das lâmpadas incandescentes e fluorescentes. A lâmpada LED é fabricada com material semicondutor que, semelhante ao usado nos chips de computador, quando percorrido por uma corrente elétrica, emite luz. O resultado é uma peça muito menor, que consome menos energia e tem uma durabilidade maior. Enquanto uma lâmpada comum tem vida útil de 1.000 horas e uma fluorescente, de 10.000 horas, a LED rende entre 20.000 e 100.000 horas de uso ininterrupto. Há um problema, contudo: a lâmpada LED ainda custa mais caro, apesar de seu preço cair pela metade a cada dois anos. Essa tecnologia não está se tornando apenas mais barata. Está também mais eficiente, iluminando mais com a mesma quantidade de energia. Uma lâmpada incandescente converte em luz apenas 5% da energia elétrica que consome. As lâmpadas LED convertem até 40%. Essa diminuição no desperdício de energia traz benefícios evidentes ao meio ambiente.

Uma lâmpada LED que ofereça a mesma luminosidade que uma lâmpada incandescente de 100 W deverá ter uma potência mínima de

- A) 12,5 W.
- B) 25 W.
- C) 40 W.
- D) 60 W.
- E) 80 W.



**231. 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 50/60Hz
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 *stand-by*?

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





**232. ENEM.** A eficiência de um processo de conversão de energia, definida como sendo a razão entre a quantidade de energia ou trabalho útil e a quantidade de energia que entra no processo, é sempre menor que 100% devido a limitações impostas por leis físicas. A tabela a seguir, mostra a eficiência global de vários processos de conversão.



**Tabela**  
Eficiência de alguns sistemas de conversão de energia

Sistema	Eficiência
Geradores elétricos	70 - 99%
Motor elétrico	50 - 95%
Fornalha a gás	70 - 95%
Termelétrica a carvão	30 - 40%
Usina Nuclear	30 - 35%
Lâmpada fluorescente	20%
Lâmpada incandescente	5%
Célula solar	5 - 28%

HINRICH, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003 (adaptado).

Se essas limitações não existissem, os sistemas mostrados na tabela, que mais se beneficiariam de investimentos em pesquisa para terem suas eficiências aumentadas, seriam aqueles que envolvem as transformações de energia

- A) mecânica ↔ energia elétrica
- B) nuclear → energia elétrica
- C) química ↔ energia elétrica
- D) química → energia térmica
- E) radiante → energia elétrica

**233. ENEM.** Uma estudante que ingressou na universidade e, pela primeira vez, está morando longe da sua família, recebe a sua primeira conta de luz:



Medidor		Consumo		Leitura		Cód	Emissão	Id. Bancária			
Número	Consumidor	Leitura	kWh	Dia	Mês	21	01/04/2009	Banco	Agência	Município	
7131312	851672	7295	260	31	03			222	999-7	S. José das Moças	
Consumo dos últimos 12 meses em kWh								Descrição			
253 Mar/08	247 Abr/08	255 Mai/08	278 Jun/08	280 Jul/08	275 Ago/08	272 Set/08	270 Out/08	265 Dez/08	266 Jan/09	268 Fev/09	Fornecimento ICMS
Base de Cálculo ICMS		Aliquota	Valor				Total				
R\$ 130,00		25%	R\$ 32,50				R\$ 162,50				

Se essa estudante comprar em secador de cabelos que consome 1000W de potência e considerando que ela e suas 3 amigas utilizem esse aparelho por 15 minutos cada uma durante 20 dias no mês, o acréscimo em reais na sua conta mensal será de

- A) R\$ 10,00
- B) R\$ 12,50
- C) R\$ 13,00
- D) R\$ 13,50
- E) R\$ 14,00



**234. ENEM.** Alguns peixes, como o poraquê, a enguia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. Um poraquê de 1 metro de comprimento, em perigo, produz uma corrente em torno de 2 amperes e uma voltagem de 600 volts. O quadro apresenta a potência aproximada de equipamentos elétricos.

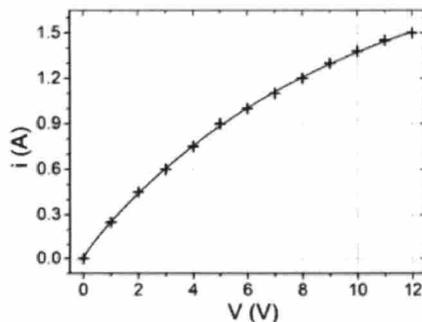


Equipamento elétrico	Potência aproximada (watt)
Exaustor	150
Computador	300
Aspirador de pó	600
Churrasqueira elétrica	1 200
Secadora de roupas	3 600

O equipamento elétrico que tem potência similar àquela produzida por esse peixe em perigo é o (a)

- A) Exaustor.
- B) Computador.
- C) Aspirador de pó.
- D) Churrasqueira elétrica.
- E) Secadora de roupas.

**235. UFRGS.** O gráfico abaixo apresenta a curva corrente elétrica  $i$  versus diferença de potencial  $V$  para uma lâmpada de filamento.



Sobre essa lâmpada, considere as seguintes afirmações.

- I - O filamento da lâmpada é ôhmico.
- II - A resistência elétrica do filamento, quando ligado em 6 V, é  $6\Omega$ .
- III - A potência dissipada pelo filamento, quando ligado em 8 V, é 0,15 W.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e III.
- E) I, II e III.



# Aula 20

## Associação de Resistores

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.182 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.191
Fazer as questões 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 248, 249, 250, 251, 253, 255, 257, 258, 260, 266, 272, 273, 274 e 280

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.186 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.190
Fazer as questões 236, 237, 247, 252, 254, 256, 259, 261, 262, 263, 264, 265, 267, 268, 269, 270, 271, 275, 276, 277, 278 e 279



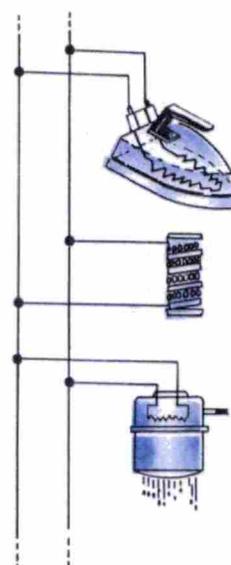
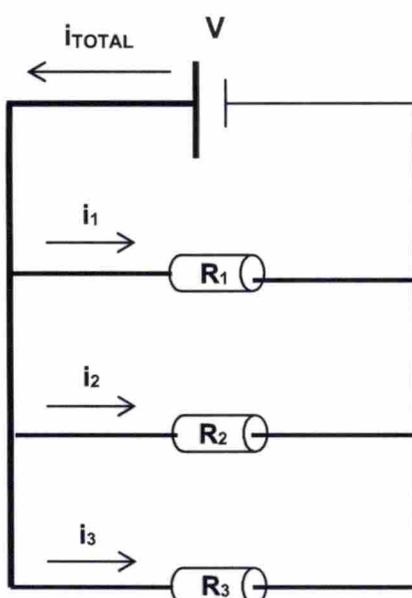
A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



## Associação de resistores em paralelo

Vários resistores estão associados em paralelo quando são ligados pelos terminais, de modo a ficarem submetidos a mesma DDP. Essa ligação é denominada divisor de correntes.

**Finalidades :** 1) Aplicar a mesma DDP (tensão, voltagem) em todos os elementos associados.  
2) Fazer com que cada elemento seja percorrido por uma determinada corrente elétrica.



**Diferença de potencial :** a DDP (tensão) aplicada aos extremos da associação é a mesma nos extremos dos resistores que a compõe.

$$V_1 = V_2 = V_3 = V$$

**Intensidade de corrente elétrica :**

1) **Em cada resistor :** em uma associação em paralelo as intensidades de corrente elétrica são inversamente proporcionais às respectivas resistências.

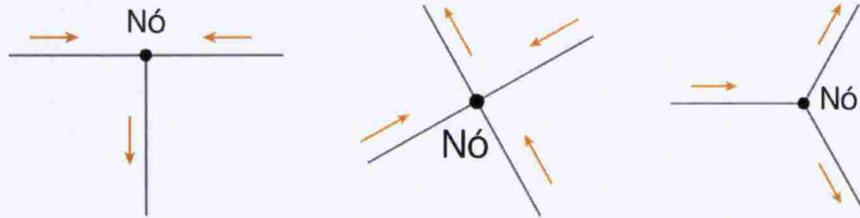
$$i_1 = \frac{V}{R_1} \quad i_2 = \frac{V}{R_2} \quad i_3 = \frac{V}{R_3} \quad \rightarrow \quad i_n = \frac{V}{R_n} \quad \rightarrow \quad i_n \propto \frac{1}{R_n}$$



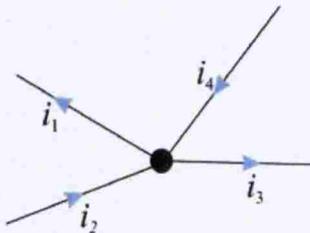
2) **Total** : A intensidade de corrente elétrica TOTAL do circuito ( $i_{TOTAL}$ ) divide-se nos resistores associados em valores  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ .

$$i_{TOTAL} = i_1 + i_2 + i_3$$

• **Nó**



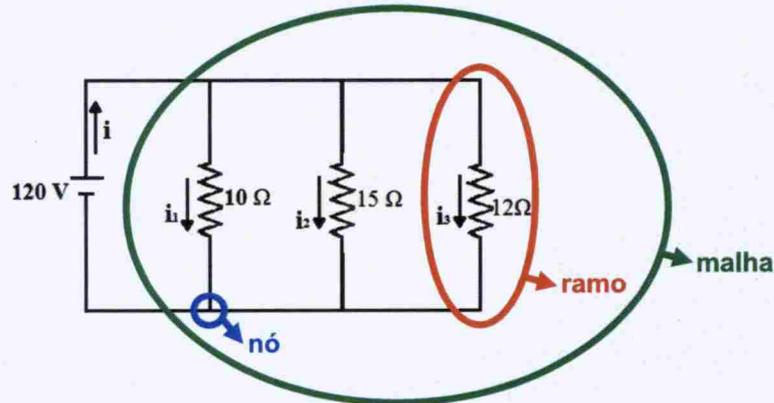
• **Lei dos nós (1a lei de Kirchhoff)** : Em qualquer nó, a soma das correntes que o deixam é igual a soma das correntes que chegam até ele. A Lei é uma consequência da conservação da carga total existente no circuito.



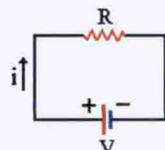
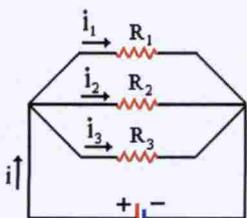
$$\sum i_{chegam} = \sum i_{saem}$$

• **Atenção 1:** As correntes que percorrem os elementos de uma associação em paralelo dependem exclusivamente da DDP aplicada e da resistência do elemento em questão, ou seja, a alteração na corrente de um elemento não altera a corrente nos demais. As mudanças ocorrem nele e na intensidade da corrente total.

• **Atenção 2:**



**Resistor equivalente ( $R_E$ )** : É aquele resistor de resistência  $R_E$ , que quando submetido a mesma DDP da associação ( $V$ ) será percorrido por uma corrente de mesma intensidade ( $i_{TOTAL}$ ) daquela que percorre a associação. A  $R_E$  de uma associação em paralelo tem sempre menor valor do que o menor dos resistores associados.



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

$$V = R_E \cdot i_{TOTAL}$$



Obs. 1: Para 2 resistores em paralelo

Obs. 2: Para n resistores de mesma resistência  $R_n$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R = \frac{R_n}{n}$$

OBS. 3: A resistência equivalente de um circuito em paralelo é sempre de valor menor do que todas as resistências associadas.

### Potência dissipada :

1) **Em cada resistor** : em uma associação em paralelo as potências dissipadas são inversamente proporcionais as respectivas resistências.

$P_1 = V \cdot i_1$	$P_1 = R_1 \cdot i_1^2$	$P_1 = \frac{V^2}{R_1}$ $P_2 = \frac{V^2}{R_2}$ $P_3 = \frac{V^2}{R_3}$	➔	$P_n = \frac{V^2}{R_n}$	➔	$P_n \propto \frac{1}{R_n}$
$P_2 = V \cdot i_2$	$P_2 = R_2 \cdot i_2^2$					
$P_3 = V \cdot i_3$	$P_3 = R_3 \cdot i_3^2$					

Comparando os **elementos de uma ligação** em paralelo :

**Menor R → Maior i → Maior P**

2) **Total** : Do ponto de vista do efeito Joule tudo se passa como se o resistor equivalente dissipasse a mesma potência P da associação.

$$P_{TOTAL} = \frac{V^2}{R_E}$$

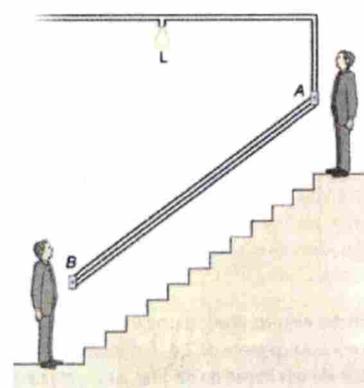
$$P_{TOTAL} = V \cdot i_{TOTAL}$$

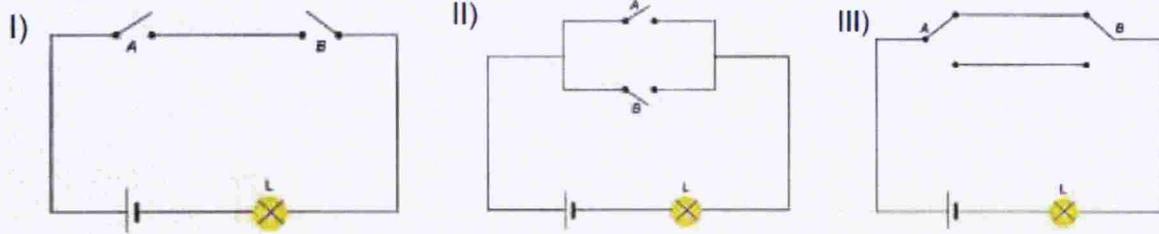
$$P_{TOTAL} = R_E \cdot i_{TOTAL}^2$$

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2 + P_3$$

## MODELAGEM

Uma situação prática bastante comum nas residências é o chamado "interruptor paralelo", no qual é possível ligar ou desligar uma determinada lâmpada, de forma independente, estando no ponto mais alto ou mais baixo de uma escada, como mostra a figura. Em relação a isso, são mostrados três possíveis circuitos elétricos, onde A e B correspondem aos pontos situados no ponto mais alto e no mais baixo da escada e L é a lâmpada que queremos ligar ou desligar.





O(s) esquema(s) que permite(m) ligar ou desligar a lâmpada, de forma independente, está(ão) representado(s) corretamente somente em

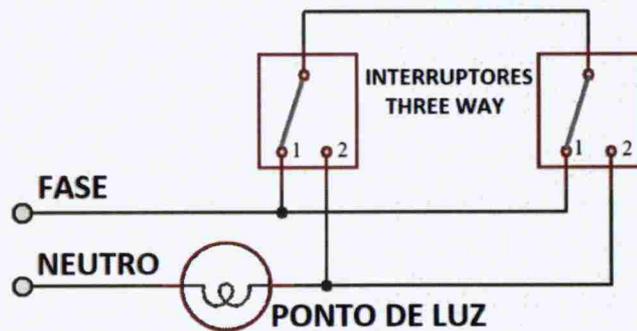
- A) I.
- B) II.
- C) III.
- D) II e III.
- E) I e III.

O interruptor é uma chave cuja finalidade é interromper a corrente em um ramo de um circuito. No caso citado na questão, muito utilizado na prática, devemos poder ligar ou desligar uma lâmpada por qualquer um de dois interruptores de forma independente. Por exemplo, se você desligou a lâmpada na chave "A", deve poder ligá-la tanto da "A" quanto da "B".

No esquema I temos uma série, o que nos distancia e muito da proposta. Ali, você só poderá ligar a lâmpada fechando os dois interruptores.

No esquema II, se ligarmos a chave "A" a lâmpada ascende, porém para desligá-la, temos que utilizar exclusivamente a chave "A" novamente. Ou seja, os funcionamentos não são independentes.

No esquema III, conseguimos atingir nosso objetivo. No desenho o circuito está fechado e a lâmpada acesa. Podemos desligá-la por qualquer um dos interruptores e fechar o circuito, ou seja, ligá-la novamente por qualquer uma das chaves.

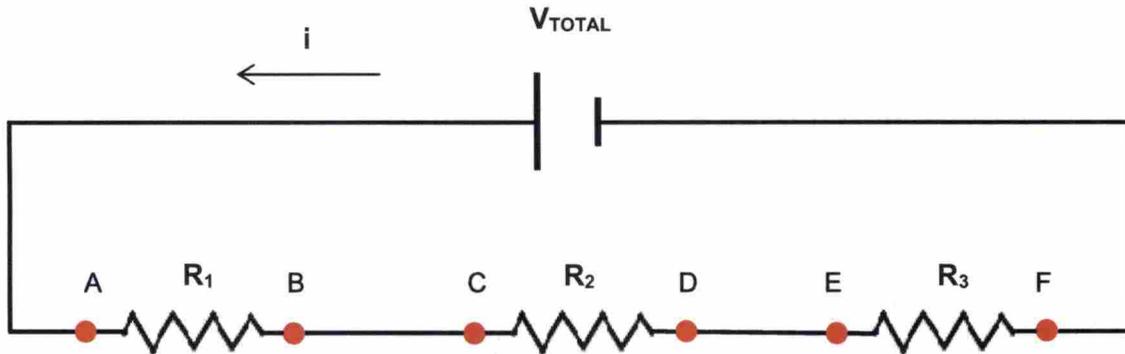


**Resposta: C**



## Associação de resistores em série

Vários resistores estão associados em série quando são ligados um após o outro, de modo a serem percorridos por uma corrente de mesma intensidade. Essa ligação é denominada divisor de tensões.



- Finalidades :
- 1) Fazer com que todos os elementos associados sejam percorridos pela mesma corrente.
  - 2) Dividir a tensão total aplicada entre os elementos do circuito.

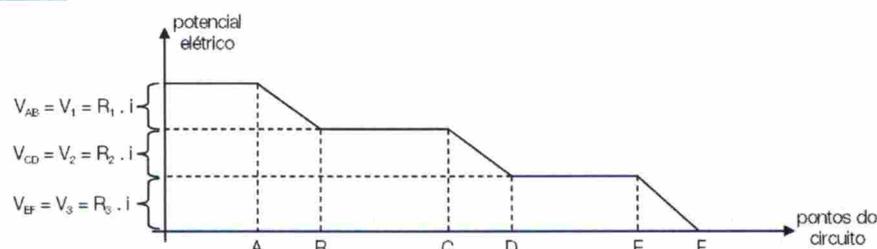
**Intensidade de corrente elétrica :** em uma associação em série todos os resistores são percorridos por uma corrente elétrica de **mesma intensidade**.

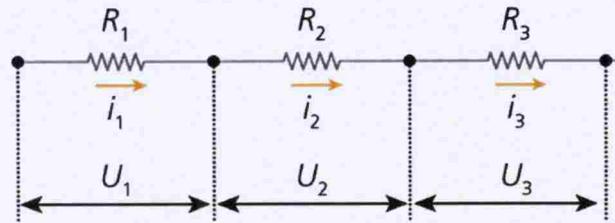
$$i_1 = i_2 = i_3 = i$$

## Diferença de potencial

1) **Em cada resistor :** Na associação em série ocorre uma queda potencial elétrico, existindo uma DDP em cada resistor em que é diretamente proporcional à respectiva resistência.

$$\begin{aligned} V_1 &= V_{AB} = R_1 \cdot i \\ V_2 &= V_{CD} = R_2 \cdot i \\ V_3 &= V_{EF} = R_3 \cdot i \end{aligned} \Rightarrow V_n = R_n \cdot i \Rightarrow V_n \propto R_n$$



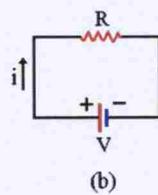
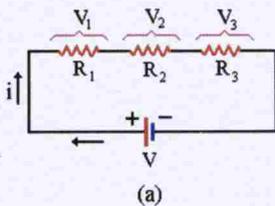


2) **Total** : A DDP aplicada aos extremos da associação é a soma das tensões em cada um dos resistores.

$$V_{TOTAL} = V_1 + V_2 + V_3$$

### Resistor equivalente ( $R_E$ )

É aquele resistor de resistência  $R$ , que quando submetido a mesma DDP total da associação ( $V_{TOTAL}$ ) será percorrido por uma corrente de mesma intensidade ( $i$ ) daquela que percorre a associação e dissipará a mesma potência total da associação.



$$R_E = R_1 + R_2 + R_3$$

$$V_{TOTAL} = R_E \cdot i$$

### Potência dissipada

1) **Em cada resistor** : em uma associação em série as potências dissipadas são diretamente proporcionais às respectivas resistências.

$$P_1 = V_1 \cdot i \quad P_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$$

$$P_2 = V_2 \cdot i \quad P_2 = \frac{V_2^2}{R_2}$$

$$P_3 = V_3 \cdot i \quad P_3 = \frac{V_3^2}{R_3}$$

$$P_1 = R_1 \cdot i^2$$

$$P_2 = R_2 \cdot i^2$$

$$P_3 = R_3 \cdot i^2$$

$$P_n = R_n \cdot i^2$$

$$P_n \propto R_n$$

Comparando os elementos de uma ligação em série :

$$\text{Maior } R \rightarrow \text{Maior } V \rightarrow \text{Maior } P$$

2) **Total** : Do ponto de vista do efeito joule tudo se passa como se um único resistor (resistor equivalente) dissipasse a mesma potência  $P$  do circuito.

$$P_{TOTAL} = \frac{V_{TOTAL}^2}{R_E}$$

$$P_{TOTAL} = V_{TOTAL} \cdot i$$

$$P_{TOTAL} = R_E \cdot i^2$$

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2 + P_3$$



## MODELAGEM

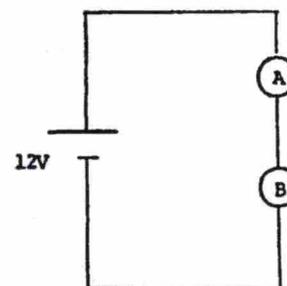
**PUCRS.**

Utilizam-se duas lâmpadas de incandescência, A e B. A é de 72 watts para 12 volts, e B é de 36 watts para 12 volts.

Ligam-se as duas em série num gerador de 12 volts, conforme o esquema.

As potências consumidas, respectivamente, por A e B neste circuito são, em watts,

- A) 72 e 72
- B) 36 e 18
- C) 36 e 36
- D) 16 e 16
- E) 8 e 16



$$\begin{aligned} P_A &= 12^2 \div R_A & P_B &= 12^2 \div R_B \\ 72 &= 12^2 \div R_A & 36 &= 12^2 \div R_B \\ R_A &= 2 \Omega & R_B &= 4 \Omega \end{aligned}$$

---


$$i = \frac{V_T}{R_E} = \frac{12}{2+4} = 2A$$


---

$$\begin{aligned} P_A &= R_A \cdot i^2 = 2 \cdot 2^2 = 8 \text{ W} \\ P_B &= R_B \cdot i^2 = 4 \cdot 2^2 = 16 \text{ W} \end{aligned}$$

**Resposta: E**



## ANOTAÇÕES

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---





## LEITURA 1

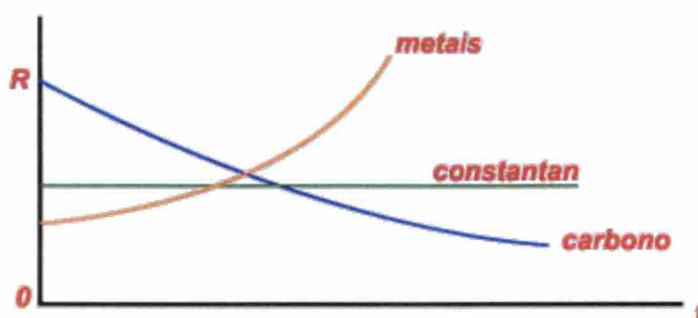
## Relação entre resistência e temperatura

A temperatura de um material está relacionada com o grau de agitação de suas moléculas - uma maior temperatura significa que as moléculas do material estão mais agitadas. Por esse motivo, a temperatura tem influência na resistência do material.

No caso dos condutores, por exemplo, um aumento da temperatura aumenta ainda mais a agitação da estrutura pela qual os elétrons livres têm que viajar – dificultando a passagem destes elétrons. É como a diferença entre andar em um corredor *normal* e no mesmo corredor durante um terremoto, a oposição ao movimento das cargas aumenta com o aumento da temperatura. Isso significa que a resistência dos condutores tende a aumentar com o aumento da temperatura. Este fenômeno é explorado no *termômetro digital*, onde a variação da temperatura na ponta metálica do termômetro provoca uma variação em sua resistência – modificando a corrente no circuito do termômetro. O circuito calcula então a temperatura com base na corrente.



Nos semicondutores e isolantes, como no caso do ar, onde a maioria das cargas está presa, o comportamento é o oposto – o aumento da temperatura (e consequentemente da agitação molecular) aumenta as chances de um elétron escapar e se tornar livre. Isto é, o aumento da temperatura aumenta a condutibilidade (diminui a resistência) do material. Existem ainda algumas ligas metálicas especiais onde a resistência não varia com a temperatura, como a liga constantan (composta de níquel, cobre e zinco).





## LEITURA 2

### A distribuição de energia

O sistema de distribuição de energia é aquele que se confunde com a própria topografia das cidades, ramificado ao longo de ruas e avenidas para conectar fisicamente o sistema de transmissão, ou mesmo unidades geradoras de médio e pequeno porte, aos consumidores finais da energia elétrica.

A conexão, o atendimento e a entrega efetiva de energia elétrica ao consumidor do ambiente regulado ocorrem por parte das distribuidoras de energia. A energia distribuída, portanto, é a energia efetivamente entregue aos consumidores conectados à rede elétrica de uma determinada empresa de distribuição, podendo ser rede de tipo aérea (suportada por postes) ou de tipo subterrânea (com cabos ou fios localizados sob o solo, dentro de dutos subterrâneos). Do total da energia distribuída no Brasil, dentre as Distribuidoras associadas à Abradee, o setor privado é responsável pela distribuição de, aproximadamente, 60% da energia, enquanto as empresas públicas se responsabilizam por, aproximadamente, 40%.

Assim como ocorre com o sistema de transmissão, a distribuição é também composta por fios condutores, transformadores e equipamentos diversos de medição, controle e proteção das redes elétricas. Todavia, de forma bastante distinta do sistema de transmissão, o sistema de distribuição é muito mais extenso e ramificado, pois deve chegar aos domicílios e endereços de todos os seus consumidores.

As redes de distribuição são compostas por linhas de alta, média e baixa tensão. Apesar de algumas transmissoras também possuírem linhas com tensão abaixo de 230 kV, as chamadas Demais Instalações da Transmissão (DIT), grande parte das linhas de transmissão com tensão entre 69 kV e 138 kV são de responsabilidade das empresas distribuidoras. Essas linhas são também conhecidas no setor como linhas de subtransmissão.

Além das redes de subtransmissão, as distribuidoras operam linhas de média e baixa tensão, também chamadas de redes primária e secundária, respectivamente. As linhas de média tensão são aquelas com tensão elétrica entre 2,3 kV e 44 kV, e são muito fáceis de serem vistas em ruas e avenidas das grandes cidades, frequentemente compostas por três fios condutores aéreos sustentados por cruzetas de madeira em postes de concreto.

As redes de baixa tensão, com tensão elétrica que pode variar entre 110 e 440 V, são aquelas que, também afixadas nos mesmos postes de concreto que sustentam as redes de média tensão, localizam-se a uma altura inferior. As redes de baixa tensão levam energia elétrica até as residências e pequenos comércios/indústrias por meio dos chamados ramais de ligação. Os supermercados, comércios e indústrias de médio porte adquirem energia elétrica diretamente das redes de média tensão, devendo transformá-la internamente para níveis de tensão menores, sob sua responsabilidade.



O Brasil contava, em 2013, com mais de 72 milhões de “Unidades Consumidoras” (UC), termo que corresponde ao conjunto de instalações/equipamentos elétricos caracterizados pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor. Do total de UCs brasileiras, 85% são residenciais.



## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

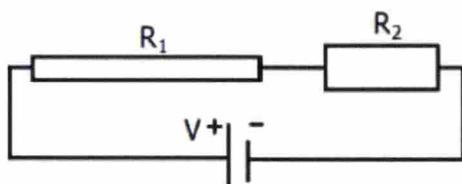
Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**236. UFRGS.** No circuito esquematizado abaixo,  $R_1$  e  $R_2$  são resistores com a mesma resistividade  $\rho$ .  $R_1$  tem comprimento  $2L$  e seção transversal  $A$ , e  $R_2$  tem comprimento  $L$  e seção transversal  $2A$ . Nessa situação, a corrente elétrica que percorre o circuito é

- A)  $2AV/(5 \rho L)$ .
- B)  $2AV/(3 \rho L)$ .
- C)  $AV/(\rho L)$ .
- D)  $3AV/(2 \rho L)$ .
- E)  $5AV/(2 \rho L)$ .

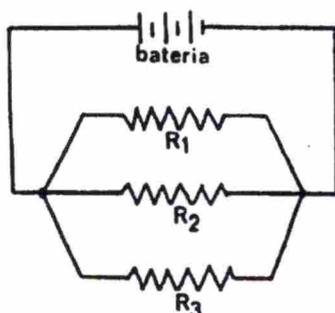


**237. UPF.** Considere um circuito formado por dois resistores ôhmicos,  $R_1$  e  $R_2$ , em série com uma bateria. Neste circuito, a energia dissipada por unidade de tempo pelo resistor  $R_2$  é o dobro do que a dissipada pelo resistor  $R_1$ . Sendo  $I_1$  e  $I_2$  as correntes elétricas que circulam pelos resistores, e  $V_1$  e  $V_2$  as quedas de potencial nos respectivos resistores, é correto afirmar que:

- A)  $V_1 = V_2$ ;  $I_1 = I_2$ ;  $R_1 = R_2$ .
- B)  $V_1 \neq V_2$ ;  $I_1 = I_2$ ;  $R_1 = R_2$ .
- C)  $V_1 = V_2$ ;  $I_1 \neq I_2$ ;  $R_1 = R_2$ .
- D)  $V_1 \neq V_2$ ;  $I_1 = I_2$ ;  $2R_1 = R_2$ .
- E)  $V_1 \neq V_2$ ;  $I_1 = I_2$ ;  $R_1 = 2R_2$ .



**238. UFRGS.** No circuito elétrico da figura estão ligados uma bateria e três resistores de resistências elétricas  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , sendo  $R_1 > R_2 > R_3$ .



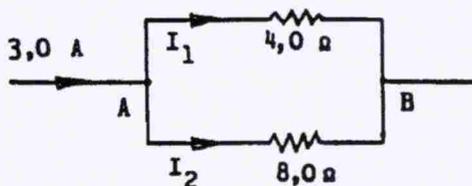


Nessa situação,

- A) a resistência elétrica dessa associação de resistores é igual a  $R_1 + R_2 + R_3$ .
- B) os três resistores estão submetidos à mesma diferença de potencial.
- C) a diferença de potencial entre os extremos de cada resistor depende do valor da respectiva resistência elétrica.
- D) os três resistores são percorridos pela mesma intensidade de corrente elétrica.
- E) no resistor de maior resistência elétrica passa a corrente elétrica de maior intensidade.

Instrução : Responder às questões 239 e 240 com base no texto e na figura abaixo.

Uma corrente de 3,0 ampères passa através de dois resistores ligados em paralelo, com os valores indicados no esquema.



**239. PUCRS.** As correntes  $I_1$  e  $I_2$  são, respectivamente, iguais a

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

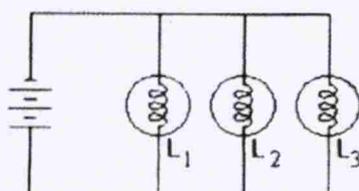


**240. PUCRS.** A tensão entre os pontos A e B vale

- A) 8,0 V
- B) 6,0 V
- C) 4,0 V
- D) 3,0 V
- E) 2,0 V



**241.** A figura mostra três lâmpadas ligadas em paralelo a uma bateria de resistência interna desprezível. As correntes elétricas através das lâmpadas  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$  são, respectivamente 0,6 A, 0,4 A e 0,2 A.





Desligando-se as lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$ , a corrente elétrica na lâmpada  $L_3$  será

- A) 0,2 A
- B) 0,4 A
- C) 0,6 A
- D) 1,0 A
- E) 1,2 A

**242. UPF.** Considere as afirmações abaixo:

I. O resistor é um dispositivo capaz de transformar energia elétrica em calor.

II. A resistência equivalente de dois resistores de  $3\Omega$ , ligados em paralelo, é  $1,5\Omega$ .

III. A associação citada na afirmação II, quando submetida a uma ddp de 2 V, dissipará uma potência de 6 W.

IV. O chuveiro elétrico é uma aplicação do efeito Joule.

V. A resistência de um condutor é inversamente proporcional ao seu comprimento.

Apenas está correto o que se afirma em:

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



**243. UPF.** Num circuito elétrico residencial os diversos equipamentos estão ligados em paralelo à rede elétrica de 220V. Considerando a situação em que estão em funcionamento o chuveiro elétrico, uma geladeira e uma lâmpada, aparelhos cujas potências dissipadas são, 1800W, 360W e 40W, respectivamente, pode-se afirmar:

- A) A potência total dissipada pelos aparelhos em funcionamento é de 1000W.
- B) A corrente elétrica que circula pelo chuveiro é de 15A.
- C) A resistência equivalente deste circuito é de  $22\Omega$ .
- D) A corrente total fornecida pela rede elétrica ao circuito é de 20A.
- E) A voltagem total no circuito é de 660V





**244. UPF.** Suponha um circuito elétrico formado por dois resistores  $R_1$  e  $R_2$  e uma bateria de 12 V. Os resistores estão ligados em paralelo entre si e à bateria. Considerando que  $R_2$  é maior que  $R_1$ , são efetuadas as afirmações a seguir:

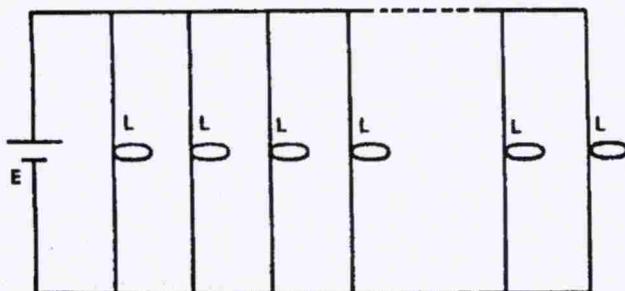


- I. O valor da resistência equivalente do circuito é menor que o valor da resistência  $R_1$ .
- II. A corrente em  $R_1$  é menor que a corrente em  $R_2$ .
- III. A potência dissipada pelo resistor  $R_2$  é maior que a potência dissipada por  $R_1$ .
- IV. O valor da voltagem em ambos resistores é igual.

Destas afirmações:

- A) Todas são verdadeiras.
- B) Somente as afirmações I e II são verdadeiras.
- C) Somente as afirmações II e III são verdadeiras.
- D) Somente as afirmações I, II e III são verdadeiras.
- E) Somente as afirmações I e IV são verdadeiras.

**245.** O circuito mostrado na figura é do tipo usado na iluminação de uma árvore de Natal. Compõe-se de uma pilha elétrica E e de n lâmpadas L, iguais.



Não levando em conta a resistência nos fios condutores usados nas ligações, podemos dizer que :

- A) as lâmpadas mais próximas da pilha têm brilho mais intenso do que as mais distantes;
- B) as lâmpadas estão ligadas em série;
- C) as correntes que circulam em cada uma das lâmpadas são diferentes;
- D) se uma lâmpada qualquer se queimar, as correntes nas outras lâmpadas aumentam de intensidade.
- E) aumentando-se o número de lâmpadas, a corrente fornecida pela pilha também aumenta.



**246.** Um conjunto de lâmpadas para iluminar uma árvore de Natal é constituído de 10 lâmpadas de 15 W e 120 V cada uma, ligadas em paralelo. Afirma-se que:



I - O conjunto pode ser ligado numa tomada de, no máximo, 120V.

II - A resistência elétrica equivalente do conjunto é menor que a resistência elétrica de uma das lâmpadas.

III - Se uma das lâmpadas "queimar", então o brilho das outras aumentará.

Das afirmativas:

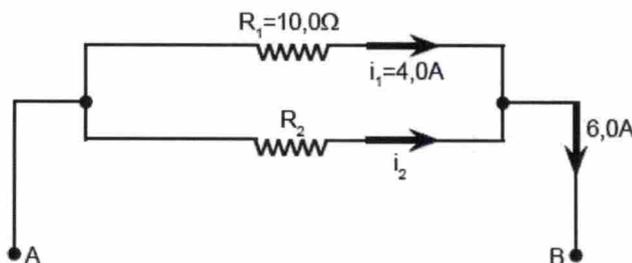
- A) somente I está correta.
- B) somente II está correta.
- C) I e III estão corretas.
- D) I e II estão corretas.
- E) I, II e III estão corretas.

**247. PUCRS.** Dois resistores ôhmicos de resistências elétricas  $R_1$  e  $R_2$  são associados em série, e a associação é ligada aos extremos de uma bateria considerada ideal. Sabe-se que o valor da resistência elétrica de  $R_2$  é quatro vezes menor do que o valor da resistência elétrica de  $R_1$ . Caso a intensidade da corrente elétrica no resistor  $R_1$  seja igual a 2 A, qual dos valores abaixo representa corretamente a intensidade da corrente elétrica, em amperes (A), no resistor  $R_2$ ?



- A) 4
- B) 2
- C) 1
- D) 0,5
- E) 0,25

**248. PUCRS.** O esquema a seguir representa um circuito elétrico.



Os valores da resistência elétrica  $R_2$ , da corrente elétrica  $i_2$  e da diferença de potencial elétrico entre os pontos A e B são, respectivamente,



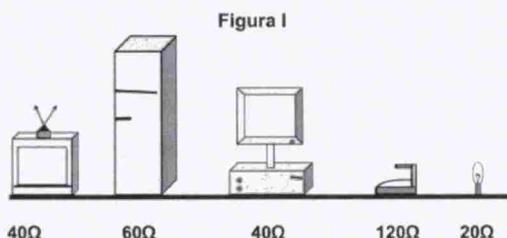
- A)  $10,0\Omega$  4,0A 20,0V
- B)  $10,0\Omega$  2,0A 20,0V
- C)  $15,0\Omega$  3,0A 30,0V
- D)  $20,0\Omega$  4,0A 40,0V
- E)  $20,0\Omega$  2,0A 40,0V

**249. ULBRA.** Um circuito elétrico é formado por 5 resistores idênticos de  $45\ \Omega$ , cada, em paralelo. Outro circuito tem 6 resistores idênticos associados em série e apresenta a mesma resistência equivalente do primeiro. Determine a resistência em ohms ( $\Omega$ ) de um resistor da associação em série.

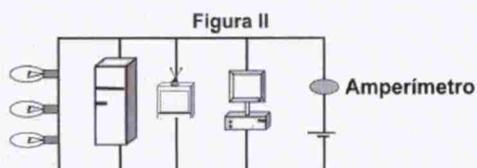


- A) 9,0
- B) 6,0
- C) 4,5
- D) 3,0
- E) 1,5

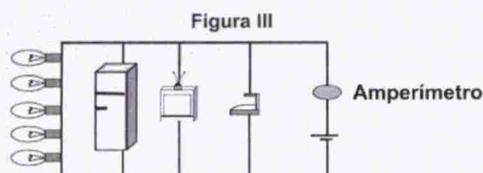
**250. ENEM.** Uma residência possui dois aparelhos de TV, duas geladeiras, um computador, um ferro elétrico e oito lâmpadas incandescentes. A resistência elétrica de cada equipamento está representada pela figura I. A tensão elétrica que alimenta a rede da residência é de 120 V.



Um electricista fez duas ligações, que se encontram representadas pelas figuras II e III.



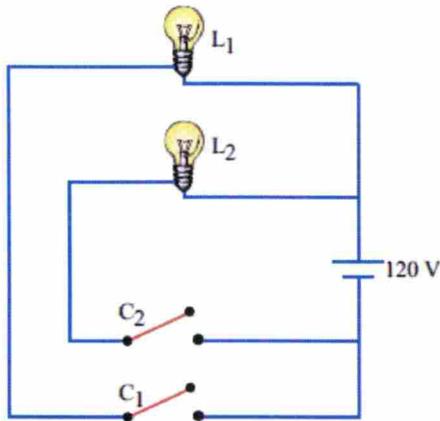
Com base nas informações, verifica-se que a corrente indicada pelo amperímetro da figura



- A) II registrará uma corrente de 10 A.
- B) II registrará uma corrente de 12 A.
- C) II registrará uma corrente de 0,10 A.
- D) III registrará uma corrente de 16,6 A.
- E) III registrará uma corrente de 0,14 A.



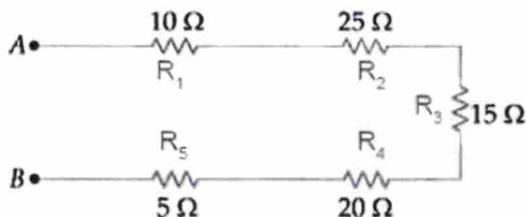
**251. UNESP.** Para iluminar determinado ambiente, o circuito a seguir foi montado com duas lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$ , de valores nominais  $(120\text{ V} - 100\text{ W})$  e  $(120\text{ V} - 60\text{ W})$ , respectivamente, com duas chaves interruptoras  $C_1$  e  $C_2$ , ambas de resistência desprezível, e com fios de ligação ideais. O circuito é alimentado por uma diferença de potencial constante de  $120\text{ V}$ .



Com a chave  $C_1$  fechada e  $C_2$  aberta, o circuito dissipa  $100\text{ W}$ . Com a chave  $C_1$  aberta e  $C_2$  fechada, dissipa  $60\text{ W}$ . Se as duas chaves forem fechadas simultaneamente, o circuito dissipará, em  $W$ , uma potência igual a

- A) 320.
- B) 160.
- C) 120.
- D) 80.
- E) 40.

**252. ULBRA.** A associação de resistores mostrada ao lado é alimentada por uma fonte de  $150\text{ V}$ .



Determine a potência dissipada no resistor de  $20\ \Omega$  ( $R_4$ ).

- A) 150 W
- B) 80 W
- C) 75 W
- D) 40 W
- E) 7,5 W

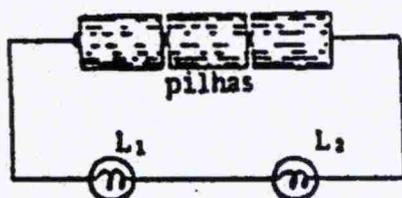


**253. UPF.** Em uma aula experimental de Física, o professor apresenta aos alunos uma associação em paralelo constituída por três lâmpadas incandescentes ligadas a uma fonte de tensão constante. Durante o experimento, uma lâmpada queima. Nessa situação:



- A) As demais lâmpadas se apagarão.
- B) A resistência equivalente da associação aumentará de valor.
- C) A intensidade da corrente fornecida pela fonte permanecerá a mesma.
- D) A potência da associação aumenta.
- E) A intensidade da corrente fornecida pela fonte aumenta.

**254. UFRGS.** O circuito esquematiza três pilhas de 1,5 V cada, ligadas em série as lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$ . A resistência elétrica de cada uma das lâmpadas é de  $15 \Omega$ .



Desprezando-se a resistência interna das pilhas, qual a corrente elétrica que passa na lâmpada  $L_1$  ?

- A) 0,05 A
- B) 0,10 A
- C) 0,15 A
- D) 0,30 A
- E) 0,45 A

**255. UCPEL.** Analise as afirmações a seguir e assinale a opção correta.



- I. Num circuito em paralelo, se um resistor queimar, a corrente nos demais resistores aumentará.
- II. Num circuito de lâmpadas ligadas em série, se mais lâmpadas forem adicionadas ao circuito, o brilho de cada lâmpada irá diminuir.
- III. Se um elétron livre e um próton livre forem colocados no mesmo campo elétrico, a aceleração adquirida pelo próton tem módulo menor e sentido contrário à aceleração adquirida pelo elétron.
- IV. Para conferir carga positiva a um corpo inicialmente neutro, devemos adicionar prótons.

- A) II, III e IV são corretas.
- B) I e II são corretas.
- C) II e III são corretas.
- D) Somente a II é correta.
- E) Todas são corretas.



**256. UFRGS.** Usualmente os dispositivos elétricos de residências (lâmpadas, chuveiro, aquecedor) são ligados em ..... e submetidos a diferenças de potencial ..... Comparando o consumo desses dispositivos, verifica-se que um aquecedor elétrico de 2000 W ligado durante uma hora consome ..... energia elétrica do que uma lâmpada de 60 W durante um dia. Assinale a alternativa que preenche de forma correta as três lacunas, respectivamente.



- A) série - iguais - mais
- B) série - diferentes - menos
- C) serie - diferentes - mais
- D) paralelo - iguais - mais
- E) paralelo - iguais – menos

**INSTRUÇÃO :** Responder à questão **257** com base nas afirmativas abaixo.

Em relação à rede elétrica e aos aparelhos resistivos de uma casa são feitas as seguintes afirmativas :

I - Exceto algumas lâmpadas de Natal, todos os aparelhos são ligados em paralelo.

II - O aparelho de maior potência é o que tem mais resistência.

III - O disjuntor (ou fusível) está ligado em série com os aparelhos protegidos por ele.

**257. PUCRS.** Analisando-se as afirmativas, conclui-se que

- A) somente I é correta.
- B) somente II é correta.
- C) somente III é correta.
- D) I e II são corretas.
- E) I e III são corretas.



**258. PUCRS.** De modo geral, os aparelhos elétricos de residências (chuveiros, lâmpadas, aquecedores) são ligados em ..... Comparando o consumo desses aparelhos, verifica-se que um chuveiro elétrico de 2400W, ligado durante uma hora, emprega ..... energia elétrica que uma lâmpada incandescente de 100W ligada durante um dia inteiro.

As palavras que preenchem correta e respectivamente as lacunas estão reunidas em

- A) série menos
- B) série mais
- C) paralelo menos
- D) paralelo mais
- E) paralelo a mesma





**259. UFRGS.** Uma bateria ideal, capaz de manter entre seus terminais uma diferença de potencial fixa  $V$ , é ligada a uma resistência  $R$ . Nesta situação, uma potência  $P_0$  é dissipada na resistência. Se uma segunda resistência, de mesmo valor, for ligada em série com a primeira, a potência dissipada em cada uma das resistências será



- A)  $2 P_0$
- B)  $P_0$
- C)  $P_0 / \sqrt{2}$
- D)  $P_0 / 2$
- E)  $P_0 / 4$

**260. UFRGS.** Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas seguintes afirmações:



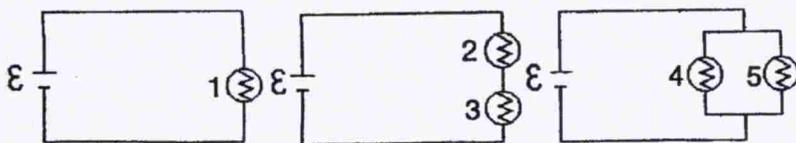
I - Para ligar um aparelho elétrico de 120 V em uma residência onde a tensão da rede elétrica é de 220 V, usa-se um transformador. Esse transformador funciona porque a corrente elétrica é .....

II - Ao ligar-se um conjunto de lâmpadas de filamento coloridas para iluminar um pinheirinho de Natal, uma delas "queimou" (rompeu o filamento). Como as demais lâmpadas continuaram acesas, conclui-se que elas estão ligadas em .....

III - Quando se precisa aumentar a temperatura de um ferro elétrico de passar roupas, gira-se o botão do resistor no sentido em que a sua resistência elétrica .....

- A) contínua - série - aumenta
- B) contínua - série - diminui
- C) alternada - série - aumenta
- D) alternada - paralelo - aumenta
- E) alternada - paralelo - diminui

**261. UFRGS.** Nos circuitos representados na figura abaixo, as lâmpadas 1, 2, 3, 4 e 5 são idênticas. As fontes que alimentam os circuitos são idênticas e ideais.



Considere as seguintes afirmações sobre o brilho das lâmpadas.

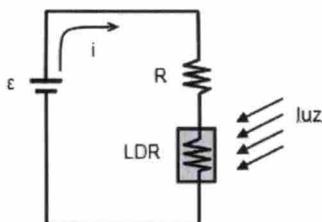
- I - As lâmpadas 1, 4 e 5 brilham com mesma intensidade.
- II - As lâmpadas 2 e 3 brilham com mesma intensidade.
- III - O brilho da lâmpada 4 é maior do que o da lâmpada 2.



Quais estão corretas ?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) I, II e III.

**262. UFRGS.** Um LDR (Light Dependent Resistor) é um dispositivo elétrico cuja resistência elétrica varia com a intensidade da luz que incide sobre ele. No circuito esquematizado abaixo, estão representados uma fonte ideal de tensão elétrica contínua ( $\epsilon$ ), um resistor com resistência elétrica constante ( $R$ ) e um LDR. Nesse LDR, a resistência elétrica é função da intensidade luminosa, diminuindo quando a intensidade da luz aumenta. Numa determinada condição de iluminação, o circuito é percorrido por uma corrente elétrica  $i$ .



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que aparecem. Se a intensidade da luz incidente sobre o LDR aumenta, a corrente elétrica no circuito \_\_\_\_\_, e a diferença de potencial no resistor  $R$  \_\_\_\_\_.

- A) diminui – diminui
- B) diminui – não se altera
- C) não se altera – aumenta
- D) aumenta – diminui
- E) aumenta – aumenta

**263. UFRGS.** Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo abaixo.

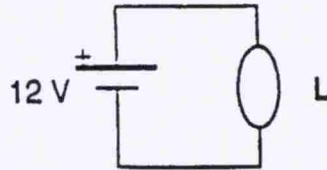
Para fazer funcionar uma lâmpada de lanterna, que traz as especificações 0,9 W e 6 V, dispõe-se, como única fonte de tensão, de uma bateria de automóvel de 12 V. Uma solução para compatibilizar esses dois elementos de circuito consiste em ligar a lâmpada à bateria (considerada uma fonte ideal) em ..... com um resistor cuja resistência elétrica seja no mínimo de .....





- A) paralelo -  $4 \Omega$
- B) série -  $4 \Omega$
- C) paralelo -  $40 \Omega$
- D) série -  $40 \Omega$
- E) paralelo -  $80 \Omega$

**264. PUCRS.** Na figura, L representa uma lâmpada de potência média igual a  $6W$  ligada a uma bateria de força eletromotriz igual a  $12 V$ . Para que a corrente elétrica do circuito seja reduzida à metade é necessário associar

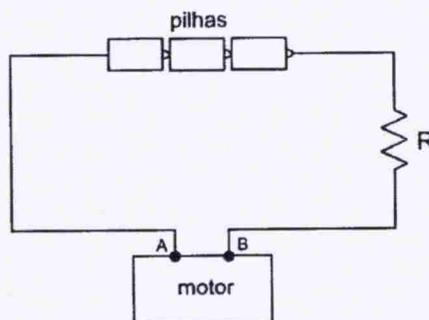


- A) em série com a lâmpada L, uma resistência de  $24\Omega$ .
- B) em paralelo com a lâmpada L, uma resistência de  $24\Omega$ .
- C) em paralelo com a lâmpada L, uma resistência de  $12\Omega$ .
- D) em série com a lâmpada L, uma resistência de  $12\Omega$ .
- E) em série com a lâmpada L, uma resistência de  $36\Omega$ .

**265. UFRGS.** O circuito abaixo representa três pilhas ideais de  $1,5 V$  cada uma, um resistor R de resistência elétrica  $1,0 \Omega$  e um motor, todos ligados em série. (Considere desprezível a resistência elétrica dos fios de ligação do circuito). A tensão entre os terminais A e B do motor é  $4,0 V$ . Qual é a potência elétrica consumida pelo motor?



- A)  $0,5 W$ .
- B)  $1,0 W$ .
- C)  $1,5 W$ .
- D)  $2,0 W$ .
- E)  $2,5 W$ .



**266. ACAFE.** Uma pessoa possui um secador de cabelos de potência  $1100 W$ , cujo circuito foi construído para trabalhar ligado a uma rede de  $220 V$  ou de  $110 V$ . O circuito possui, dessa forma, dois resistores de resistências iguais que podem ser associadas em série ou em paralelo. A alternativa **correta** que indica o valor, em  $\Omega$ , da resistência de cada resistor, é:

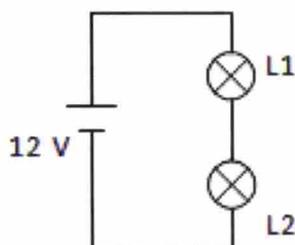


- A) 33
- B) 11
- C) 44
- D) 22



**INSTRUÇÃO:** O esquema abaixo e as explicações referem-se às questões 267 e 268.

Dois lâmpadas de automóvel  $L_1$  de 5 W e 12 V e  $L_2$  de 10 W e 12 V são ligadas em série na bateria de 12 V.



**267. PUCRS.** A corrente que passa pelas duas lâmpadas vale

- A) 0,28 A
- B) 0,35 A
- C) 0,40 A
- D) 0,83 A
- E) 1,23 A



**268. PUCRS.** As quedas de potencial  $V_1$  e  $V_2$ , respectivamente, sobre  $L_1$  e  $L_2$  valem

- A) 6 V e 6 V
- B) 8 V e 4 V
- C) 12 V e 12 V
- D) 4 V e 8 V
- E) 12 V e 0 V



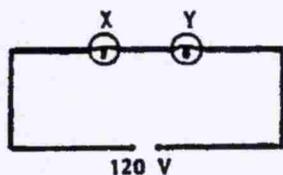
**269. UFRGS.** Quatro resistores iguais são associados em série; a associação é submetida a uma diferença de potencial elétrico  $V$ . Assim sendo, a intensidade da corrente elétrica em um resistor da associação em série é ..... intensidade da corrente elétrica em um resistor da associação em paralelo; a potência elétrica total dissipada na associação em série é ..... potência elétrica total dissipada na associação em paralelo. Qual das alternativas abaixo preenche corretamente, na ordem, as duas lacunas?

- A) igual à - igual à
- B) quatro vezes maior do que a - dezesseis vezes maior do que a
- C) quatro vezes menor do que a - dezesseis vezes menor do que a
- D) dezesseis vezes maior do que a - quatro vezes maior do que a
- E) dezesseis vezes menor do que a - quatro vezes menor do que a





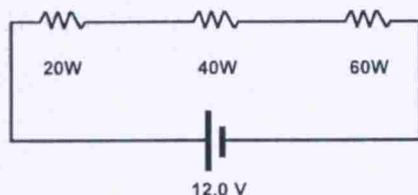
270. UFRGS. Uma lâmpada (X) de 20 W e 120 V está associada em série com outra lâmpada (Y) de 100 W e 120 V.



Essa associação está ligada a uma tomada de 120 V, conforme ilustra a figura. Nessa situação

- A) a lâmpada de 20 W brilha menos do que a de 100 W.
- B) a potência dissipada na lâmpada de 20 W é maior do que a potência dissipada na de 100 W.
- C) a corrente elétrica na lâmpada de 20 W é maior do que na de 100 W.
- D) a diferença de potencial que ocorre na lâmpada de 20 W é menor do que a que ocorre na de 100 W.
- E) a diferença de potencial que ocorre na lâmpada de 100 W é de 120 V.

271. PUCRS. A figura representa três resistências elétricas, ligadas em série, que dissipam as potências de 20W, 40W e 60W, respectivamente, quando a ddp aplicada nas extremidades da ligação é de 12 V.



Partindo da resistência que dissipa menor potência para a que dissipa maior potência, a intensidade de corrente, em cada resistência, é

- A) 2,0 A; 4,0 A e 6,0 A.
- B) 6,0 A; 4,0 A e 2,0 A.
- C) 6,0 A; 6,0 A e 6,0 A.
- D) 10,0 A; 10,0 A e 10,0 A.
- E) 12,0 A; 12,0 A e 12,0 A.

272. UFRGS. Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas seguintes afirmações:

I - No verão, para diminuir a energia dissipada pelo resistor do chuveiro elétrico, costuma-se mudar a posição da chave de "inverno" para "verão", o que equivale a associar um segundo resistor em ..... com aquele ligado para o inverno.





II - Um transformador funciona com corrente elétrica .....

III - Uma lâmpada de filamento com as indicações "60 W" e 220 V consome ..... do que 60 J/s quando ligada a uma rede de 120 V.

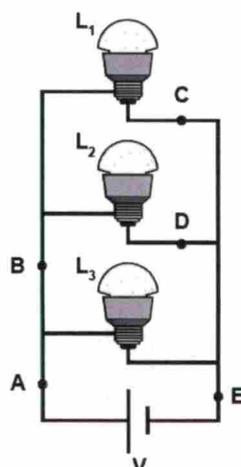
- A) série - contínua - mais
- B) série - alternada - menos
- C) paralelo - contínua - mais
- D) paralelo - alternada - mais
- E) paralelo - alternada - menos

**273. ENEM.** A rede elétrica de uma residência tem tensão de 110V e o morador compra, por engano, uma lâmpada incandescente com potência nominal de 100 W e tensão nominal de 220V. Se essa lâmpada for ligada na rede de 110 V, o que acontecerá?



- A) A lâmpada brilhará normalmente, mas como a tensão é a metade da prevista, a corrente elétrica será o dobro da normal, pois a potência elétrica é o produto de tensão pela corrente.
- B) A lâmpada não acenderá, pois ela é feita para trabalhar apenas com tensão de 220 V, e não funciona com tensão abaixo desta.
- C) A lâmpada irá acender dissipando uma potência de 50 W, pois como a tensão é metade da esperada, a potência também será reduzida à metade.
- D) A lâmpada irá brilhar fracamente, pois com a metade da tensão nominal, a corrente elétrica também será menor e a potência dissipada será menos da metade da nominal.
- E) A lâmpada queimará, pois como a tensão é menor do que a esperada, a corrente será maior, ultrapassando a corrente para a qual o filamento foi projetado.

**274. ENEM.** Três lâmpadas idênticas foram ligadas no circuito esquematizado. A bateria apresenta resistência interna desprezível, e os fios possuem resistência nula. Um técnico fez uma análise do circuito para prever a corrente elétrica nos pontos: A, B, C, D e E; e rotulou essas correntes de  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $I_D$  e  $I_E$ , respectivamente.





O técnico concluiu que as correntes que apresentam o mesmo valor são:

- A)  $I_A = I_E$  e  $I_C = I_D$ .
- B)  $I_A = I_B = I_E$  e  $I_C = I_D$ .
- C)  $I_A = I_B$ , apenas.
- D)  $I_A = I_B = I_E$ , apenas.
- E)  $I_C = I_B$ , apenas.

**275.** Numa casa, cuja voltagem da rede é 220V, havia apenas lâmpadas de 60W, fabricadas para serem utilizadas em 110V. O dono da casa teve, então, a idéia de associar em série duas lâmpadas idênticas entre aquelas que possuía.



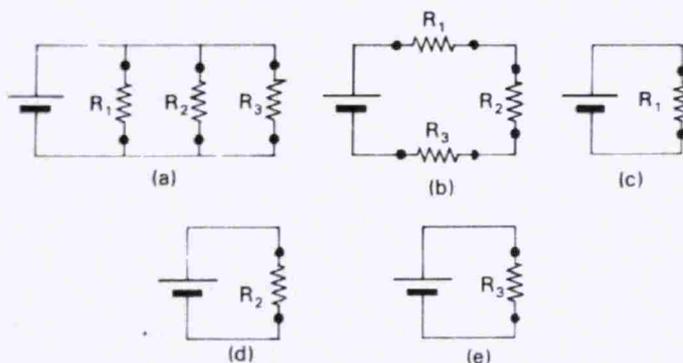
Considerando tal situação, analise as proposições:

- I - Feita a associação, a ddp em cada uma das lâmpadas será de 110V.
- II - A corrente elétrica que passa pelas duas lâmpadas associadas é a mesma.
- III - Considerando as lâmpadas resistores ôhmicos, a corrente elétrica, que passa por elas, é igual à corrente que passaria por cada uma, se a associação tivesse sido feita em paralelo.

Podemos afirmar que está(ão) incorreta(s),

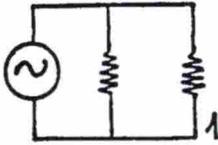
- A) nenhuma delas.
- B) apenas I.
- C) apenas II.
- D) apenas III.
- E) todas.

**276.** Para aquecer a água contida em um recipiente você dispõe de três resistências,  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ , e de uma bateria que fornece uma voltagem constante. Entre as montagens mostradas na figura deste problema, assinale aquela que você deveria usar para que a água fosse aquecida mais rapidamente.





277. PUCRS. Dois resistores idênticos são ligados a uma tomada de 120 volts, conforme o esquema 1, e em uma hora consomem 0,8 kWh de energia.



Se os dois resistores forem ligados conforme o esquema 2, eles consumirão, em uma hora, a energia de

- A) 0,8 kWh
- B) 0,6 kWh
- C) 0,4 kWh
- D) 0,2 kWh
- E) 0,1 kWh

278. UPF. Para construir um circuito elétrico tem-se à disposição três resistências elétricas de  $10\Omega$ ,  $20\Omega$  e  $30\Omega$  respectivamente. Quando se aplica uma diferença de potencial de 220 volts em cada uma das situações apresentadas abaixo, a alternativa que indica em qual delas se consome menos potência elétrica, é:



- A) Circuito com a resistência de  $30\Omega$ .
- B) Circuito com a resistência de  $20\Omega$ .
- C) Circuito com as resistências de  $10\Omega$  e  $20\Omega$  em série.
- D) Circuito com as resistências de  $20\Omega$  e  $30\Omega$  em série.
- E) Circuito com as resistências de  $10\Omega$  e  $30\Omega$  em paralelo.

279. UCPEL. A maior parte dos circuitos elétricos possui mais do que um dispositivo que utiliza a energia elétrica. Esses dispositivos, em geral, são conectados a um circuito de duas maneiras possíveis: em série ou em paralelo. Quando conectados em série, formam um único caminho para a passagem da corrente elétrica e, quando conectados em paralelo, eles formam ramos, cada um dos quais é um caminho separado para a passagem da corrente elétrica.



Em relação às características dessas duas formas de conexão, analise as afirmativas a seguir:

I. Nos circuitos em paralelo, a corrente elétrica total divide-se entre os ramos paralelos e a diferença de potencial elétrico através de cada ramo é a mesma.



II. Nos circuitos em série, o inverso da resistência elétrica equivalente da associação é igual à soma dos inversos das resistências associadas.

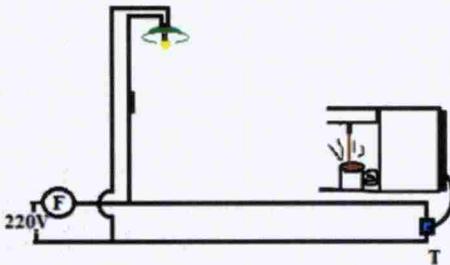
III. Nos circuitos em paralelo, a intensidade da corrente elétrica que flui através de cada ramo é inversamente proporcional a resistência elétrica do próprio ramo.

IV. Nos circuitos em série, a potência dissipada por cada elemento é inversamente proporcional a sua resistência elétrica.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

**280. UPF.** Um circuito elétrico simples protegido por um fusível F de 8 A, ligado à rede de 220 V, está mostrado na figura a seguir.



Considere que você deseja tomar um café e vai até a cozinha, acende a lâmpada de 60 W, põe pó de café na cafeteira e a liga. Supondo que a cafeteira está ligada em uma tomada T, em paralelo ao circuito, a potência máxima da cafeteira que pode ser ligada, simultaneamente, à lâmpada, sem que o fusível interrompa o circuito, é de, aproximadamente:

- A) 1.700 W.
- B) 1.000 W.
- C) 1.950 W.
- D) 1.550 W.
- E) 1.760 W.



# Aula 21

## Circuitos Elétricos I

### PARTE 1

	Estudar a Parte 1 – P.211 (teoria, anotações e modelagem)
	Rever videoaula Parte 1 se necessário
	Fazer as questões 281, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 303, 304, 305, 307 e 318

### PARTE 2

	Estudar a Parte 2 – P.214 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 2 se necessário
	Fazer as questões 282, 283, 306, 308, 322, 323 e 324

### PARTE 3

	Estudar a Parte 3 – P.216 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 3 se necessário
	Fazer as questões 284, 300, 302, 312, 313, 315, 316, 317, 319 e 325

### PARTE 4

	Estudar a Parte 4 – P.217 (teoria e anotações)
	Rever videoaula Parte 3 se necessário
	Fazer a Leitura – P.221
	Fazer as questões 309, 310, 311, 314, 320 e 321



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.

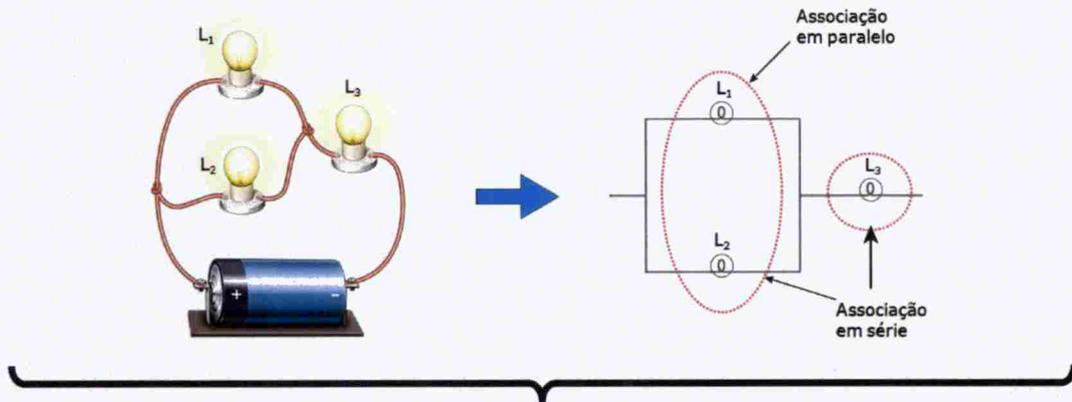


▪ **Parte 1**

**Mista**

## Associação mista de resistores

Dá-se o nome de **associação mista de resistores** à associação que contém, simultaneamente, associações de resistores em série e em paralelo.

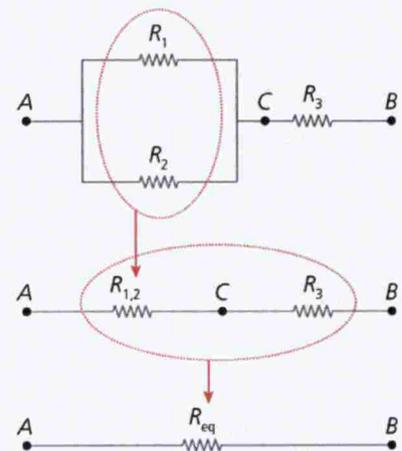


$L_1$  e  $L_2$  estão associadas em paralelo e esse está associado em **série** com  $L_3$ .

O cálculo da resistência elétrica do resistor equivalente deve ser feito a partir das associações individuais, em série ou em paralelo. Para isso, devemos, pouco a pouco, simplificar o esquema da associação.

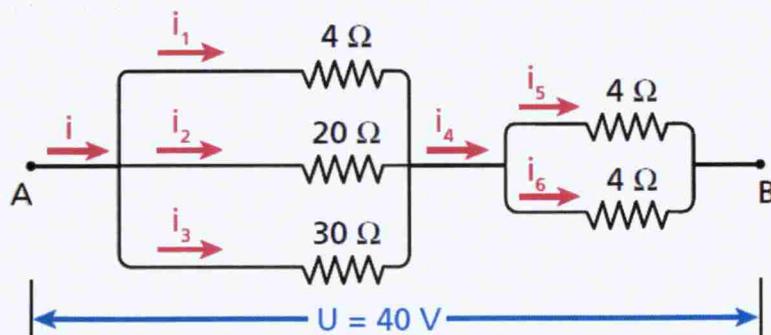
Tome sempre o cuidado de não resolver o equivalente entre resistores que não estejam associados diretamente.

Por exemplo, **não** trabalhe  $R_1$  em série com  $R_3$ , pois  $R_1$  está em paralelo com  $R_2$ . Resolva esse paralelo primeiro e apenas após resolva a **série**  $R_{1,2}$  e  $R_3$ .



### Exemplos

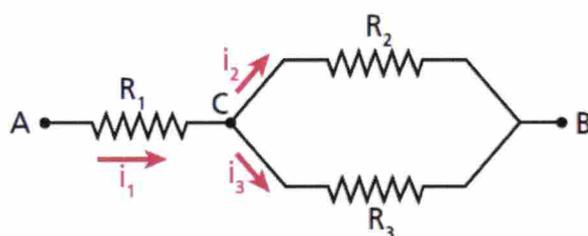
1. No trecho de circuito esquematizado a seguir, calcule as intensidades de corrente elétrica  $i$ ,  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$ ,  $i_4$ ,  $i_5$  e  $i_6$ :



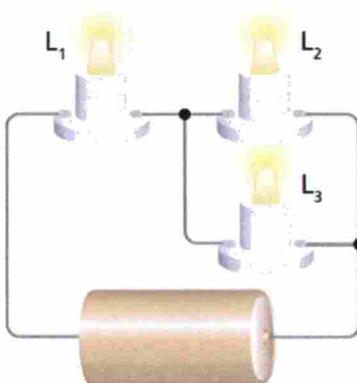


2. Entre os terminais **A** e **B** da associação representada na figura a seguir, a tensão é de 120 V. Sendo  $R_1 = 16 \Omega$ ,  $R_2 = 60 \Omega$  e  $R_3 = 40 \Omega$ , determine:

- a intensidade de corrente  $i_1$ ;
- a ddp entre os pontos **C** e **B**;
- as intensidades de corrente  $i_2$  e  $i_3$ ;
- a potência dissipada em cada um dos resistores em paralelo.



3. Três lâmpadas iguais,  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , estão associadas como indica a figura. Sendo  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  as potências com que operam as lâmpadas  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , respectivamente, compare  $P_2$  com  $P_3$  e  $P_1$  com  $P_2$ .

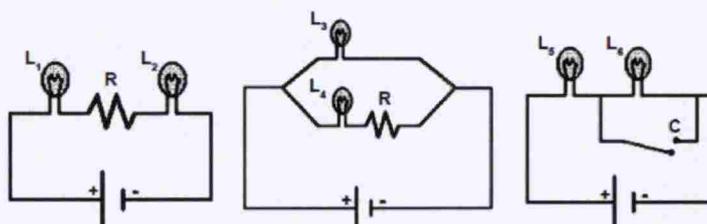




## MODELAGEM

### UCPEL

Nos circuitos elétricos representados nas figuras abaixo,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$ ,  $L_5$  e  $L_6$  são lâmpadas idênticas,  $R$  são resistores de mesma resistência elétrica e  $C$  é um interruptor inicialmente aberto. Todos os circuitos estão alimentados pela mesma diferença de potencial elétrico.



Considerando o correto funcionamento desses circuitos elétricos, a lâmpada

- A)  $L_6$  não terá seu brilho alterado quando o interruptor for fechado.
- B)  $L_1$  brilha mais que a lâmpada  $L_2$ , pois está submetida a uma maior diferença de potencial.
- C)  $L_3$  apresenta o mesmo brilho  $L_4$ , pois estão em ramos paralelos, onde o funcionamento de uma não interfere na outra.
- D)  $L_6$  não brilha, pois o interruptor está aberto e, assim, não está submetida a uma corrente elétrica.
- E)  $L_5$  apresenta o mesmo brilho da lâmpada  $L_6$ , pois estão submetidas a mesma corrente elétrica.

**Circuito 1** – As lâmpadas 1 e 2, por serem iguais na série, recebem a mesma parcela da tensão total, brilhando da mesma forma. Outra leitura e o fato de serem iguais e percorridas pela mesma intensidade de corrente.

**Circuito 2** – No ramo superior uma única lâmpada (3) recebe a tensão do ramo sozinha. Já no ramo inferior a lâmpada 4 divide a tensão com R, brilhando menos que a lâmpada 3.

**Circuito 3** –  $L_6$  tem um ramo sem resistência em paralelo ligado com ela. Quando a chave está aberta a tensão do circuito se divide entre 5 e 6. Com a chave fechada, 6 é colocada em curto-circuito e, portanto, 5 aumenta seu brilho por receber sozinha a tensão do circuito.

**Resposta: E**



## Medidores elétricos ideais.

Dizemos que um medidor é ideal quando sua inserção no circuito não provoca alterações nas intensidades de corrente ou nas diferenças de potencial.

A determinação de medidas de grandezas elétricas em um circuito elétrico pode ser feita com um aparelho chamado multímetro.



**Corrente de fundo de escala:** É o valor máximo da corrente que o medidor suporta.

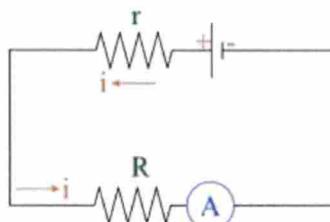
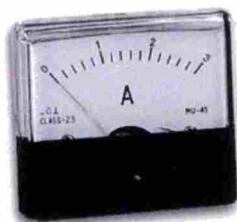
**Amperímetro:** Para medirmos a intensidade da corrente elétrica que passa pela secção reta de um condutor usamos um dispositivo chamado amperímetro.

Características do amperímetro :

- 1) Deve ser **ligado em série** com o condutor do qual ele vai medir a corrente, pois a carga que passa pelo condutor deve passar também pelo amperímetro.
- 2) No amperímetro ideal, sua resistência interna deve ser pequena, para que a corrente elétrica possa passar por ele sem que haja consumo de energia.

**Um amperímetro ideal tem resistência interna nula.**

A intensidade da corrente elétrica pode ser medida ainda através dos miliamperímetros e dos microamperímetros, que são aparelhos mais sensíveis que o amperímetro.



**Galvanômetro :** O galvanômetro é um dispositivo utilizado, pela sua sensibilidade, para detectar e medir correntes elétricas (contínuas) de pequena intensidade. O valor da corrente medida é normalmente da ordem de miliampères.



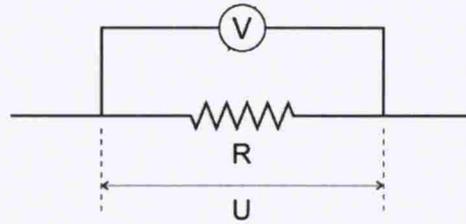


**Voltímetro** : Os voltímetros são instrumentos destinados a medir a diferença de potencial entre dois pontos determinados de um circuito elétrico.

Características do voltímetro:

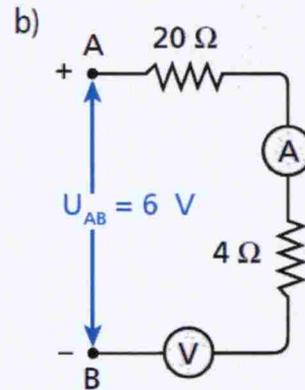
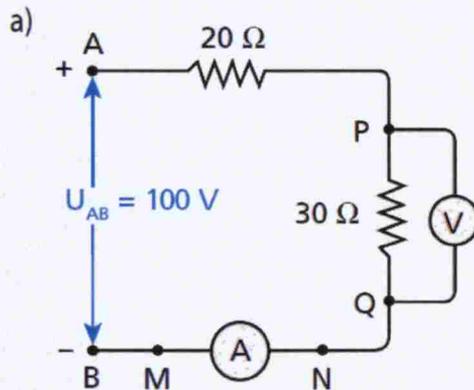
- 1) Deve ser **ligado em paralelo** com o resistor, nos pontos em que se deseja medir a DDP. Assim, o voltímetro mede a DDP dos terminais do resistor.
- 2) No voltímetro ideal, sua resistência interna deve ser grande, para que a corrente que passa por ele seja infinitamente pequena ou mesmo desprezível.

**Um voltímetro ideal tem resistência interna infinita.**



### Exemplos

Nos circuitos a seguir, determine as indicações fornecidas pelos medidores, supostos ideais:



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



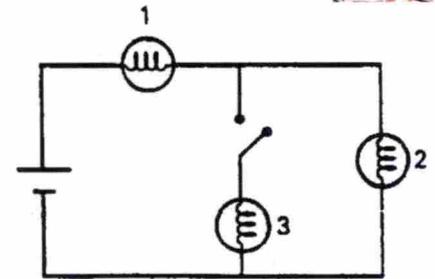
▪ **Parte 3**

**Chaves**

**Chaves**



Um gerador ideal de 12 volts, um amperímetro ideal, três resistores de mesma resistência constante  $4\Omega$  e um interruptor formam um circuito conforme o esquema. Quando o interruptor é fechado, a corrente através do gerador passa de



- A) 3,0 A para 1,5 A.
- B) 3,0 A para 2,0 A.
- C) 0,5 A para 9,0 A.
- D) 1,5 A para 3,0 A.
- E) 1,5 A para 2,0 A.

.....

.....

.....

.....

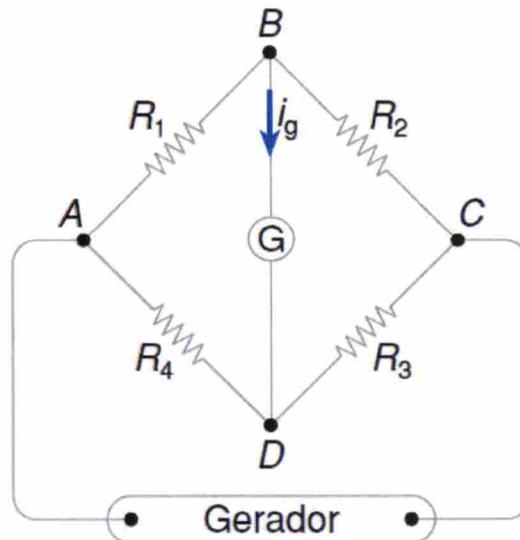
.....

.....

.....

**Ponte de Wheatstone**

É um circuito onde os resistores são ligados conforme o esquema:



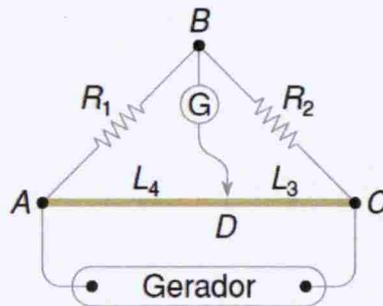
A **ponte de Wheatstone está em equilíbrio** quando o galvanômetro não acusa passagem de corrente elétrica ( $i_g = 0$ ). Nessas condições B e D têm o mesmo potencial elétrico ( $V_B = V_D$ ).

Em uma ponte de Wheatstone, em equilíbrio, são iguais os produtos das resistências opostas:

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$$



## Ponte de fio



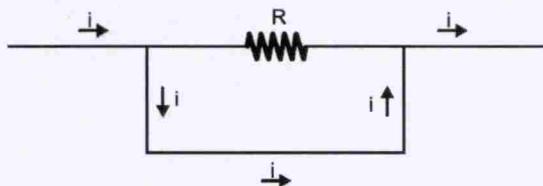
Ponte de fio em equilíbrio:  $R_1 \cdot L_3 = R_2 \cdot L_4$

## ▪ Parte 4

## Curto-Circuito

### CURTO-CIRCUITO:

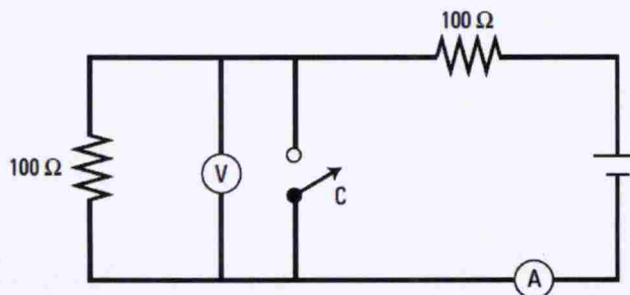
Um ou mais elementos de um circuito encontram-se em **curto-circuito** quando forem ligados em **paralelo a um fio condutor de resistência desprezível**. A **corrente desviará** pelo fio, deixando de passar pelo(s) elemento(s), e conseqüentemente, o(s) mesmo(s) deixará(o) de funcionar. É importantíssimo frisar que elementos em curto-circuito **não estão queimados**, como pensam algumas pessoas.



- Um curto-circuito gera um aumento da intensidade da corrente elétrica total do circuito.
- A d.d.p. entre os pontos que se encontram em curto circuito é nula.

### Exemplo 1

No circuito da figura, o amperímetro **A** e o voltímetro **V** são ideais. O voltímetro marca 50 V quando a chave **C** está aberta.



Com a chave fechada, o amperímetro marcará:

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

.....

.....

.....

.....

.....

.....

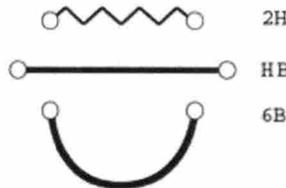
.....



## DESAFIO

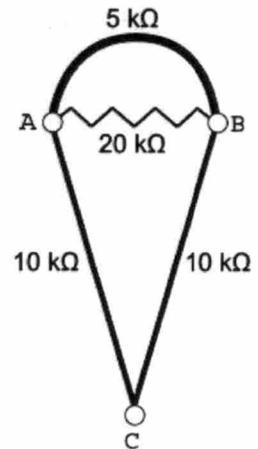
### ENEM

Por apresentar significativa resistividade elétrica, o grafite pode ser utilizado para simular resistores elétricos em circuitos desenhados no papel, com o uso de lápis e lapiseiras. Dependendo da espessura e do comprimento das linhas desenhadas, é possível determinar a resistência elétrica de cada traçado produzido. No esquema foram utilizados três tipos de lápis diferentes (2H, HB e 6B) para efetuar três traçados distintos.



Munido dessas informações, um estudante pegou uma folha de papel e fez o desenho de um sorvete de casquinha utilizando-se desses traçados. Os valores encontrados nesse experimento, para as resistências elétricas ( $R$ ), medidas com o auxílio de um ohmímetro ligado nas extremidades das resistências, são mostrados na figura. Verificou-se que os resistores obedeciam à Lei de Ohm.

Na sequência, conectou o ohmímetro nos terminais A e B do desenho e, em seguida, conectou-o nos terminais B e C, anotando as leituras  $R_{AB}$  e  $R_{BC}$ , respectivamente. Ao estabelecer a razão  $R_{AB}/R_{BC}$ , qual resultado o estudante obteve?



- A) 1
- B) 4/7
- C) 10/27
- D) 14/81
- E) 4/81

1º) Ohmímetro conectado entre A e B

Temos a associação de resistores:

Resistência equivalente entre A e B:

$$R_{AB} = (5k\Omega \cdot 10k\Omega) / (5k\Omega + 10k\Omega)$$

$$R_{AB} = (50/15)k\Omega$$

$$R_{AB} = 10/3 k\Omega \quad (1)$$

2º) Ohmímetro conectado entre B e C

Temos a associação de resistores:

Resistência equivalente entre B e C:

$$R_{BC} = (14k\Omega \cdot 10k\Omega) / (14k\Omega + 10k\Omega)$$

$$R_{BC} = (140/24)k\Omega$$

$$R_{BC} = 35/6 k\Omega \quad (2)$$

(1)/(2):

$$R_{AB}/R_{BC} = (10/3) / (35/6) = (10/3) \cdot (6/35)$$

$$R_{AB}/R_{BC} = 4/7$$

**Resposta: B**



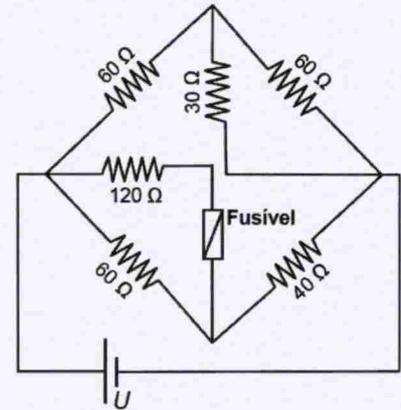
**DESAFIO**

**ENEM 2017**

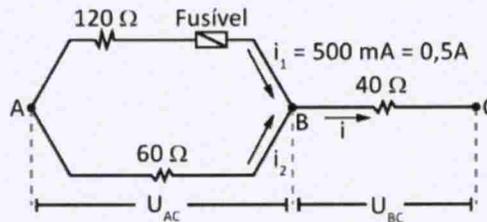
Fusível é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente em circuitos. Quando a corrente que passa por esse componente elétrico é maior que sua máxima corrente nominal, o fusível queima. Dessa forma, evita que a corrente elevada danifique os aparelhos do circuito. Suponha que o circuito elétrico mostrado seja alimentado por uma fonte de tensão  $U$  e que o fusível suporte uma corrente nominal de 500 mA.

Qual é o máximo valor da tensão  $U$  para que o fusível não queime?

- A) 20 V
- B) 40 V
- C) 60 V
- D) 120 V
- E) 185 V



Não é necessário trabalhar com o ramo de cima uma vez que ele está em paralelo com a de baixo, onde encontra-se o fusível.



Nesse ramo, no paralelo entre A e B,  $120 \Omega$  é o dobro de  $60 \Omega$ , portanto a intensidade da corrente em  $60 \Omega$  é o dobro da que passa em  $120 \Omega$ , ou seja, 1 A.

Em  $40 \Omega$  passa a total do ramo, 1,5 A (1A + 1,5A). Sendo assim, a tensão entre A e C, aquela fornecida pela bateria, é de  $V_{AC} = U = R_{AC} \cdot i_{AC} = (120 \cdot 60 / 120 + 60 + 40) \cdot 1,5 = 80 \cdot 1,5 = 120 \text{ V}$ .

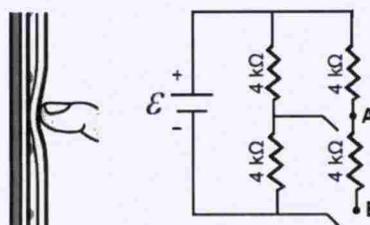
A outra opção seria somar as tensões entre AB e AC ( $60 + 60 = 120 \text{ V}$ )

**Resposta: D**

**DESAFIO**

**ENEM 2019**

Muitos *smartphones* e *tablets* não precisam mais de teclas, uma vez que todos os comandos podem ser dados ao se pressionar a própria tela. Inicialmente essa tecnologia foi proporcionada por meio das telas resistivas, formadas basicamente por duas camadas de material condutor transparente que não se encostam até que alguém as pressione, modificando a resistência total do circuito de acordo com o ponto onde ocorre o toque. A imagem é uma simplificação do circuito formado pelas placas, em que A e B representam pontos onde o circuito pode ser fechado por meio do toque.





Qual é a resistência equivalente no circuito provocada por um toque que fecha o circuito no ponto **A**?

- A) 1,3 kΩ
- B) 4,0 k Ω
- C) 6,0 kΩ
- D) 6,7 kΩ
- E) 12,0 kΩ

Quando se fecha o circuito em A forma-se uma ligação mista. Temos um resistor de 4 kΩ ligado em série com o paralelo de dois resistores de 4 kΩ.

$$R_E = 4 + (4/2) = 6 \text{ k}\Omega$$

**Resposta: C**



## ANOTAÇÕES

Area for taking notes with horizontal dashed lines.



## LEITURA

### Por que em algumas cidades a tensão é 110 volts e em outras, 220 volts?

Porque não há um padrão nacional para a tensão (ou voltagem) que chega às tomadas das nossas casas? Quando o Brasil começou a montar sua rede elétrica, no início do século 20, diferentes companhias se estabeleceram em cada região do país. "A escolha do sistema de 110 volts ou de 220 volts dependeu do país de origem das primeiras empresas e de uma análise de custos: a quantidade de consumidores por metro quadrado, o dinheiro para a instalação e para os materiais necessários, como transformadores e cabos", afirma Ronaldo Roncolatto, gerente de engenharia da empresa CPFL. Nesses primórdios da eletrificação, as canadenses Rio de Janeiro Tramway, Light & Power e São Paulo Light & Power instalaram redes de 110 volts para consumo residencial nas duas principais cidades da Região Sudeste. Já as primeiras concessionárias que distribuíram energia na Região Nordeste optaram pelo 220. Nos dois casos, os sistemas continuam os mesmos até hoje porque, depois de instalada, é inviável reformar toda a rede de distribuição - custaria uma nota preta. E não há nenhuma razão forte para justificar esse gasto. "Existem vantagens e desvantagens em cada tipo de sistema. Não se pode dizer que um é mais vantajoso que o outro sempre", diz Ronaldo. Por isso, não dá para dizer que exista uma tendência clara a respeito de qual será a tensão dominante no futuro. Abaixo, a gente enumera os pontos fortes e fracos do 110 e do 220 em cinco perguntas cruciais.

#### **Qual é a tensão mais segura?**

A 110 volts. Na hora que um dedo vai parar acidentalmente na tomada, o choque de 220 volts é duas vezes mais forte que um de 110 volts. Isso porque, no caso do corpo humano, quanto maior a tensão na tomada, maior a corrente elétrica que causa o choque. É o contrário do que rola com os aparelhos elétricos.

#### **Qual é a melhor tensão para evitar apagões?**

A 220 volts. Geralmente, um "apagão" ocorre quando as casas solicitam um excesso de corrente elétrica à rede de distribuição. Ligar aparelhos em 220 volts é uma forma de evitar essa sobrecarga porque, quanto maior a tensão, menor é a corrente que os aparelhos elétricos usam para funcionar.

#### **Qual é a tensão com manutenção mais barata?**

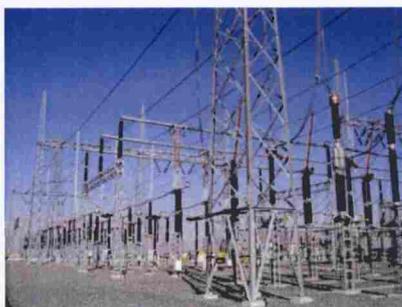
É a 220 volts - pelo menos para os concessionários. Esse sistema usa menos transformadores e cabos mais baratos no caminho da distribuidora até o consumidor final.

#### **Qual é a tensão que consome menos recursos ambientais?**

Não faz diferença. Para nossos recursos naturais (por exemplo, a água das hidrelétricas), também não importam nem a tensão nem a corrente. O que conta mesmo é a potência total dos aparelhos ligados à rede elétrica.

#### **Qual é a tensão mais econômica para o consumidor?**

Não faz diferença, porque o consumo é medido em quilowatt-hora - ou seja, pela potência e pelo tempo de funcionamento dos aparelhos ligados. Para reduzir a conta de luz, é preciso usar menos os aparelhos ou optar por modelos menos potentes.





## QUESTÕES PÓS-AULA

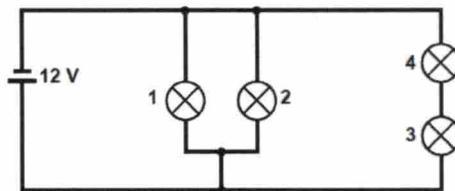
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

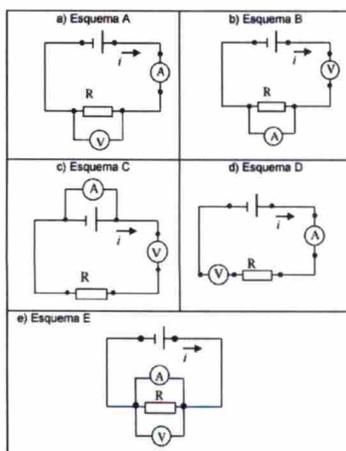
**281. PUCRS.** O circuito alimentado com uma diferença de potencial de 12 V, representado na figura a seguir, mos-



tra quatro lâmpadas associadas, cada uma com a inscrição 12 V / 15 W. Considerando essa associação entre as lâmpadas, é correto afirmar que

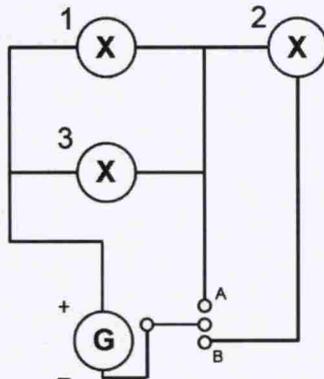
- A) a intensidade da corrente elétrica é diferente nas lâmpadas 1 e 2.
- B) a diferença de potencial é diferente nas lâmpadas 1 e 2.
- C) a intensidade de corrente elétrica na lâmpada 2 é maior do que na 3.
- D) cada uma das lâmpadas 1 e 2 está sujeita à diferença de potencial de 6,0 V.
- E) cada uma das lâmpadas 3 e 4 está sujeita à diferença de potencial de 12 V.

**282. UPF.** Em uma aula no laboratório de Física, o professor solicita aos alunos que meçam o valor da resistência elétrica de um resistor utilizando um voltímetro ideal e um amperímetro ideal. Dos esquemas abaixo, que representam arranjos experimentais, qual o mais indicado para a realização dessa medição?





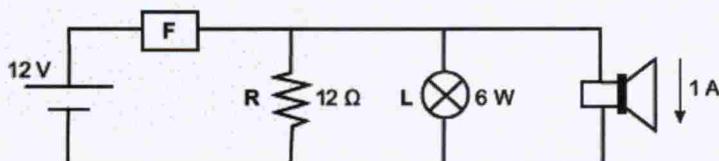
**283. ENEM.** Um sistema de iluminação foi construído com um circuito de três lâmpadas iguais conectadas a um gerador (G) de tensão constante. Esse gerador possui uma chave que pode ser ligada nas posições A ou B.



Considerando o funcionamento do circuito dado, a lâmpada 1 brilhará mais quando a chave estiver na posição

- A) B, pois a corrente será maior nesse caso.
- B) B, pois a potência total será maior nesse caso.
- C) A, pois a resistência equivalente será menor nesse caso.
- D) B, pois o gerador fornecerá uma maior tensão nesse caso.
- E) A, pois a potência dissipada pelo gerador será menor nesse caso.

**284. ENEM.** Fusíveis são dispositivos de proteção de um circuito elétrico, sensíveis ao excesso de corrente elétrica. Os modelos mais simples consistem de um filamento metálico de baixo ponto de fusão, que se funde quando a corrente elétrica 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 de  $12\ \Omega$ , uma lâmpada L de  $6\ \text{W}$  e um auto-falante que conduz  $1\ \text{A}$ .

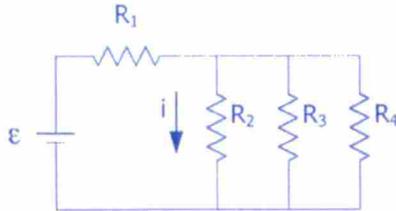


Sabendo que esse fusível foi projetado para trabalhar com uma corrente até 20% maior que a corrente nominal que atravessa esse circuito, qual é o valor, em ampères, da corrente máxima que o fusível F permite passar?

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



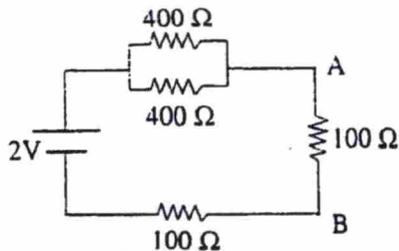
**285. UFRGS.** No circuito abaixo, todos os resistores têm resistências idênticas, de valor  $10 \Omega$ . A corrente elétrica  $i$ , através de  $R_2$ , é de  $500 \text{ mA}$ . A fonte, os fios e os resistores são todos ideais.



Selecione a alternativa que indica o valor correto da diferença de potencial a que está submetido o resistor  $R_1$ .

- A)  $5 \text{ V}$
- B)  $7,5 \text{ V}$
- C)  $10 \text{ V}$
- D)  $15 \text{ V}$
- E)  $20 \text{ V}$

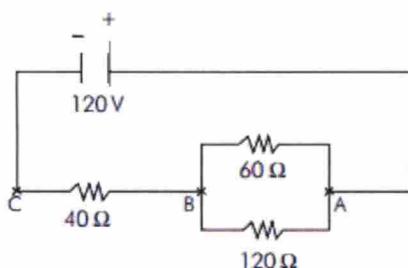
**286. UFRGS.** A figura abaixo representa um circuito elétrico alimentado por uma fonte ideal.



Assinale a alternativa que fornece o valor correto do módulo da diferença de potencial entre os pontos A e B desse circuito.

- A)  $2,0 \text{ V}$
- B)  $1,0 \text{ V}$
- C)  $0,5 \text{ V}$
- D)  $0,2 \text{ V}$
- E)  $0,0 \text{ V}$

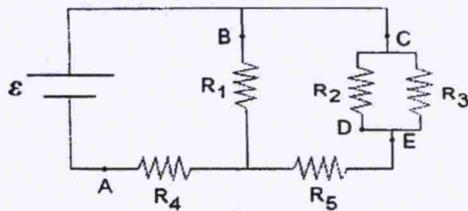
**287. UCPEL.** No circuito esquematizado abaixo, a diferença de potencial entre os terminais B e C é:





- A) 220 V
- B) 22,0 V
- C) 30,0 V
- D) 120 V
- E) 60,0 V

**Instrução :** As questões de números **288** e **289** referem-se ao circuito elétrico representado na figura abaixo, no qual todos os resistores têm a mesma resistência elétrica  $R$ .



**288. UFRGS.** Em qual dos pontos assinalados na figura a corrente elétrica é mais intensa ?

- A) A
- B) B
- C) C
- D) D
- E) E

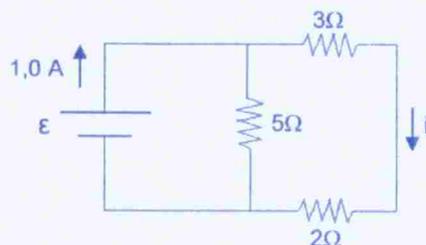


**289. UFRGS.** Qual dos resistores está submetido à maior diferença de potencial ?

- A)  $R_1$
- B)  $R_2$
- C)  $R_3$
- D)  $R_4$
- E)  $R_5$



**290. UFRGS.** No circuito elétrico representado na figura abaixo, a fonte de tensão é uma fonte ideal que está sendo percorrida por uma corrente elétrica contínua de 1,0 A.

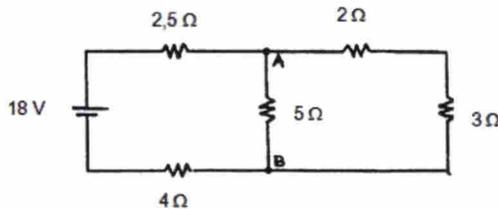


Quanto valem, respectivamente, a força eletromotriz  $E$  da fonte e a corrente elétrica  $i$  indicadas na figura ?



- A) 2,0 V e 0,2 A
- B) 2,0 V e 0,5 A
- C) 2,5 V e 0,3 A
- D) 2,5 V e 0,5 A
- E) 10,0 V e 0,2 A

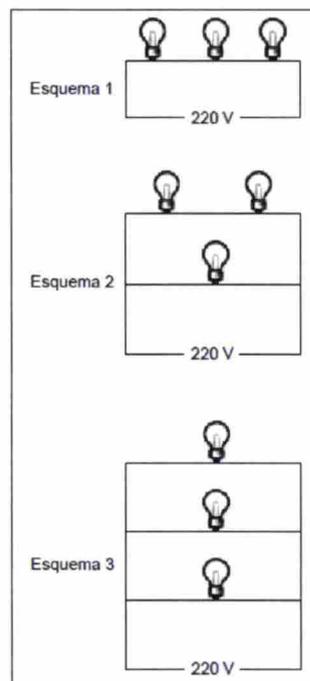
**291. UFRGS.** Para o circuito elétrico da figura abaixo, qual o valor da diferença de potencial entre os pontos A e B ?



- A) 3,0 V
- B) 3,5 V
- C) 4,5 V
- D) 5,0 V
- E) 6,5 V

**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão **292**, considerar as informações a seguir.

Um eletricista tem uma tarefa para resolver: precisa instalar três lâmpadas, cujas especificações são 60W e 110V, em uma residência onde a tensão é 220V. A figura abaixo representa os três esquemas considerados por ele.



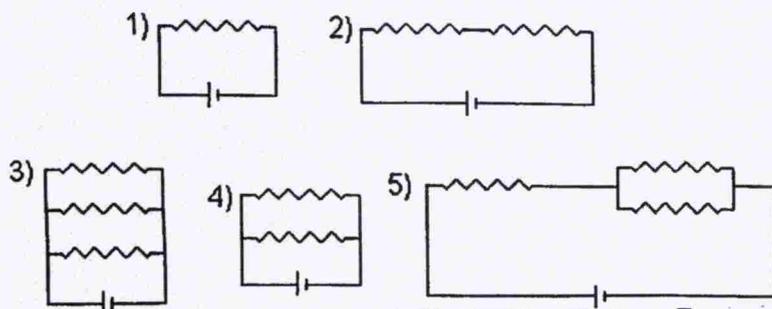
**292. PUCRS.** Analisando os elementos da figura, é correto concluir que, no esquema

- A) 1, todas as lâmpadas queimarão.
- B) 2, duas lâmpadas queimarão, e a outra terá seu brilho diminuído.
- C) 3, todas as lâmpadas terão seu brilho diminuído.
- D) 1, só uma das lâmpadas queimará, e as outras não acenderão.
- E) 2, duas lâmpadas exibirão brilho normal.





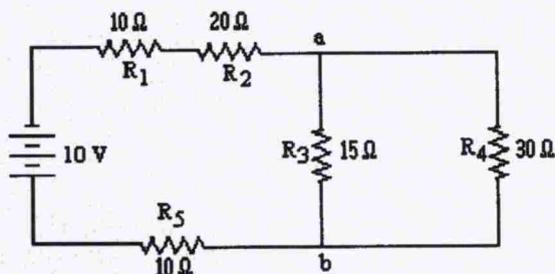
**293. PUCRS.** Um estudante recebeu três fios iguais de níquelcromo e uma bateria, com os quais montou sucessivamente os circuitos conforme o esquema abaixo.



O circuito no qual a bateria produziu a menor corrente foi o de número

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

**Instrução :** Responda as questões 294 e 295 com base no circuito abaixo.



**294. UFRGS.** Qual a diferença de potencial entre a e b?

- A) 2 V
- B) 3 V
- C) 4 V
- D) 6 V
- E) 10 V



**295. UFRGS.** Em que resistor ocorre a menor dissipação de energia por unidade de tempo?

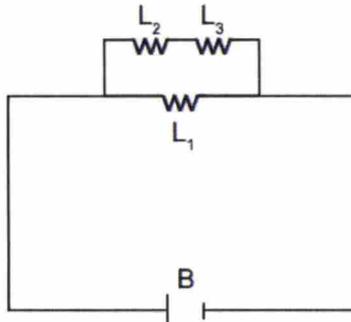
- A)  $R_1$
- B)  $R_2$
- C)  $R_3$
- D)  $R_4$
- E)  $R_5$





**296. PUCRS. INSTRUÇÃO:** Para responder à questão, considere o texto e a figura abaixo.

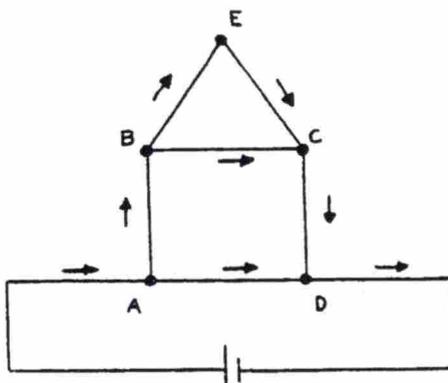
No circuito abaixo, estão representadas três lâmpadas idênticas,  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ , associadas por fios condutores ideais a uma bateria ideal B. Cada uma das lâmpadas dissipa, respectivamente, uma potência  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ .



Sobre a potência elétrica dissipada pelas lâmpadas, é correto afirmar que:

- A)  $P_1 = P_2 = P_3$
- B)  $P_1 < P_2 < P_3$
- C)  $P_1 > P_2 = P_3$
- D)  $P_1 < P_2 = P_3$
- E)  $P_1 > P_2 > P_3$

**297. UFRGS.** Os pontos A, B, C, D e E da figura abaixo estão ligados por fios condutores metálicos de igual comprimento e espessura, feitos do mesmo material, constituindo, cada um, uma resistência não desprezível.

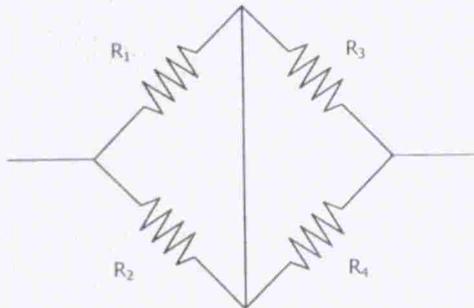


O circuito principal é percorrido por uma corrente contínua  $i$ . Nesta situação, a corrente elétrica

- A) no fio AB é maior do que aquela em CD.
- B) no fio BE é o dobro daquela em BC.
- C) que entra no nó B é menor do que aquela que sai do nó D.
- D) no fio AD é menor do que aquela em AB.
- E) que entra no nó B é maior do que aquela que sai do nó C.

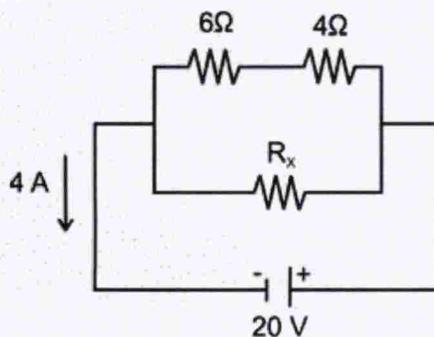


**298. UFRGS.** Observe o circuito esquematizado na figura ao lado. Se o ramo que contém a resistência  $R_4$  fosse retirado, a resistência equivalente seria



- A)  $R_1 + R_2 + R_3$
- B)  $\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)^{-1} + R_3$
- C)  $\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1}$
- D)  $\left(\frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3}\right)^{-1}$
- E)  $\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3}\right)^{-1}$

**299. UFRGS.** Considere o circuito abaixo. No circuito, por onde passa uma corrente elétrica de 4.A, três resistores estão conectados a uma fonte ideal de força eletromotriz de 20 V.



Os valores da resistência total deste circuito e da resistência  $R_x$  são, respectivamente,

- A)  $0,8 \Omega$  e  $2,6 \Omega$
- B)  $0,8 \Omega$  e  $4,0 \Omega$
- C)  $5,0 \Omega$  e  $5,0 \Omega$
- D)  $5,0 \Omega$  e  $10,0 \Omega$
- E)  $10,0 \Omega$  e  $4,0 \Omega$



**300. ENEM.** Um estudante, precisando instalar um computador, um monitor e uma lâmpada em seu quarto verificou que precisaria fazer a instalação de duas tomadas e um interruptor na rede elétrica. Decidiu esboçar com antecedência o esquema elétrico.

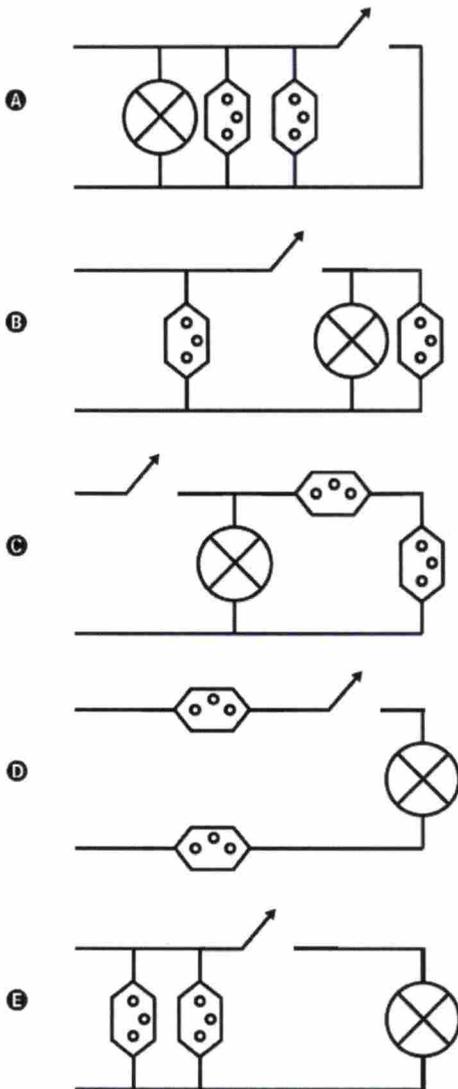


“O circuito deve ser tal que as tomadas e a lâmpada devem estar submetidas à tensão nominal da rede elétrica e a lâmpada deve poder ser ligada ou desligada por um interruptor sem afetar os outros dispositivos” – pensou.

Símbolos adotados:

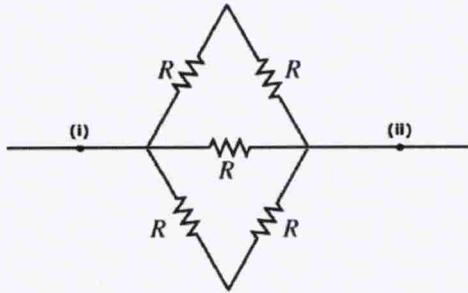
Lâmpada:  Tomada:  Interruptor: 

Qual dos circuitos esboçados atende às exigências?





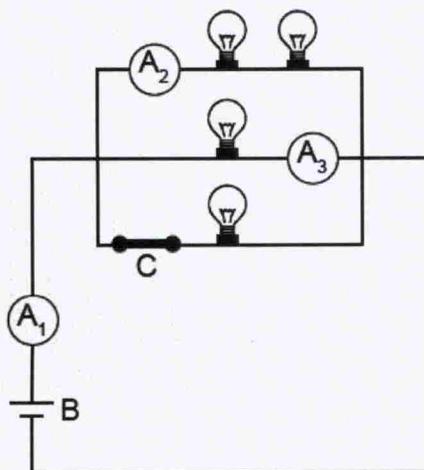
**301. UFRGS.** A diferença de potencial entre os pontos (i) e (ii) do circuito abaixo é  $V$ .



Considerando que todos os cinco resistores têm resistência elétrica  $R$ , a potência total por eles dissipada é

- A)  $2V^2/R$ .
- B)  $V^2/(2R)$ .
- C)  $V^2/(5R)$ .
- D)  $4V^2/R^2$ .
- E)  $V^2/(4R^2)$ .

**302. PUCRS.** Na figura abaixo, estão representadas quatro lâmpadas idênticas associadas por fios condutores ideais a uma bateria ideal  $B$ . Uma chave interruptora  $C$  e três amperímetros ideais também fazem parte do circuito. Na figura, a chave interruptora está inicialmente fechada, e os amperímetros  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  medem intensidades de correntes elétricas, respectivamente, iguais a  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ .

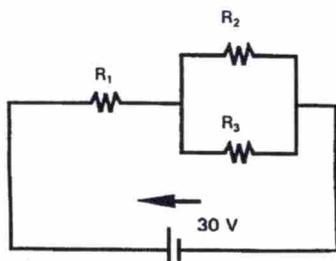


Quando a chave interruptora  $C$  é aberta, as leituras indicadas por  $A_1$ ,  $A_2$  e  $A_3$  passam a ser, respectivamente,

- A) menor que  $i_1$ , menor que  $i_2$  e igual a  $i_3$ .
- B) menor que  $i_1$ , igual a  $i_2$  e igual a  $i_3$ .
- C) igual a  $i_1$ , maior que  $i_2$  e maior que  $i_3$ .
- D) igual a  $i_1$ , igual a  $i_2$  e menor que  $i_3$ .
- E) maior que  $i_1$ , maior que  $i_2$  e maior que  $i_3$ .



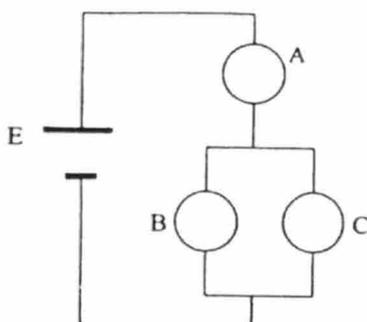
**303. UFRGS.** No circuito representado na figura abaixo, a fonte tem força eletromotriz de 30 V e resistência interna desprezível. Os resistores têm resistências  $R_1 = 20\Omega$  e  $R_2 = R_3 = 60\Omega$ .



A intensidade da corrente elétrica no resistor 2 e a potência dissipada no resistor 1 valem, respectivamente,

- A) 0,3 A e 5,4 W.
- B) 0,5 A e 45 W.
- C) 0,3 A e 7,2 W.
- D) 0,3 A e 3,6 W.
- E) 0,5 A e 90 W.

**304.** A figura mostra três lâmpadas idênticas A, B e C, e uma bateria de força eletromotriz E, de resistência interna desprezível. Admita-se que a resistência das lâmpadas seja constante. A respeito do circuito são feitas as afirmações :



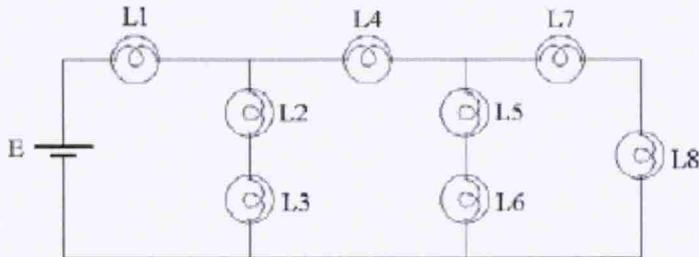
- I – A diferença de potencial a que estão submetidas as lâmpadas B e C é maior que a diferença de potencial da lâmpada A.
- II – A corrente que percorre a lâmpada C é igual a da lâmpada B, mas menor que a da lâmpada A.
- III – As três lâmpadas dissipam a mesma potência.

Quais estão corretas ?

- A) Apenas II.
- B) Apenas III.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas I e III.
- E) I, II e III.



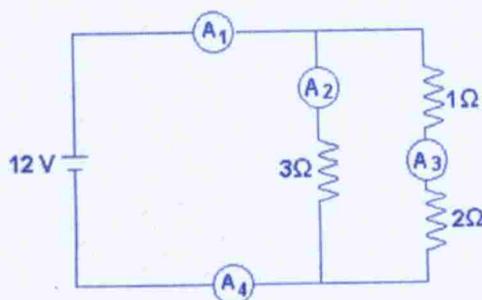
**305. ENEM.** Considere a seguinte situação hipotética: ao preparar o palco para a apresentação de uma peça de teatro, o iluminador deveria colocar três atores sob luzes que tinham igual brilho e os demais, sob luzes de menor brilho. O iluminador determinou, então, aos técnicos, que instalassem no palco oito lâmpadas incandescentes com a mesma especificação ( $L_1$  a  $L_8$ ), interligadas em um circuito com uma bateria, conforme mostra a figura.



Nessa situação, quais são as três lâmpadas que acendem com o mesmo brilho por apresentarem igual valor de corrente fluindo nelas, sob as quais devem se posicionar os três atores?

- A)  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ .
- B)  $L_2$ ,  $L_3$  e  $L_4$ .
- C)  $L_2$ ,  $L_5$  e  $L_7$ .
- D)  $L_4$ ,  $L_5$  e  $L_6$ .
- E)  $L_4$ ,  $L_7$  e  $L_8$ .

**306. UFRGS.** No circuito elétrico abaixo, os amperímetros  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  e  $A_4$ , a fonte de tensão e os resistores são todos ideais.

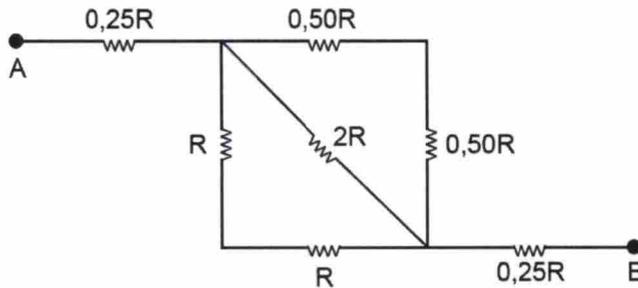


Nessas condições, pode-se afirmar que.

- A)  $A_1$  e  $A_2$  registram correntes de mesma intensidade.
- B)  $A_1$  e  $A_4$  registram correntes de mesma intensidade.
- C) a corrente em  $A_1$  é mais intensa do que a corrente em  $A_4$ .
- D) a corrente em  $A_2$  é mais intensa do que a corrente em  $A_3$ .
- E) a corrente em  $A_3$  é mais intensa do que a corrente em  $A_4$ .



**307. PUCRS.** A figura apresenta parte de um circuito elétrico composto por resistores em uma associação mista.



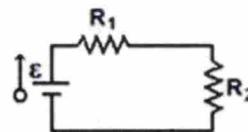
O resultado da resistência equivalente entre os pontos A e B é

- A)  $0,25 R$
- B)  $0,50 R$
- C)  $0,75 R$
- D)  $1,00 R$

**308. UFRGS.** Voltímetros e amperímetros são os instrumentos mais usuais para medições elétricas. Evidentemente, para a obtenção de medidas corretas, esses instrumentos devem ser conectados de maneira adequada. Além disso, podem ser danificados se forem conectados de forma incorreta ao circuito. Suponha que se deseja medir a diferença de potencial a que está submetido o resistor  $R_2$  do circuito abaixo, bem como a corrente elétrica que o percorre.



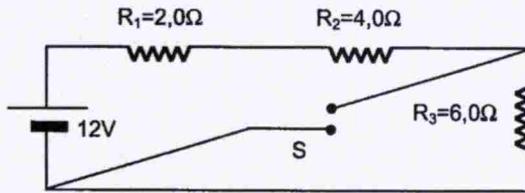
Assinale a figura que representa a correta conexão do voltímetro (V) e do amperímetro (A) ao circuito para a realização das medidas desejadas.



- (A)
- (B)
- (C)
- (D)
- (E)



**INSTRUÇÃO :** Responder à questão 309 com base na figura a seguir, que representa um circuito elétrico com gerador de corrente contínua.

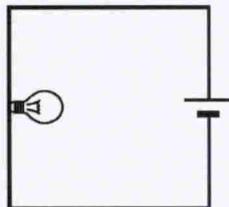


**309. PUCRS.** As diferenças de potencial elétrico, em volts, em cada um dos resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$  com a chave S aberta, e depois fechada, serão, respectivamente, de

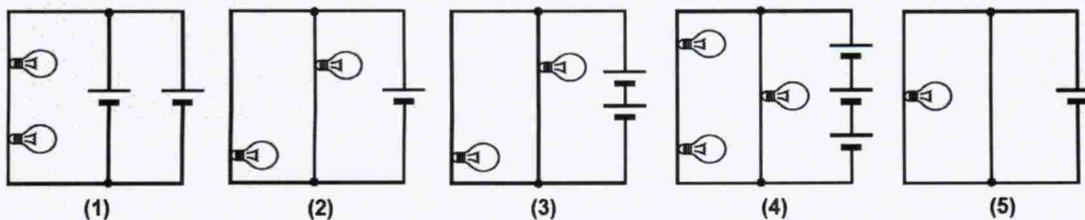
- A) 2,0; 4,0; 6,0 e 2,0; 4,0; zero
- B) 2,0; 4,0; 6,0 e 4,0; 8,0; zero
- C) 2,0; 4,0; 6,0 e 6,0; 4,0; 2,0
- D) 6,0; 4,0; 2,0 e 4,0; 6,0; 2,0
- E) 6,0; 4,0; 2,0 e 8,0; 4,0; zero



**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão 310, observe o diagrama do circuito de referência abaixo e, a seguir, os diagramas numerados de 1 a 5, considerando que todos contêm lâmpadas incandescentes idênticas e fontes de tensão também idênticas.



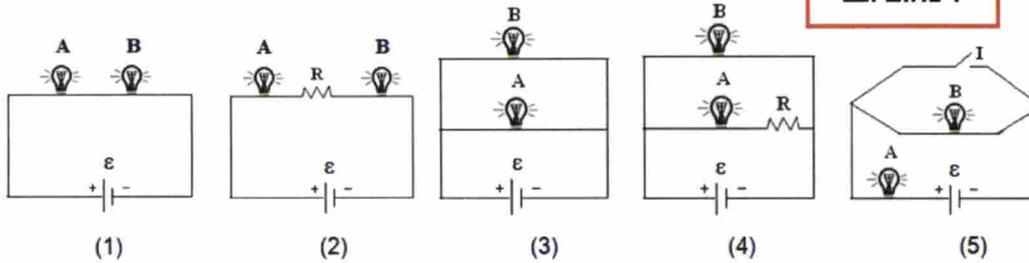
**310. PUCRS.** Nesse contexto, conclui-se que a(s) lâmpada(s) do circuito \_\_\_\_\_ brilhará/brilharão com intensidade idêntica à do circuito de referência.



- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5



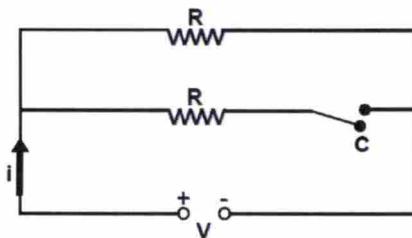
**311. UFSC.** Nos circuitos abaixo, A e B são duas lâmpadas cujos filamentos têm resistências iguais; R é a resistência de outro dispositivo elétrico;  $\varepsilon$  é uma bateria de resistência elétrica desprezível; e I é um interruptor aberto.



Sabendo-se que o brilho das lâmpadas cresce quando a intensidade da corrente elétrica aumenta, é CORRETO afirmar que:

- 01. no circuito 1, a lâmpada A brilha mais do que a B.
- 02. no circuito 2, as lâmpadas A e B têm o mesmo brilho.
- 04. no circuito 3, uma das lâmpadas brilha mais do que a outra.
- 08. no circuito 4, a lâmpada B brilha mais do que a A.
- 16. no circuito 5, se o interruptor I for fechado, aumenta o brilho da lâmpada B.

**312. PUCRS.** No circuito representado a seguir, a diferença de potencial V é mantida constante, as resistências R são iguais e a chave C encontra-se inicialmente desligada.



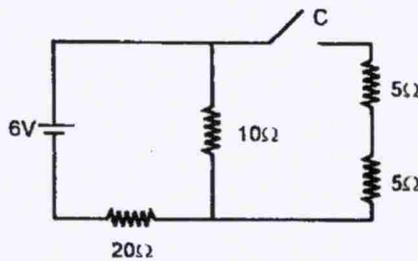
Ligando a chave C, os valores da resistência equivalente, intensidade de corrente  $i$  e potência elétrica total dissipada nos resistores em relação aos valores iniciais, com a chave C aberta, ficam, respectivamente,

- A) o dobro, a metade, igual.
- B) a metade, o dobro, o dobro.
- C) a metade, o dobro, igual.
- D) o dobro, o dobro, a metade.
- E) o dobro, a metade, a metade.



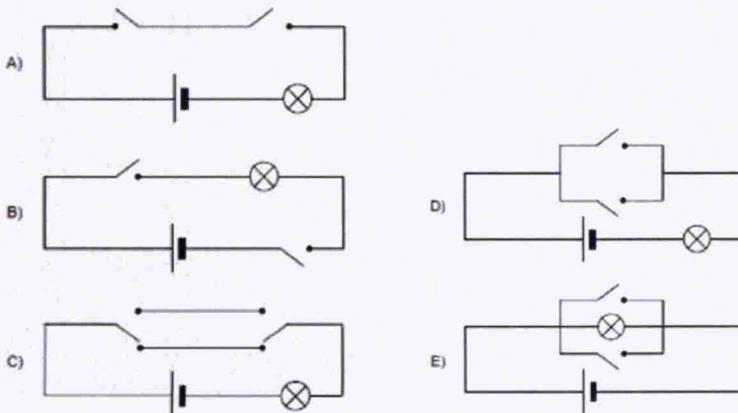
**313. UFRGS.** Considere o circuito elétrico representado na figura a seguir. Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas na afirmativa seguinte.

Com a chave C aberta, a corrente elétrica que passa pela resistência de  $20\ \Omega$  é de.....; com a chave C fechada, a corrente elétrica que passa pela resistência de  $20\ \Omega$  é de .....



- A) 300 mA; 300 mA
- B) 200 mA; 200 mA
- C) 200 mA; 240 mA
- D) 900 mA; 780 mA
- E) 200 mA; 150 mA

**314. PUCRS.** Um circuito elétrico muito comum em residências é o de um interruptor popularmente conhecido como “chave-hotel”. Este tipo de interruptor é utilizado com o objetivo de ligar e desligar uma mesma lâmpada por meio de interruptores diferentes, A e B, normalmente instalados distantes um do outro, como, por exemplo, no pé e no topo de uma escada ou nas extremidades de um corredor longo. Qual das alternativas a seguir corresponde ao circuito “chave-hotel”?

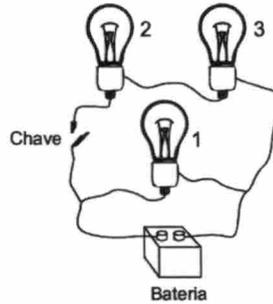


**315. ENEM.** Um eletricista projeta um circuito com três lâmpadas incandescentes idênticas, conectadas conforme a figura. Deseja-se que uma delas fique sempre acesa, por isso é ligada diretamente aos polos da bateria, entre os quais se mantém uma tensão constante. As outras duas lâmpadas são conectadas em um fio separado, que contém uma chave. Com a chave aberta (desligada), a bateria fornece uma potência X.



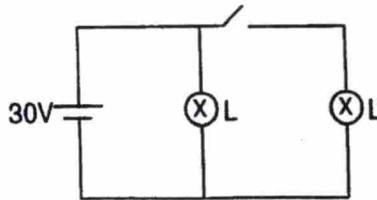


Assumindo que as lâmpadas obedecem à Lei de Ohm, com a chave fechada, a potência fornecida pela bateria, em função de  $X$ , é:



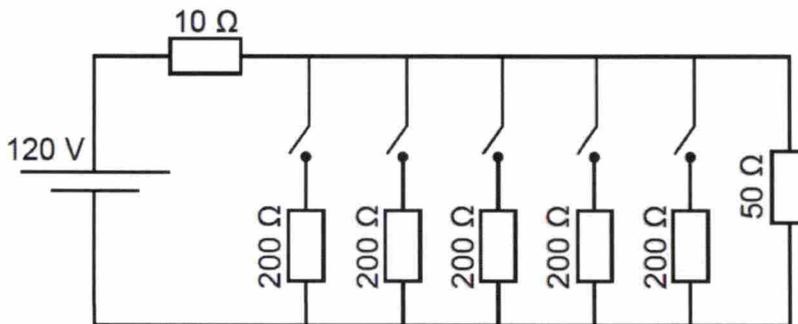
- A)  $2X/3$ .
- B)  $X$ .
- C)  $3X/2$ .
- D)  $2X$ .
- E)  $-3X$ .

**316. PUCRS.** O circuito abaixo representa um gerador de resistência interna desprezível, de força eletromotriz 30 V, duas lâmpadas  $L$  iguais e um interruptor aberto. Quando o interruptor é fechado, pode-se afirmar que o valor



- A) da corrente que passa pelo gerador não se altera.
- B) da corrente que passa pelo gerador dobra.
- C) da corrente que passa pelo gerador reduz-se à metade.
- D) da tensão aplicada em cada lâmpada passa a ser de 15 V.
- E) da tensão aplicada em cada lâmpada passa a ser de 60 V.

**317. ENEM.** Uma casa tem um cabo elétrico mal dimensionado, de resistência igual a  $10 \Omega$ , que a conecta à rede elétrica de 120 V. Nessa casa, cinco lâmpadas, de resistência igual a  $200 \Omega$ , estão conectadas ao mesmo circuito que uma televisão de resistência igual a  $50 \Omega$ , conforme ilustrado no esquema. A televisão funciona apenas com tensão entre 90 V e 130 V.



O número máximo de lâmpadas que podem ser ligadas sem que a televisão pare de funcionar é:



- A) 1.
- B) 2.
- C) 3.
- D) 4.
- E) 5.

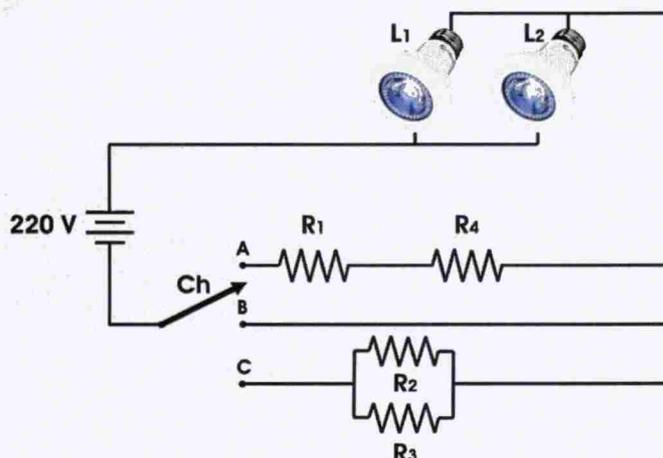
**318. ULBRA.** Duas lâmpadas iguais A e B, cujas especificações do fabricante são 120 V – 60 W, estão associadas em paralelo e ligadas a uma fonte de tensão de 120 V. Ao ligar uma outra lâmpada igual C, em série com a associação inicial, e mantendo a fonte de tensão, tem-se para essa nova associação:



- A) Um aumento da corrente elétrica na lâmpada A.
- B) Um aumento da corrente elétrica na lâmpada B.
- C) Uma diminuição da corrente elétrica em A maior que em B.
- D) Uma diminuição da corrente elétrica em B maior que em A.
- E) Uma diminuição da corrente elétrica idêntica em A e em B.

**319. UFSC.** Um professor de Física propôs um desafio para seus alunos em uma aula prática de eletricidade.

A situação era: um médico queria colocar duas lâmpadas (foco cirúrgico) sobre uma mesa para realizar um procedimento de emergência. Um eletricista se propôs a elaborar e instalar o circuito que iria contar com duas luminárias ( $L_1$  e  $L_2$ ) de  $110 \Omega$ , três resistores ( $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ ) de  $110 \Omega$ , um resistor ( $R_4$ ) de  $55 \Omega$  e uma chave com três posições (A, B e C).



O que os alunos deveriam fazer: elaborar um circuito elétrico, como se fossem o eletricista, com todos esses elementos elétricos, de tal forma que as lâmpadas tivessem três intensidades de iluminação.

Tiago, um dos alunos, criou o circuito acima e fez algumas afirmações. Com base no exposto e na figura acima, é correto afirmar que:



01. quando a chave (Ch) estiver na posição C, a corrente que atravessa uma das luminárias será de 2 A.

02. as luminárias terão seu maior brilho quando a chave (Ch) estiver na posição B.

04. quando a chave (Ch) estiver na posição A, a diferença de potencial sobre as luminárias e sobre  $R_1$  será a mesma.

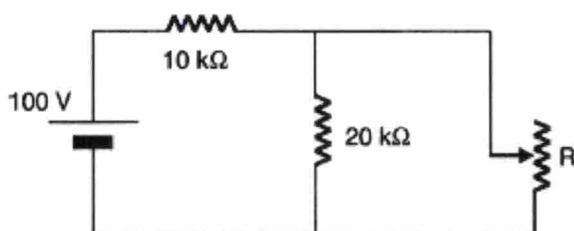
08. a luminária  $L_1$  está desenvolvendo a mesma potência, independentemente da posição da chave (Ch).

16. em 1 hora de uso, cada luminária gastará 0,44 kWh quando a chave (Ch) estiver na posição C.

32. a resistência equivalente do circuito, quando a chave (Ch) estiver na posição A, será de  $220 \Omega$ .

64. quando a chave (Ch) estiver na posição B, a potência de cada luminária será quatro vezes maior do que quando a chave (Ch) estiver na posição C.

**INSTRUÇÃO :** Responder à questão 320 a partir da análise do circuito abaixo, em que R representa a resistência elétrica de um reostato que pode ser regulada para assumir valores entre 0 e um valor máximo de  $20 \text{ k}\Omega$ .



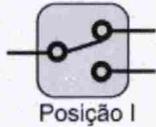
**320. PUCRS.** Considerando uma variação da resistência R entre os seus limites, as intensidades máxima e mínima da corrente elétrica que passa no resistor de  $10 \text{ k}\Omega$  são, respectivamente,

- A) 8,0 mA e 2,0 mA
- B) 8,0 mA e 4,0 mA
- C) 8,0 mA e 5,0 mA
- D) 10 mA e 2,5 mA
- E) 10 mA e 5,0 mA

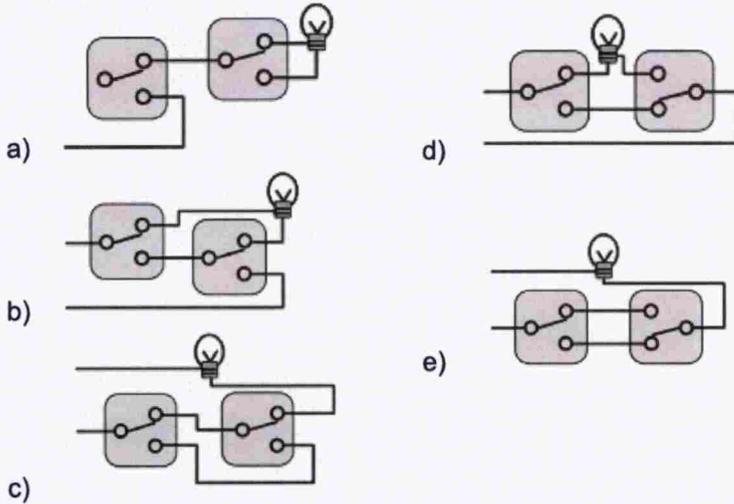


**321. ENEM.** Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma chave de duas posições constituída por um polo e dois terminais, conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor. Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.

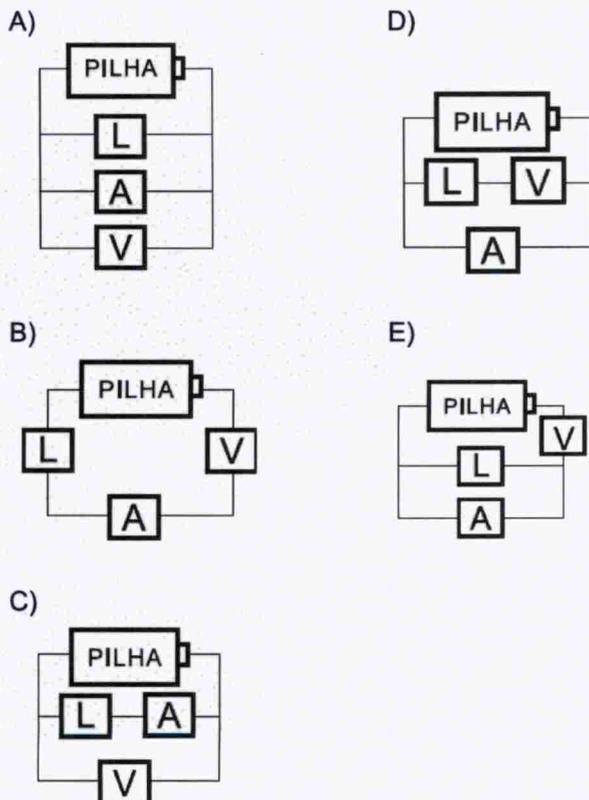




O circuito que cumpre a finalidade de funcionamento descrita no texto é:

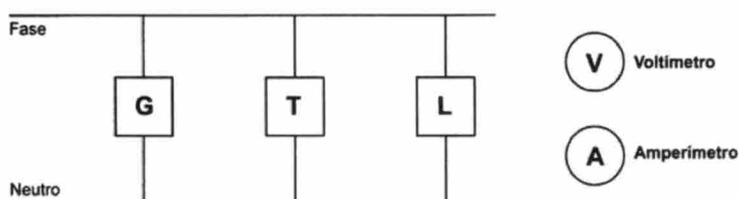


**322. ENEM.** Um electricista precisa medir a resistência elétrica de uma lâmpada. Ele dispõe de uma pilha, de uma lâmpada (L), de alguns fios e de dois aparelhos: um voltímetro (V1), para medir a diferença de potencial entre dois pontos, e um amperímetro (A), para medir a corrente elétrica. O circuito elétrico montado pelo electricista para medir essa resistência é

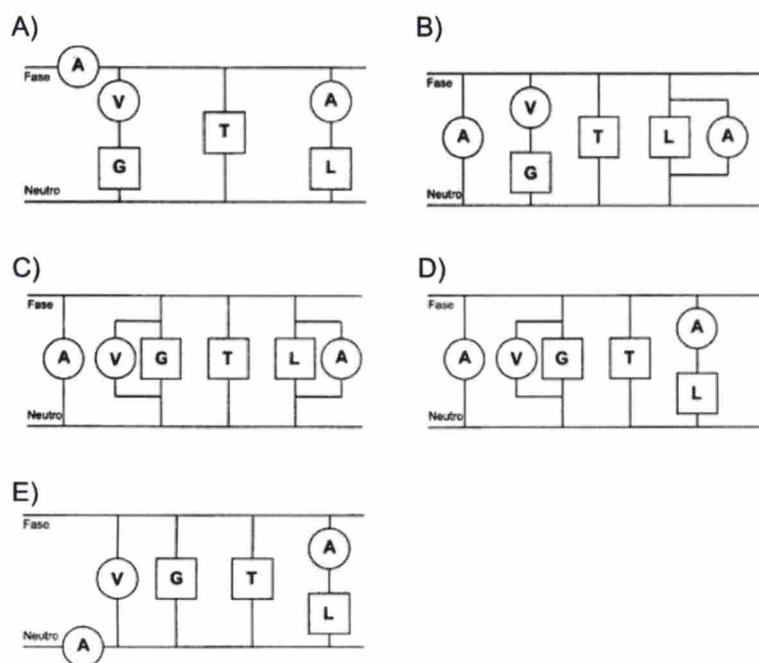




**323. ENEM.** Um eletricitista analisa o diagrama de uma instalação elétrica residencial para planejar medições de tensão e corrente em uma cozinha. Nesse ambiente existem uma geladeira (G), uma tomada (T) e uma lâmpada (L), conforme a figura. o eletricitista deseja medir a tensão elétrica aplicada à geladeira, a corrente total e a corrente na lâmpada. para isto, ele dispõe de um voltímetro (V) e de dois amperímetros (A).



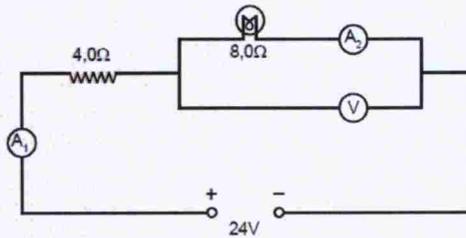
Para realizar essas medidas, o esquema da ligação desses instrumentos está representado em:



**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão **324**, considere o texto e a figura para analisar as afirmativas apresentadas na sequência.

**324. PUCRS.** No circuito elétrico mostrado na figura a seguir, um resistor de  $4,0W$  e uma lâmpada, cuja resistência elétrica é  $8,0W$ , estão ligados a uma fonte de  $24V$ . Nesse circuito são conectados dispositivos de medida de corrente elétrica, os amperímetros A1 e A2, e de diferença de potencial elétrico, o voltímetro V. Assuma-se que os amperímetros e o voltímetro podem ser considerados ideais, ou seja, que seu efeito no circuito pode ser desprezado na forma como estão ligados.





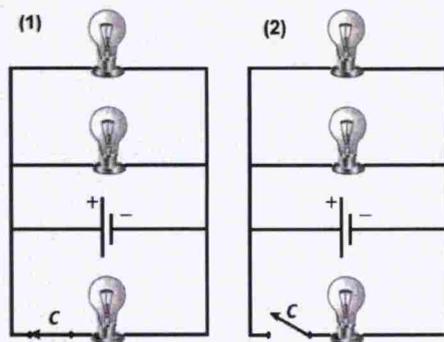
A partir da análise do circuito, afirma-se que:

- I. As leituras dos amperímetros A1 e A2 são, respectivamente, 2,0A e 2,0A.
- II. A leitura do voltímetro V é 24V.
- III. As potências dissipadas no resistor e na lâmpada são, respectivamente, 16W e 32W.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

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

**325 UFRGS.** Considere o circuito formado por três lâmpadas idênticas ligadas em paralelo à bateria, conforme representa a figura (1).



Como a chave C foi aberta na figura (2), considere as informações abaixo sobre a figura (2), em comparação à situação descrita na figura (1).

- I) A potência fornecida pela bateria é a mesma.
  - II) A diferença de potencial aplicada a cada lâmpada acesa é a mesma.
  - III) As correntes elétricas que percorrem as lâmpadas acesas são menores.
- A) Apenas II.
  - B) Apenas III.
  - C) Apenas I e II.
  - D) Apenas II e III.
  - E) I, II e III.



# Aula 22

## Geradores

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.245 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura – P.252

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.246 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 326, 329, 333, 334, 335, 336, 337 e 340

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.248 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.248 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 4 se necessário
Analisar os Desafio – P.251
Fazer as questões 327, 328, 330, 331, 332, 338 e 339



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.



▪ **Parte 1**

**Definição**

**Geradores - Definição**

Elemento que produz energia elétrica mediante transformação de outra forma de energia.

São dispositivos capazes de criar e manter uma d.d.p. entre dois pontos de um circuito. São dispositivos que fornecem energia elétrica às cargas.

Ex. : pilha de rádio, bateria de automóvel, ...



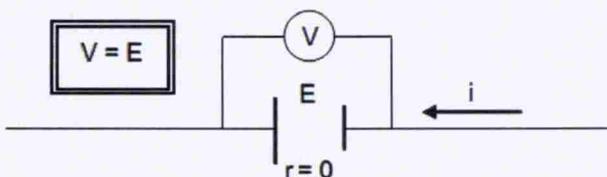
**Força eletromotriz - fem ( E ou  $\epsilon$  ) :**

É a tensão total produzida por um gerador. Unidade : [S.I.] volt (V)



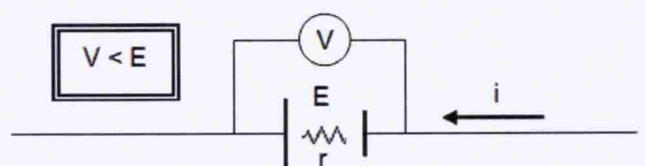
**Geradores ideais :**

Possuem resistência interna desprezível ( $r \approx 0$ ). Dessa forma, independentemente da corrente elétrica que o atravessa, a DDP ( V ) estabelecida em seus extremos é a própria FEM ( E ).



**Geradores reais :**

Possuem resistência interna apreciável. Quando atravessados por corrente elétrica de intensidade i, ocorre em seu interior uma queda de tensão, de tal forma que a DDP em seus extremos seja inferior a FEM ( E ).



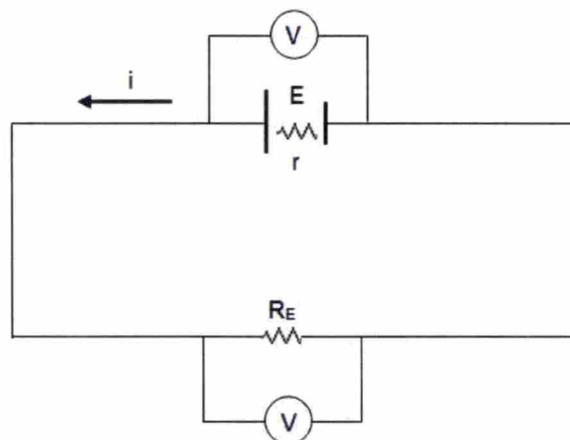


## Equações

A **intensidade da corrente** de um circuito com gerador real pode ser obtida de duas formas bem lógicas, ambas relacionando **tensão** e **resistência elétrica**, como feito até esse momento. Se você tiver a disposição a **tensão total do gerador (força eletromotriz)**, deve utilizar a **resistência total do circuito** (soma da resistência equivalente ligada no gerador com a resistência desse).

Caso tenha a disposição a **tensão** aplicada no circuito, basta dividir pela **resistência equivalente** ligada no gerador.

$$i = \frac{E}{R_E + r} = \frac{V}{R_E}$$



Para determinarmos a **tensão (d.d.p. ou voltagem)** aplicada no circuito ligado ao gerador real temos, também, duas opções bem diretas. Se conhecermos os valores, podemos utilizar o procedimento padrão de multiplicar a **resistência equivalente** ligada no gerador pela **intensidade da corrente total** do circuito. Caso contrário, utilizamos a equação do gerador, que subtrai da **tensão total produzida pelo gerador (força eletromotriz)** a **queda de tensão interna** devido a sua resistência interna ( $r \cdot i$ ).

$$V = R_E \cdot i = E - r \cdot i$$

## MODELAGEM

### ENEM

Em algumas residências, cercas eletrificadas são utilizadas com o objetivo de afastar possíveis invasores. Uma cerca eletrificada funciona com uma diferença de potencial elétrico de aproximadamente 10 000 V. Para que não seja letal, a corrente que pode ser transmitida através de uma pessoa não deve ser maior do que 0,01 A. Já a resistência elétrica corporal entre as mãos e os pés de uma pessoa é da ordem de 1000 Ω.

Para que a corrente não seja letal a uma pessoa que toca a cerca eletrificada, o gerador de tensão deve possuir uma resistência interna que, em relação à do corpo humano, é

- A) praticamente nula.
- B) aproximadamente igual.
- C) milhares de vezes maior.
- D) da ordem de 10 vezes maior.
- E) da ordem de 10 vezes menor.

$$i = E / (r + R)$$

$$0,01 = 10000 / (r + 1000)$$

$$r = 999000 \Omega \text{ (milhares de vezes maior do que } R)$$

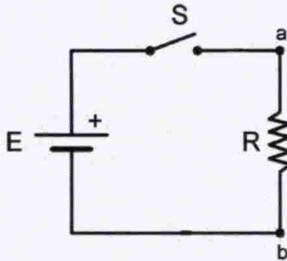
**Resposta: C**



## Observações

### 1) Circuito aberto

Quando a corrente que atravessa um gerador real é nula, a DDP em seus polos é igual a fem.

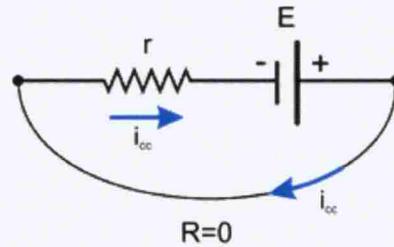


$$i = 0$$

$$V = E$$

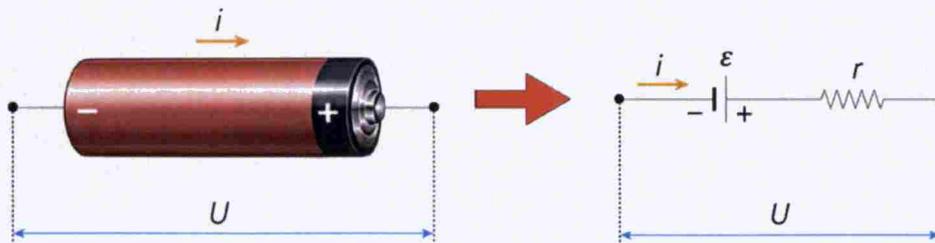
### 2) Curto - Circuito

Ao ligarmos os polos de um gerador com um fio de resistência desprezível obtemos a máxima corrente possível de atravessar o gerador, denominada corrente de curto-circuito ( $i_{cc}$ ). A queda de tensão no interior do gerador é máxima e igual a fem. A DDP nos polos é nula.

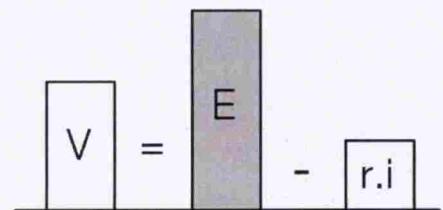


$$i = i_{CC} = \frac{\mathcal{E}}{r} \Rightarrow V = 0$$

### 3) Situações



$$V = E - r \cdot i \left\{ \begin{array}{l} i = 0 \rightarrow V = E \\ i \neq 0 \rightarrow V = E - r \cdot i = R_E \cdot i < E \\ i = i_{CC} = \text{máxima} \rightarrow V = 0 \\ i < i_{CC} \end{array} \right.$$



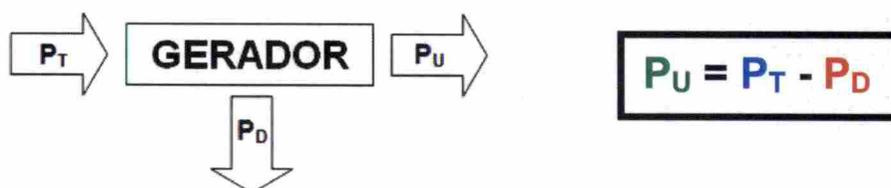


▪ **Parte 3**

**Rendimento**

**Rendimento de um gerador**

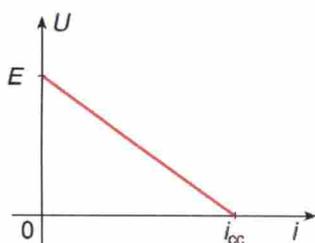
<b>Potência Gerada (total)</b>	Rapidez com que a energia não-elétrica é transformada em energia elétrica.	$P_T = E \cdot i$
<b>Potência útil</b>	Rapidez com que a energia elétrica útil que o gerador fornece é transformada em outras modalidades de energia.	$P_U = V \cdot i$
<b>Potência dissipada</b>	Rapidez com que, no interior do gerador, a energia elétrica é transformada em energia térmica.	$P_D = r \cdot i^2$



O rendimento elétrico de um gerador ( $\eta$ ) é a relação entre a potência útil e a potência total gerada.

$$\eta = \frac{P_u}{P_t} = \frac{V}{E}$$

**Curva do gerador** - Curva definida pela função  $V = E - r \cdot i$

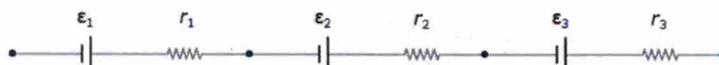


▪ **Parte 4**

**Associação**

**Associação de geradores**

l) Associação de geradores em série.



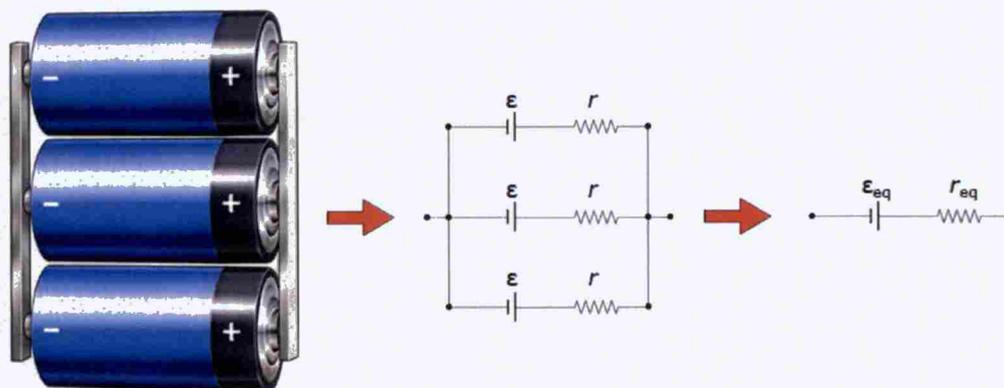


- Os geradores são associados de forma que o polo positivo de um se ligue diretamente ao polo negativo do outro.
- A corrente que atravessa todos os geradores é a mesma.
- A FEM da associação é a soma das FEM dos componentes da série.
- A resistência interna da associação é igual à soma das resistências dos elementos da associação.

Exemplo :

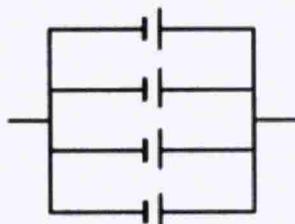


## II) Associação de geradores em paralelo.



- Os geradores são associados de forma que os polos positivos fiquem ligados a um único ponto e os polos negativos a um outro.
- A corrente se subdivide entre os geradores, isso aumenta a duração da bateria.
- A FEM da associação é a própria FEM de um dos elementos da associação. ←
- O inverso da resistência interna da associação é igual à soma dos inversos das resistências de cada elemento da associação.
- Não se deve associar em paralelo geradores de forças eletromotrizes diferentes.

Exemplo :

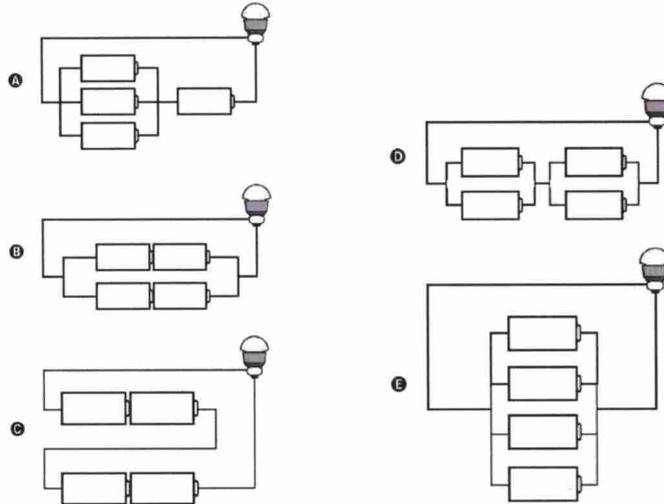




## MODELAGEM

### ENEM

Em um laboratório, são apresentados aos alunos uma lâmpada, com especificações técnicas de 6 V e 12 W, e um conjunto de 4 pilhas de 1,5 V cada. Qual associação de geradores faz com que a lâmpada produza maior brilho?



O maior brilho que a lâmpada pode produzir sem risco de queimar é aquele da potência nominal, ou seja, 12 W quando aplicado 6 V nela.

- A)  $1,5 + 1,5 = 3 \text{ V}$
- B) 3V
- C)  $1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 = 6 \text{ V}$
- D)  $1,5 + 1,5 = 3 \text{ V}$
- E) 1,5 V

**Resposta: C**

## MODELAGEM

### ACAFE

Há muito tempo as empresas utilizam os conhecimentos físicos para criar novos brinquedos infantis. Agora é hora da Flat Ball, um brinquedo com desenho de bola de futebol que desliza sobre o piso com a ajuda da força do ar ejetado de sua base. Para proteger os móveis da casa, sua lateral é envolta em borracha. Utiliza quatro pilhas, cada uma com 1,5V de tensão nos seus terminais e resistência elétrica interna  $r$ , ligadas em série, para que o motor que libera o ar funcione.

Considerando o exposto acima, assinale a alternativa **correta** que completa as lacunas das frases a seguir.

A associação de pilhas fornece ao motor do brinquedo uma tensão de \_\_\_\_\_ e a resistência elétrica da associação de pilhas é de \_\_\_\_\_. Com o ar ejetado na base do brinquedo a peso do brinquedo \_\_\_\_\_.

- A) 6,0V -  $r$  - diminui.
- B) 6,0V -  $4r$  - não se altera
- C) 1,5V -  $r/4$  - aumenta.
- D) 1,5V -  $r$  - não se altera.

Na ligação em série dos geradores a tensão total é de 6 V ( $1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5$ ). Já a resistência da associação é de  $4r$  ( $r+r+r+r$ ).

O peso do brinquedo não se altera, uma vez que a massa do mesmo não sofre alteração.

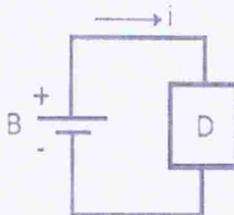
**Resposta: B**



## DESAFIO

UFRGS

A figura representa um dispositivo eletrônico D conectado a uma bateria “recarregável” B, que o põe em funcionamento.  $i$  é a corrente elétrica que aciona D.



A respeito desse sistema, considere as seguintes afirmações.

- I – As cargas elétricas de  $i$  são consumidas ao atravessarem D.
- II – O processo de “recarga” não coloca cargas em B.
- III – Toda a carga elétrica que atravessa D origina-se em B.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

- I – Falsa. Ocorre consumo de energia.
- II – Verdadeira. Ocorre armazenamento de energia.
- III – Falso. Os elétrons livres que se movimentam pelo circuito existem no gerador, nos fios condutores e nos componentes condutores do dispositivo por onde circula a corrente.

**Resposta: B**



## ANOTAÇÕES

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



## LEITURA

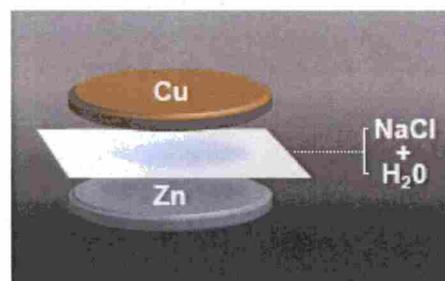
### O que são e como funcionam as pilhas

#### HISTÓRIA DAS PILHAS

Tempos atrás, a energia usada era considerada algo mágico, fenomenal e impossível de controlar. Hoje em dia, é difícil de imaginar a vida sem energia, seja em casa ou em seu dispositivo favorito enquanto você se locomove. Mas quando e como foi que a energia se transformou em algo portátil e na pilha que conhecemos hoje?

#### A PRIMEIRA PILHA ELÉTRICA

O termo "bateria" foi utilizado pela primeira vez por Benjamin Franklin, mas foi Alessandro Volta (um físico italiano) quem em 1800 inventou a primeira bateria elétrica, conhecida como "pilha voltaica". Baseando-se na investigação do científico Luigi Galvani, Volta pôde criar um circuito elétrico utilizando pilhas de discos de cobre e zinco separados por um pano umedecido em uma solução salina. O interessante é que toda essa investigação começou devido à uma reação observada durante uma dissecação de rãs.



#### A CÉLULA DE DANIELL E A CÉLULA DE ZINCO-CARVÃO DE LECLANCHÉ

Melhorando a tecnologia do descobrimento inicial de Volta, em 1836 John Frederic Daniell desenvolveu algo conhecido com a "célula de Daniell". Esta célula foi a primeira a utilizar alguns dos elementos da pilha comum utilizada hoje em dia. Na década de 1860, George Leclanché de França desenvolveu o que seria a antecessora da primeira pilha utilizada no mundo inteiro: a célula de zinco-carvão. Ainda que a célula de Leclanché fosse resistente e econômica, na década de 1880, foi substituída por uma versão melhorada: a "pilha seca", que é basicamente a célula de zinco-carvão que segue sendo utilizada hoje, em muitas partes do mundo.

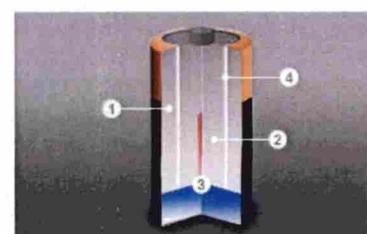
#### A PILHA ALCALINA

A tecnologia da pilha alcalina se desenvolveu na década de 1950. Ao usar um eletrólito alcalino e outros ingredientes ativos, a célula alcalina obteve importantes benefícios de rendimento em comparação às pilhas de zinco-carvão. A pilha alcalina possui uma energia mais densa, vida útil mais longa e muitos outros benefícios em comparação às pilhas comuns de zinco-carvão. A maioria das pilhas Duracell de tamanho regular, nas quais temos trabalhado durante mais de 30 anos para incansáveis melhorias, são alcalinas.



#### CONSTRUÇÃO DAS PILHAS

As pilhas comuns de uso doméstico (como as alcalinas Duracell) são formadas por quatro componentes principais: 1. Anodo: Eletrodo negativo de "combustível" que contém os elétrons armazenados que alimentam seus dispositivos. 2. Cátodo: Eletrodo positivo que aceita os elétrons do circuito externo, permitindo-os circular. 3. Eletrólito: Um condutor que transfere a carga entre o anodo e o cátodo dentro de cada célula. 4. Separador:





Um material que proporciona uma barreira entre o anodo e o catodo para evitar que ambos se toquem entre si, permitindo ao mesmo tempo a livre circulação da carga.

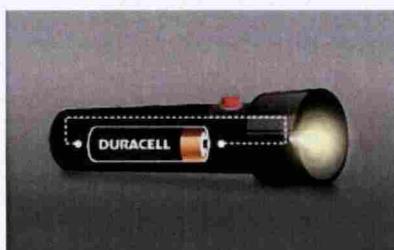
### TIPOS DE PILHA

Atualmente, se utilizam muitos tipos de pilha diferentes, mas a maioria utiliza os mesmos componentes acima citados. As pilhas de íon de lítio geralmente alimentam dispositivos como seu telefone móvel ou seu computador portátil. As pilhas de célula cilíndrica, que podem ser compostas por distintos ingredientes ou químicas, são mais comumente utilizadas em controles remotos, brinquedos e muitos outros dispositivos. Os dois tipos de pilha de célula cilíndrica mais comuns são: zinco-carvão e alcalinas.



### COMO FUNCIONA UMA PILHA

Desde os controles remotos até seus dispositivos portáteis mais sofisticados, é muito provável que a maioria deles funcione graças à energia proporcionada de uma pilha. Mas o que é exatamente uma pilha e como ela pode produzir tanta energia de longa duração? Em sua forma mais simples, uma pilha é um dispositivo que converte energia química em eletricidade. Quando se conecta a qualquer um de seus aparelhos favoritos que funcionam graças à energia proporcionada por uma pilha, esta última completa o circuito e sua energia alimenta o aparelho. A maioria das pilhas comuns de uso doméstico são compostas de dois terminais: - Positivo (+): Formado por algo chamado cátodo - Negativo (-): Formado por algo chamado anodo Quando se conecta a um dispositivo, os elétrons fluem do terminal negativo ao positivo, e se produz uma corrente. Assim a energia armazenada na pilha se utiliza para alimentar seu dispositivo.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**326. PUCRS.** Fabricam-se três tipos de pilhas de uso comum pequenas, médias e grandes. Todas tem a mesma

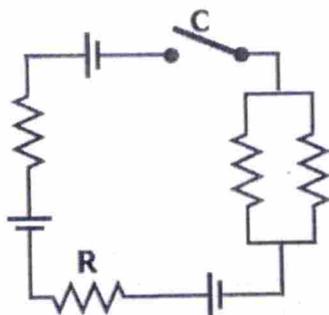
- A) corrente máxima.
- B) potência máxima.
- C) resistência interna.
- D) força eletromotriz.
- E) tensão.



**327. UFRGS.** No circuito da figura abaixo, todas as fontes de tensão são ideais e de 10 V, e todos os resistores são de 4 Ω.

Quando a chave C for fechada, a potência, em W, dissipada no resistor R, será de

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5



**328. PUCRS.** Quatro pilhas de 1,5 volts de força eletromotriz cada uma são associadas conforme é mostrado no esquema.



A diferença de potencial entre os terminais A e B, em volts, vale

- A) ZERO
- B) 1,5
- C) 3,0
- D) 4,5
- E) 6,0

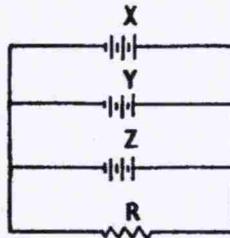


329. PUCRS. A fem de um gerador é determinada, medindo-se

- A) a diferença de potencial entre os terminais do gerador.
- B) a diferença de potencial entre os terminais do gerador em curto-circuito.
- C) a diferença de potencial entre os terminais do gerador quando a corrente é zero.
- D) a queda de potencial sobre a resistência interna do gerador.
- E) a queda de potencial sobre a resistência externa ao gerador.



330. UFRGS. No circuito da figura, a diferença de potencial entre os terminais de cada uma das baterias ( X, Y e Z ) é de 12V.



Sendo a resistência do resistor R igual a  $360 \Omega$ . Qual a potência nele dissipada ?

- A) 0,4 W
- B) 1,0 W
- C) 1,8 W
- D) 3,6 W
- E) 36 W

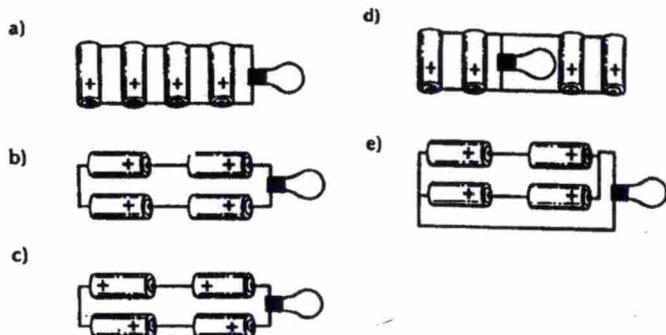
331. As figuras ilustram pilhas ideais associadas em série (1º arranjo) e em paralelo (2º arranjo). Supondo as pilhas idênticas, assinale a alternativa correta :



- A) Ambos os arranjos fornecem a mesma tensão.
- B) primeiro arranjo fornece uma tensão maior que o segundo.
- C) Se ligarmos um voltímetro nos terminais do segundo arranjo ele indicará uma diferença de potencial nula.
- D) Ambos os arranjos, quando ligados a um mesmo resistor, fornecem a mesma corrente.
- E) Se ligarmos um voltímetro nos terminais do primeiro arranjo ele indicará uma diferença de potencial nula.



332. Com 4 pilhas ideais de 1,5 V, uma lâmpada de 6 V e fios de ligação, podem-se montar os circuitos esquematizados abaixo. Em qual deles a lâmpada brilhará mais intensamente ?



333. UFRGS. Um gerador possui uma força eletromotriz de 10 V. Quando os terminais do gerador estão conectados por um condutor com resistência desprezível, a intensidade da corrente elétrica no resistor é de 2 A. Com base nestas informações, analise as seguintes afirmativas.



I - Quando uma lâmpada for ligada aos terminais do gerador, a intensidade da corrente elétrica será de 2 A.

II - A resistência interna do gerador é  $5\Omega$ .

III - Se os terminais do gerador forem ligados por uma resistência elétrica de  $2\Omega$ , a diferença de potencial elétrico entre eles será menor do que 10V.

Quais afirmativas estão corretas ?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e II.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

334. UFRGS. Um voltímetro indica uma força eletromotriz de 6,0 V quando só ele está ligado aos terminais de uma bateria. Em seguida, um resistor de  $20,0\Omega$  é também ligado aos terminais da bateria e o voltímetro passa a marcar 5,0 V. A resistência interna do voltímetro é muito maior do que a do resistor, podendo-se considerar desprezível o erro de medida devido à presença do voltímetro no circuito. Qual é, em ohms, a resistência interna da bateria?



- A) 0,25
- B) 0,5
- C) 1,0
- D) 2,0
- E) 4,0



**335. UFRGS.** Um gerador possui uma força eletromotriz igual a 20 V. Quando os polos positivo e negativo do gerador estão em curto circuito, a corrente elétrica entre eles tem intensidade igual a 5 A. Com base nestas informações, analise as seguintes afirmações:



I – a corrente elétrica máxima possível em um circuito ligado ao gerador é 5A.

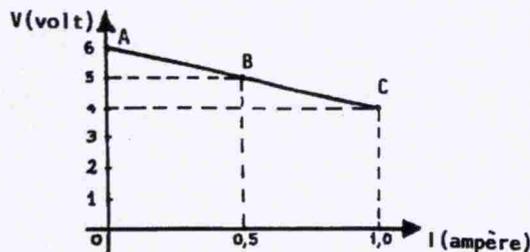
II - a resistência interna do gerador tem 4  $\Omega$ .

III - quando os polos do gerador não estão ligados a um circuito fechado, a diferença de potencial entre eles é de 20 V.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I
- B) Apenas II
- C) Apenas III
- D) Apenas II e III
- E) I, II e III

**336. UFRGS.** Verifica-se que a diferença de potencial  $V$  entre os terminais de uma fonte de corrente contínua depende da intensidade da corrente  $I$ , que circula no circuito, de acordo com o gráfico a seguir.



Pode-se afirmar que a fonte dissipa internamente:

- A) nenhuma energia, pois sua resistência interna é desprezível.
- B) 0,5 watt, nas condições de funcionamento do ponto A.
- C) 1 watt, nas condições de funcionamento do ponto A.
- D) 2 watt, nas condições de funcionamento do ponto B.
- E) 2 watt nas condições de funcionamento do ponto C.

**337. UFRGS.** Uma fonte de tensão cuja força eletromotriz é de 15V tem resistência interna de 5  $\Omega$ . A fonte está ligada em série com uma lâmpada incandescente e com um resistor. Medidas são realizadas e constata-se que a corrente elétrica que atravessa o resistor é de 0,20 A, e que a diferença de potencial na lâmpada é de 4V. Nessa circunstância, as resistências elétricas da lâmpada e do resistor valem, respectivamente,

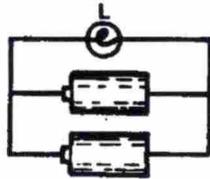


- A) 0,8  $\Omega$  e 50  $\Omega$ .
- B) 20  $\Omega$  e 50  $\Omega$ .
- C) 0,8  $\Omega$  e 55  $\Omega$ .
- D) 20  $\Omega$  e 55  $\Omega$ .
- E) 20  $\Omega$  e 70  $\Omega$ .



**Instrução:** As questões de números 338 e 339 referem-se à seguinte situação :

Duas pilhas idênticas de 1,5 V cada uma e resistência interna desprezível, são ligadas a uma lâmpada de lanterna L, conforme mostra a figura.



**338. UFRGS.** Qual a energia que deve ser fornecida por cada pilha para que uma quantidade de carga elétrica de 100 C passe pela lâmpada?

- A) 75 J
- B) 100 J
- C) 150 J
- D) 200 J
- E) 300 J

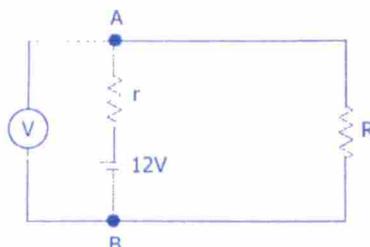


**339. UFRGS.** Quando uma das pilhas é desconectada,

- A) a diferença de potencial entre os extremos da lâmpada diminui.
- B) a potência fornecida pela outra pilha permanece inalterada.
- C) a potência dissipada na lâmpada aumenta.
- D) a corrente elétrica na lâmpada diminui.
- E) a corrente elétrica na lâmpada permanece a mesma.

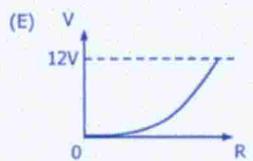
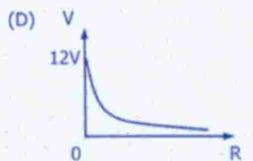
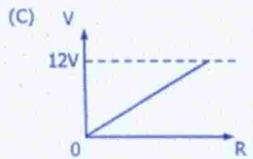
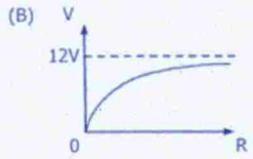
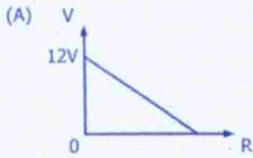


**340. UFRGS.** No circuito elétrico abaixo, a fonte de tensão é uma bateria de força eletromotriz igual a 12V, do tipo que se usa em automóveis. Aos polos, A e B, dessa bateria está conectada uma resistência externa R. No mesmo circuito, r representa a resistência interna da bateria, e V é um voltímetro ideal ligado entre os polos da mesma.



Indique qual dos gráficos abaixo melhor representa a leitura ( V ) do voltímetro, como função do valor ( R ) da resistência externa.







# Aula 23

## Campo Magnético

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.261 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer as questões 354 e 355

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.262 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 350, 351, 352, 353, 356, 357, 359, 360, 361, 362, 364, 365 e 384

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.264 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.272
Fazer as questões 349, 358 e 363

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.267 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.273
Fazer as questões 366, 367, 368, 369, 370, 373, 378, 379, 380 e 385

### PARTE 5

Estudar a Parte 2 – P.269 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer as questões 371, 372, 374, 375, 381, 382 e 383



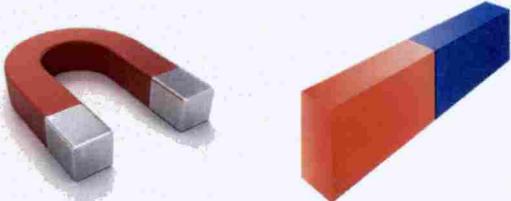
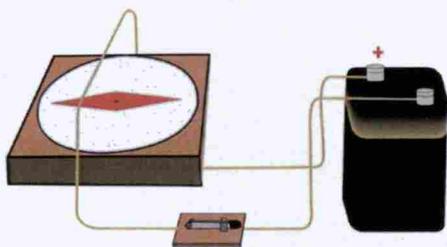
A trilha de aprendizagem acima indica ao aluno o caminho do seu estudo nessa aula. Rever a aula e as anotações inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula, bem como vídeos indicados, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas após esses passos orientamos você a partir para as questões pós-aula.



**Eletromagnetismo** é a parte da Física que relaciona a eletricidade e o magnetismo.

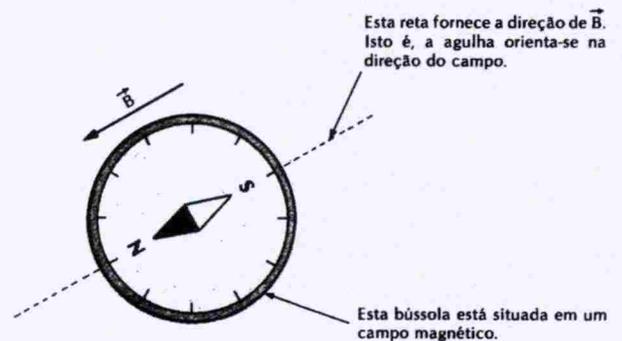
## Campo magnético

É um campo de forças existente em toda região do espaço próxima ao **movimento de carga elétrica**.

Campo Magnético	
Ímã	Corrente Elétrica
	

⇒ A cada ponto dessa região associaremos um vetor  $\vec{B}$ , denominado vetor campo magnético.

⇒ Uma agulha magnética, colocada em um ponto dessa região do espaço, orienta-se na direção do vetor  $\vec{B}$  e o polo norte da agulha indica o sentido de  $\vec{B}$ . A agulha magnética serve como elemento de comprovação da existência de um campo magnético em um ponto. Quando a agulha magnética é colocada no ponto e sofre deflexão está comprovada ali, a existência do campo magnético.





▪ **Parte 2**

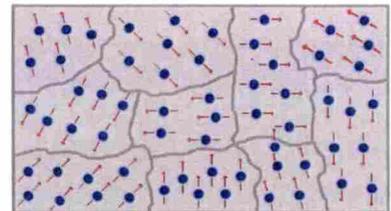
**Ímã**

**Ímã**

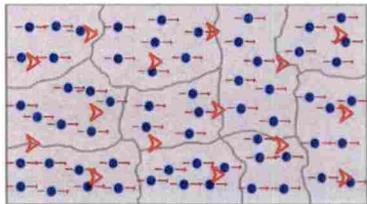
Corpo com propriedade de **atrair ferro, metais do grupo do ferro e algumas ligas especiais** ou **interagir entre si.**



De acordo com a teoria dos domínios magnéticos, **cada átomo de um corpo é um pequeno ímã.** Esses pequenos ímãs recebem o nome de **dipolos magnéticos.** Devido à presença de outros dipolos, cada dipolo fica cercado por um campo magnético e procura alinhar-se com os dipolos vizinhos, formando grupos. Cada um desses grupos forma um **domínio magnético.** Em geral, cada domínio tem seus dipolos orientados numa direção. Assim, se o corpo **não** apresenta propriedades magnéticas exteriores, a soma total dos vetores indução magnética é nula.



■ Material ferromagnético  
 □ Domínio  
 ● Momento magnético



■ Material ferromagnético  
 □ Domínio  
 ● Momento magnético  
 ▷ Campo magnético externo

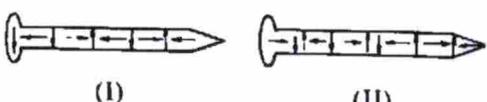
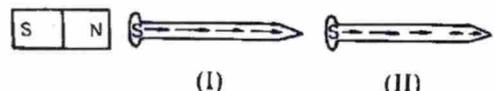
Contudo, se por qualquer processo de magnetização os **domínios de uma substância forem alinhados** num único sentido, a soma dos vetores de todos os domínios produzirá o vetor indução magnética do corpo, que se transformará, assim, num ímã.

**Substâncias magnéticas e não-magnéticas**

Imantar um corpo significa alinhar seus dipolos ou orientar seus domínios. Porém, nem todas as substâncias permitem a orientação de seus dipolos magnéticos. Por esse motivo, as substâncias podem ser classificadas em duas categorias:

- magnéticas** - que permitem essa orientação, como o ferro, o níquel, o aço, o cobalto, ...
- não-magnéticas** - que não permitem a orientação de seus dipolos, como o plástico, o alumínio, etc.

Vamos deixar isso mais claro analisando o quadro a seguir :

Sem a presença do ímã	Na presença do ímã
<p><b>não há atração</b></p>  <p>(I)                      (II)</p> <p>Os dois pregos de ferro não se atraem, pois seus domínios não estão alinhados. Assim seu efeito magnético externo é nulo.</p>	<p><b>há atração</b></p>  <p>(I)                      (II)</p> <p>A presença do ímã orienta os domínios do prego I. Este passa a funcionar como um ímã, atraindo o II, que também orienta seus domínios. Isto mostra que o ferro é uma substância magnética.</p>



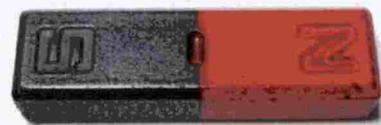
Dependendo do comportamento de seus dipolos magnéticos, as substâncias podem ser ainda divididas em três grupos:

1. Substâncias cujos dipolos se orientam facilmente sob a ação de um campo magnético externo, como o ferro, o cobalto, o níquel e as ligas desses materiais. São chamadas **ferromagnéticas**.
2. Substâncias cujos dipolos se orientam muito fracamente sob a ação de um campo magnético externo. Recebem o nome de **paramagnéticas**. A esta categoria pertence a grande maioria das substâncias. Como exemplos podemos citar o óleo, o potássio, a platina, a madeira, etc.
3. Algumas substâncias apresentam um comportamento diferente: quando submetidas a um campo magnético externo, seus dipolos se orientam em sentido contrário ao do vetor campo externo. Isso faz com que elas sejam repelidas por um ímã. Essas substâncias, muito raras, são chamadas **diamagnéticas**. Exemplo: o bismuto.

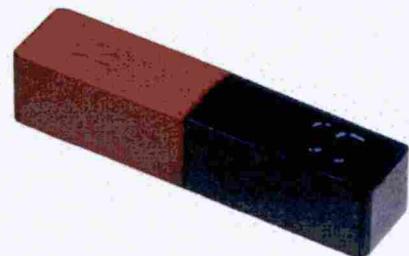
### Observações :

- **ímã natural** : magnetita (óxido de ferro  $Fe_3O_4$ ), mineral muito encontrado na Suécia.
- **ímã artificial** : obtido por processo de imantação.

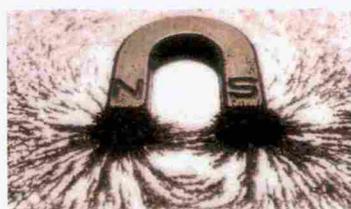
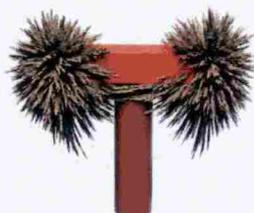
De um modo geral, os ímãs possuem a forma geométrica de um prisma ou adquirem a forma de U. Suas extremidades são pintadas de cores diferentes, para indicar os polos.



### Exemplos de ímã : Barra ímã, ímã em U, agulha magnética (bússola)



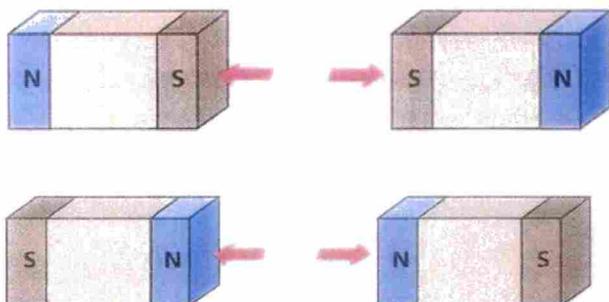
**Polos de um ímã** : Regiões do ímã com atividades magnéticas intensas. Qualquer ímã possui dois polos, convenicionados NORTE e SUL. A limalha de ferro se distribui por todo o ímã, mas se concentra, em maior densidade, nas suas extremidades, indicando a presença dos polos.





**Princípio fundamental do magnetismo** : os ímãs interagem com uma força magnética obedecendo a 3ª lei de Newton, isto é, as forças atrativas ou repulsivas possuem mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos. O mesmo ocorre quando um ímã interage com um material ferromagnético atraindo-o.

Polos de mesmo nome **REPELEM-SE**

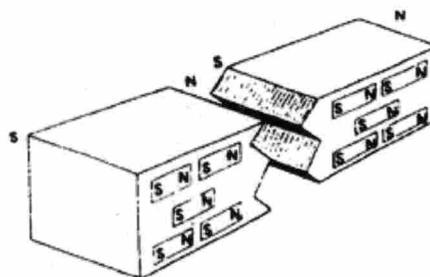
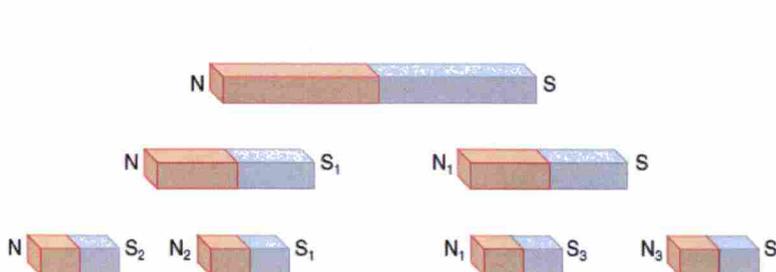


Polos de nomes diferentes **ATRAEM-SE**



**Princípio da inseparabilidade dos polos** :

" os polos de um ímã são inseparáveis "

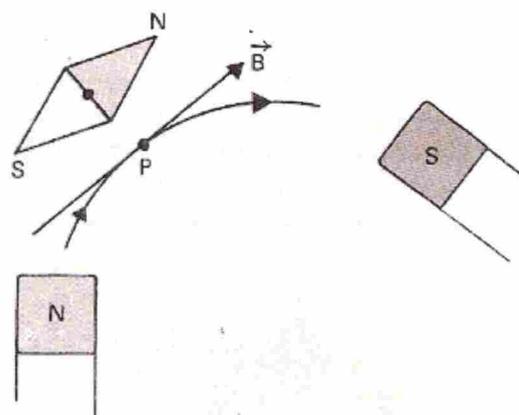


## ▪ Parte 3

## Linhas de Indução

### Linhas de indução

Em um campo magnético, chama-se linha de indução à toda linha que, em cada ponto, é tangente ao vetor campo magnético e orientada no seu sentido. As linhas de indução são uma simples representação gráfica da variação de  $\vec{B}$  numa certa região do espaço. O campo magnético é mais intenso na região onde a densidade de linhas de força é maior.

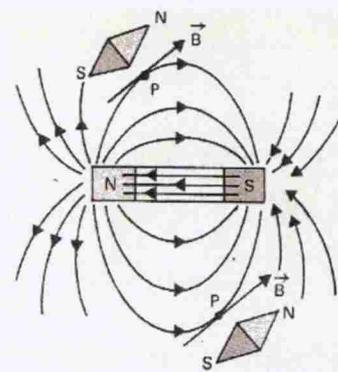
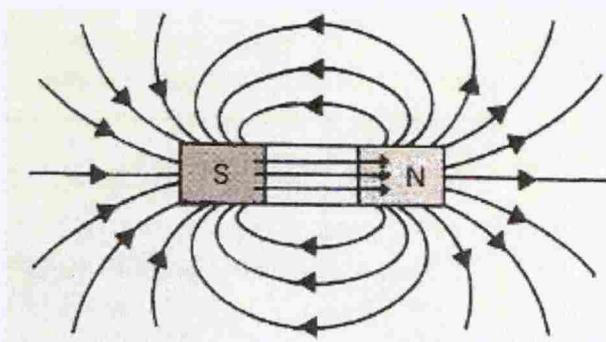
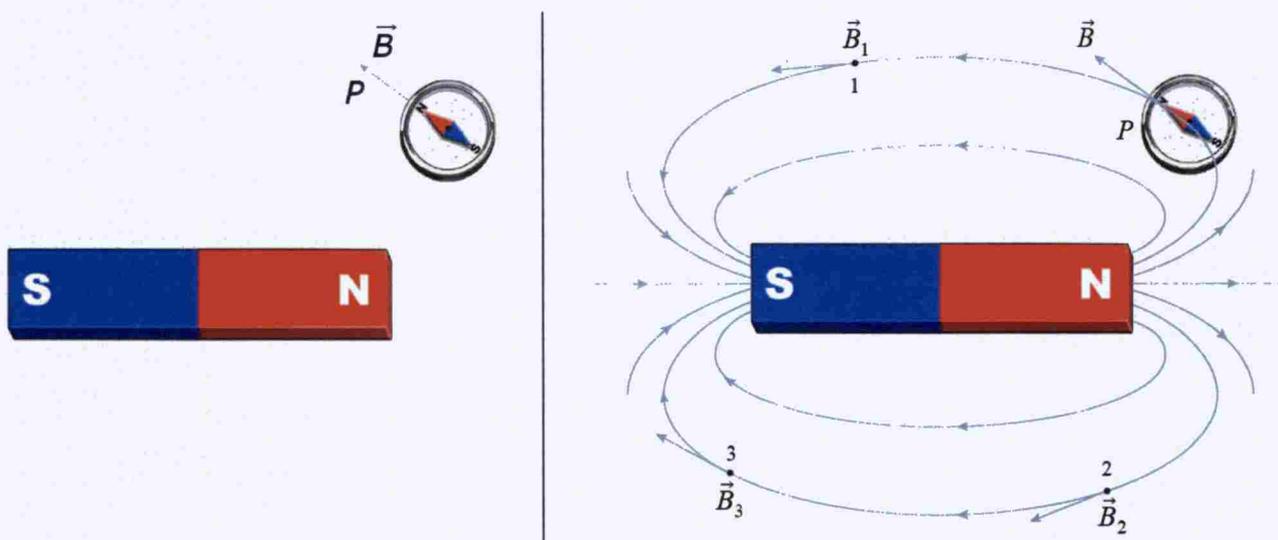




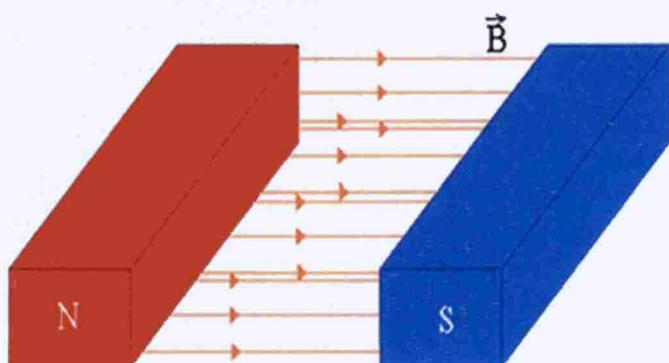
## Campo magnético do ímã

Em um ímã as linhas de indução nascem no polo norte e morrem no polo sul. No interior do ímã as linhas de indução vão do polo sul para o polo norte. Uma agulha magnética se orienta segundo as linhas de indução, na mesma direção e sentido do vetor campo magnético.

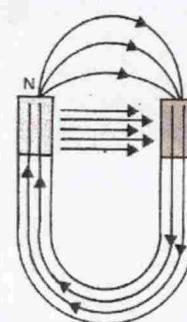
I ) Linhas de indução de um ímã em forma de barra: As linhas de indução de uma barra íma são fechadas. Externamente, "nascem" no polo Norte e "morrem" no polo Sul. Internamente vão do Sul para o Norte. Externamente ao ímã são tangenciadas pelo vetor campo magnético, que oriente a bússola com o Norte no seu sentido..



II ) Linhas de indução de um campo magnético uniforme :

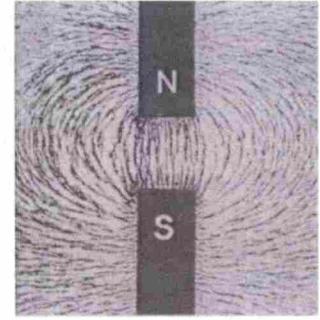
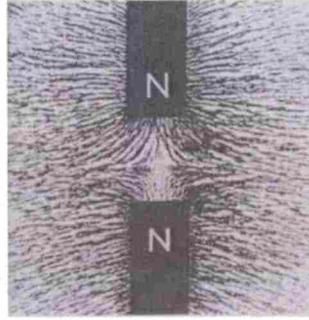
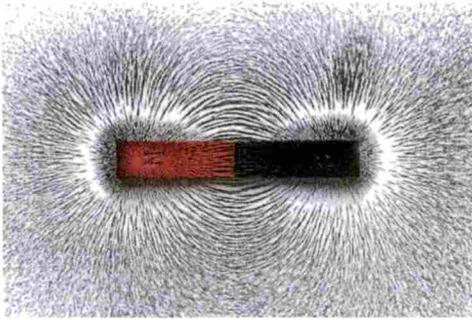


III ) Linhas de indução de um ímã em U :

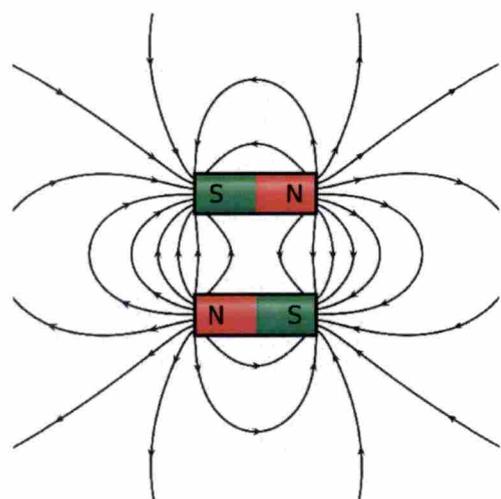
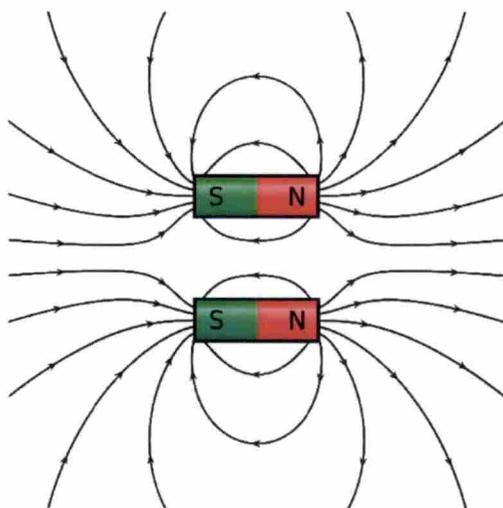
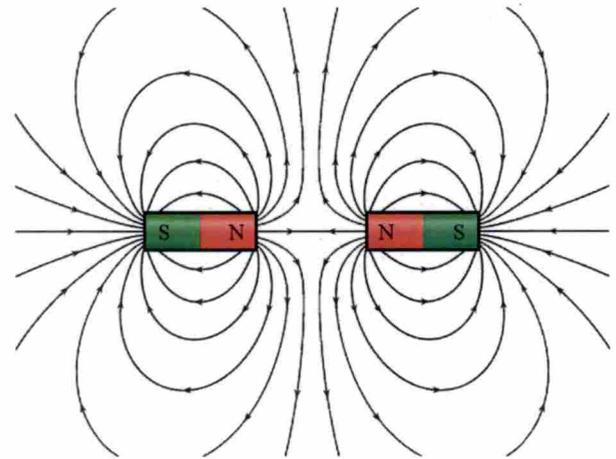
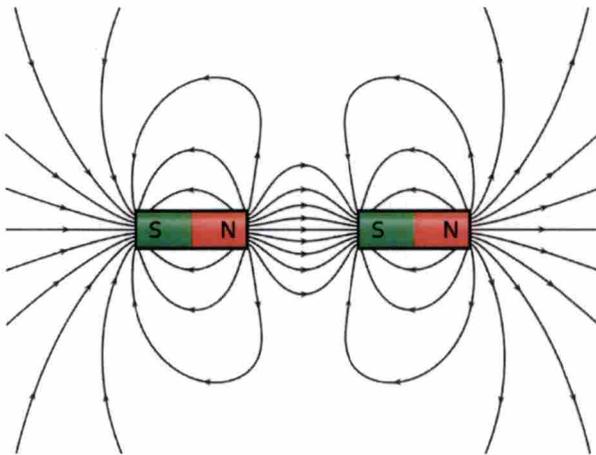




IV) Distribuição de limalha de ferro em regiões onde existe um campo magnético :



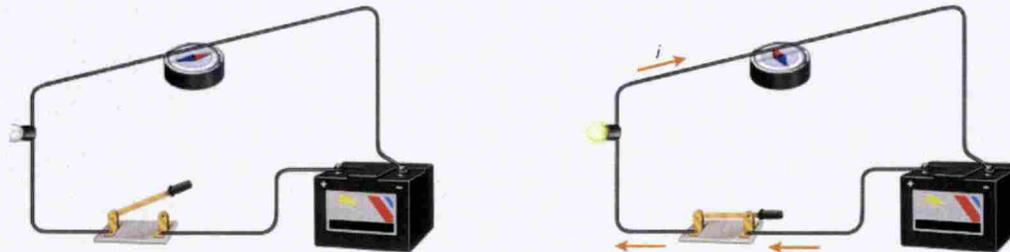
V) Linhas de indução para dois ímãs posicionados próximos.





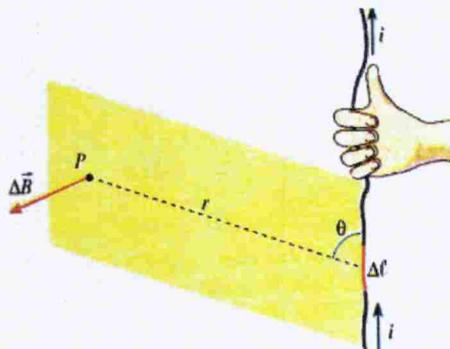
## Campo magnético da corrente elétrica

Um fio percorrido por uma corrente elétrica produz, em torno de si, um campo magnético.



### Lei de Biot-Savart

Um elemento de comprimento  $\Delta L$  de um condutor percorrido por corrente elétrica de intensidade  $i$  origina em um ponto  $P$ , a uma distância  $r$  do elemento  $\Delta L$ , um vetor campo magnético elementar  $\Delta B$  perpendicular ao plano definido por  $P$  e  $\Delta L$ , com sentido dado pela regra da mão direita e com intensidade dada por :



$$\Delta B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cdot \Delta L \cdot \text{sen } \theta}{d^2}$$

Onde  $\mu$  é uma constante chamada permeabilidade magnética, que depende do meio.

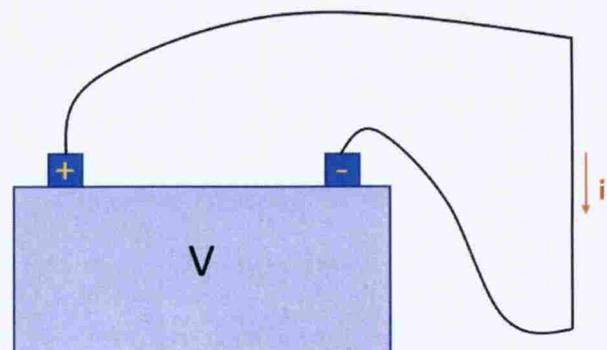
$\mu_0$  é seu valor no vácuo, igual à  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$

### Campo magnético gerado por um condutor retilíneo

Permite a determinação do módulo do vetor campo magnético  $B$  num ponto a uma distância  $r$  de um condutor retilíneo de comprimento infinito, percorrido por uma corrente elétrica contínua de intensidade  $i$ .

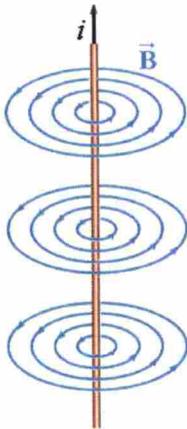
**módulo** : à distância  $r$  do fio a intensidade de  $\vec{B}$  será a mesma em todos os seus pontos e dada por :

$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i}{r} \Rightarrow B \propto i \text{ e } B \propto \frac{1}{r}$$

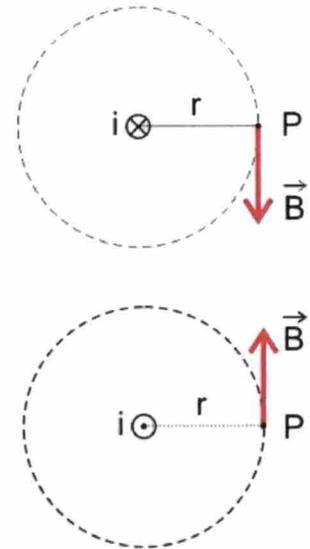
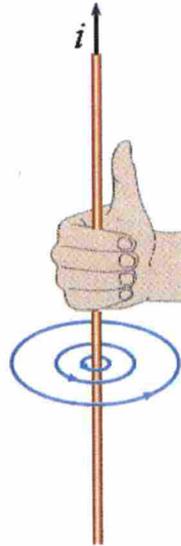




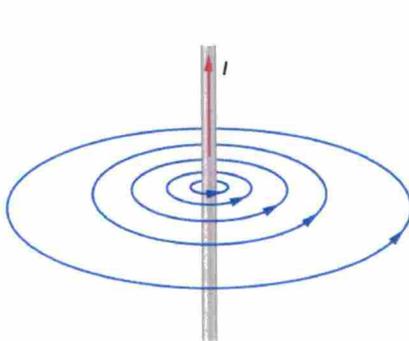
**direção** : tangente à linha de indução que passa pelo ponto P. As linhas de indução desse campo são circunferências concêntricas contidas em planos perpendiculares ao fio, tendo como centro o próprio fio.



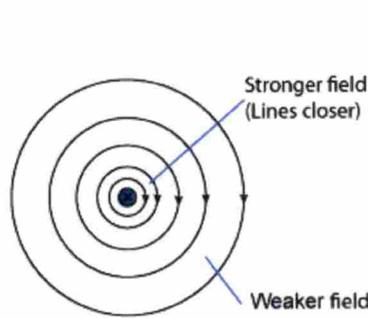
**sentido** : O sentido das linhas de indução pode ser determinado pela regra da mão direita (Regra de Ampère).



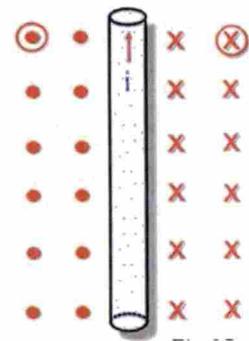
**Obs. 1** : Diferentes vistas do vetor  $\vec{B}$  de um condutor reto – Três vistas do campo magnético originado por um condutor reto e extenso. Nas vistas (b) e (c), utilizamos a convenção de entrada  $\otimes$  e saída  $\odot$  do plano.



vista em perspectiva

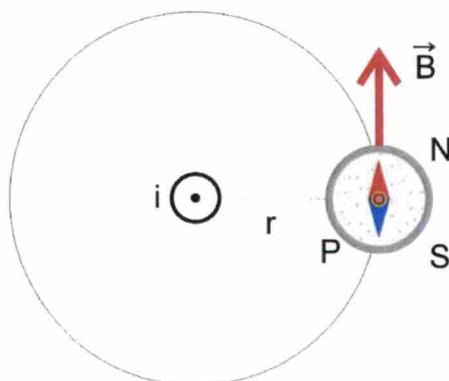


vista superior

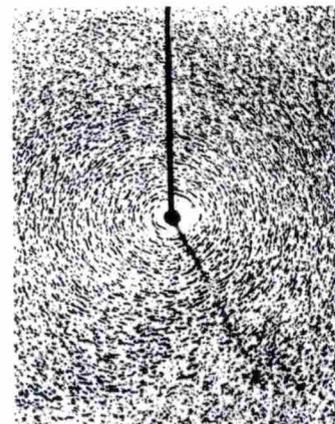


vista lateral

**Obs. 2** : Posicionamento de uma bússola em diversas posições próximas a um condutor reto e perpendicular ao plano.

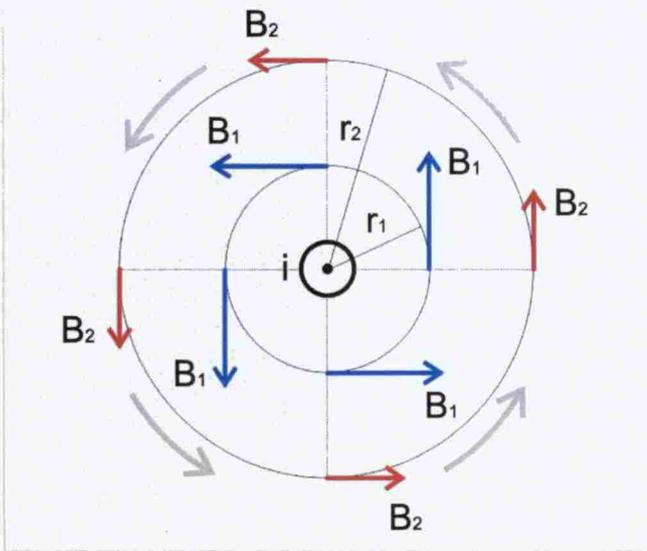


**Obs. 3** : Limalha de ferro imantada sob ação do campo magnético da corrente elétrica no fio.

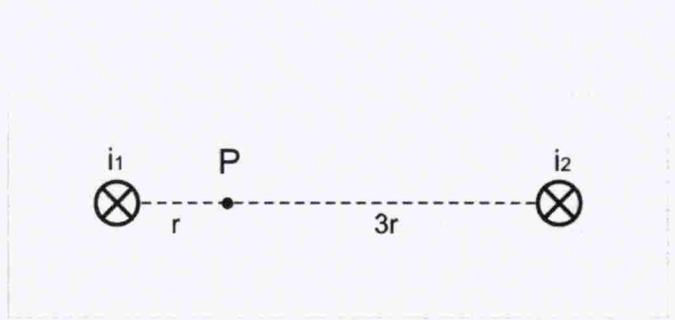




Exemplo 1



Exemplo 2

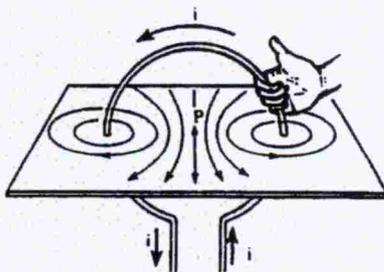


▪ **Parte 5**

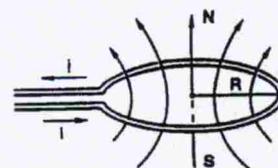
**Espira/Bobina**

**Campo magnético criado por corrente elétrica em uma espira circular :**

Um fio em forma de circunferência é uma espira circular e as linhas de indução furam o plano da espira em ângulo reto, de tal forma que as faces da espira comportem-se como polos de um ímã.

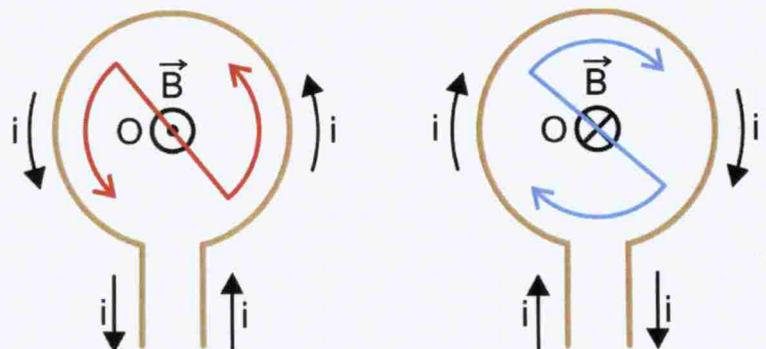


• módulo do vetor indução no centro da espira.



$$B = \mu_0 \frac{i}{2R}$$

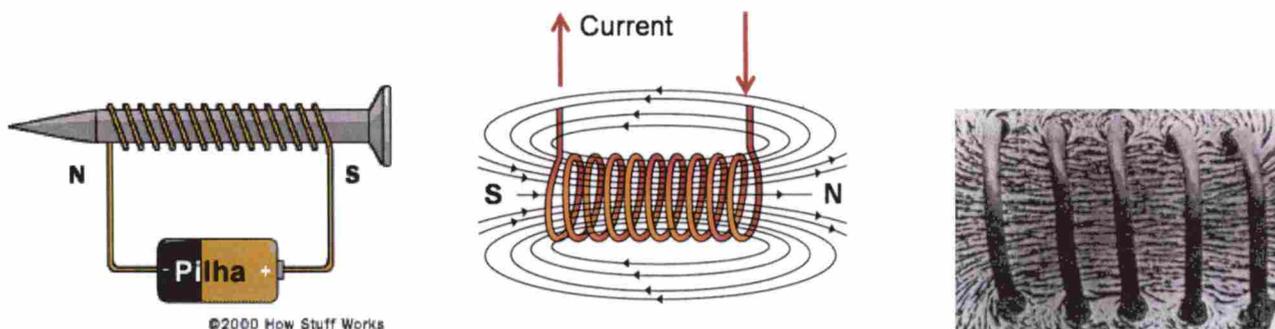
Se para um observador a corrente numa espira é anti-horária, o polo que está sendo observado é o seu polo norte. Se a corrente for horária, o polo observado é o seu polo sul.



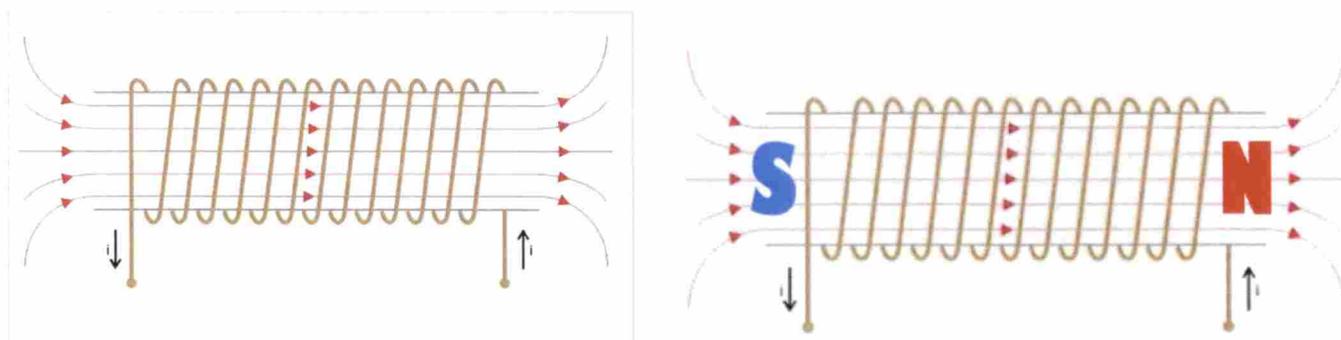


## Campo magnético criado por corrente elétrica em um solenoide ou bobina ( eletroímã ) :

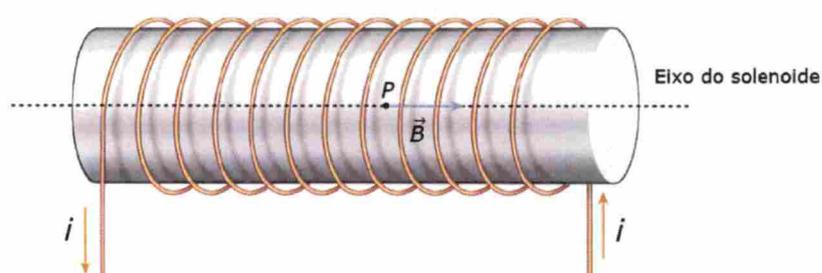
Um fio em forma helicoidal é um solenoide (bobina) e as linhas de indução dentro dele são aproximadamente paralelas.



As linhas de indução do campo magnético criado por um solenoide percorrido por corrente elétrica assemelha-se as de uma barra ímã. O polo norte do solenoide ( ou do ímã ) é a sua extremidade por onde saem as linhas de indução. Um solenoide é uma perfeita barra ímã; e às vezes chamado eletroímã.

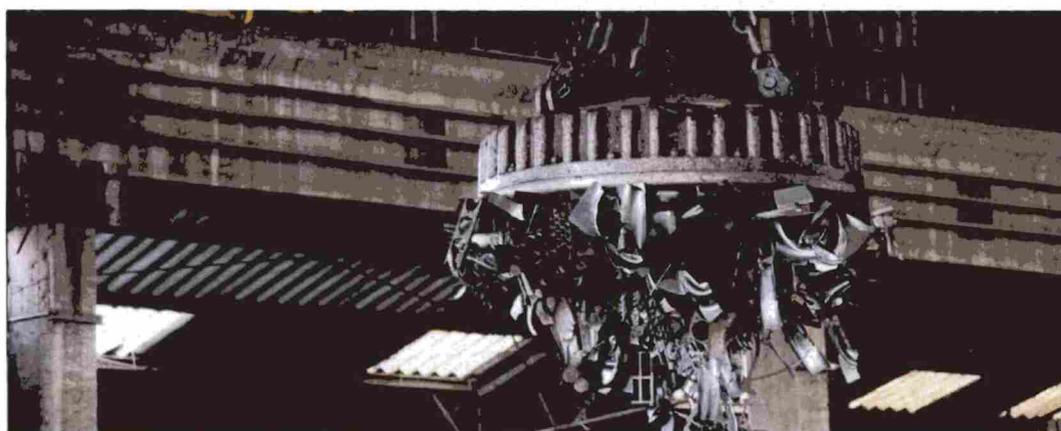


- módulo do campo no interior do solenoide.



$$B = \mu_0 \frac{n}{l} i$$

(\* n = nº de espiras)





## ANOTAÇÕES

A large rectangular area with a solid top and bottom border and horizontal dashed lines inside, intended for taking notes.



## LEITURA 1

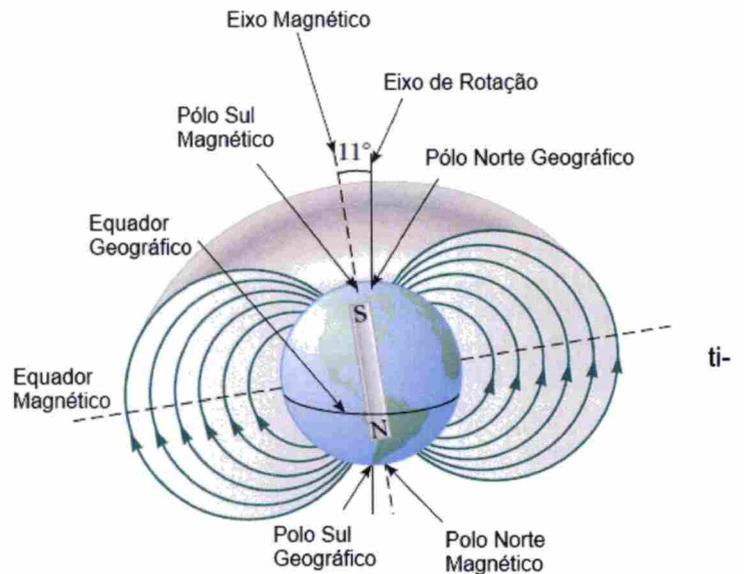
### Bússola e Campo Terrestre

Suspendendo-se um ímã de modo que ele possa girar livremente, ele toma, aproximadamente, a direção norte-sul geográfica do lugar. Esse fenômeno permitiu aos chineses a invenção da **bússola**, onde um ímã, em forma de losango – denominado agulha magnética – é apoiado sobre um eixo móvel.

Uma bússola tende a se orientar apontando o seu polo Norte para o Norte geográfico da Terra e o seu polo Sul para o polo sul geográfico. Como se sabe que polos de mesmo nome se atraem e polos de nomes contrários se repelem, concluímos que a região norte da Terra corresponde a um polo Sul Magnético, e a região Sul da Terra corresponde ao polo Norte Magnético da mesma.

A origem mais provável do campo magnético da Terra está nas correntes de convecção do núcleo da Terra. Íons carregados ou elétrons circulando no interior líquido do planeta podem produzir um campo magnético da mesma maneira que a corrente elétrica em um fio, como veremos mais adiante. A orientação de partículas de ferro presas no interior de amostras antigas de basalto – um tipo de rocha formado pela solidificação de material vulcânico – revela que o campo magnético da Terra já inverteu sua orientação diversas vezes ao longo da história do planeta.

Conforme será estudado mais adiante, partículas carregadas se movendo dentro de um campo magnético podem sofrer a ação de uma força magnética que desvia sua trajetória. Graças a isso, o campo magnético da Terra também é capaz de desviar partículas carregadas expelidas pelo sol que são lançadas em nossa direção, funcionando como uma barreira protetora. Essas partículas são conduzidas pelo campo magnético da Terra até os polos magnéticos, liberando energia na forma de luz ao colidirem contra a atmosfera – originando assim as chamadas aurora boreal (Norte geográfico) e austral (Sul geográfico).





## LEITURA 2

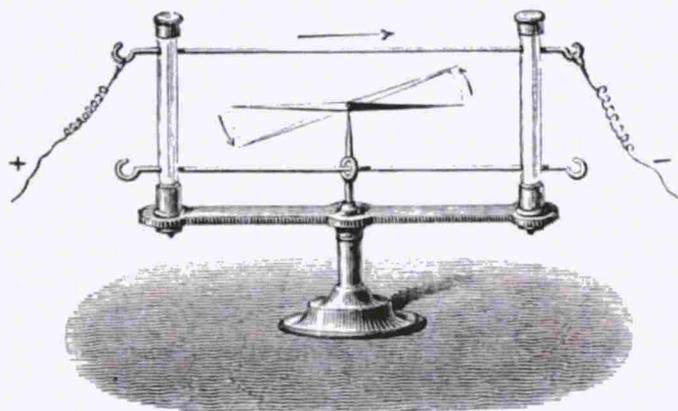
## Experimento de Oersted

A invenção da bússola foi um grande avanço para a humanidade no que se refere às grandes navegações. O alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético terrestre permitia aos navegadores se orientarem, mas um fenômeno era observado durante as tempestades eletromagnéticas: o surgimento de um raio causava pequenas perturbações no alinhamento da agulha da bússola, e com isso ficava uma pergunta: qual era a relação entre um raio – uma descarga elétrica – com o campo magnético que movimentava a agulha?



Tal questão foi respondida em 1820 por Hans Christian Oersted (1777 – 1851), físico dinamarquês, que descobriu uma relação inesperada entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos, surgindo com isso o **eletromagnetismo**. Conta a história que Oersted fazia experiências com circuitos elétricos e que, próximo dele, tinha uma bússola. Ele observou que, toda vez que havia uma corrente elétrica no circuito, a agulha da bússola sofria uma mudança em sua orientação, e, sem corrente elétrica no circuito, a bússola voltava a ficar alinhada com o campo magnético terrestre.

Para verificar uma relação entre a corrente elétrica e o campo magnético, Oersted montou um dispositivo bem simples ligando uma bateria a um fio condutor bem esticado e, sob o fio, instalou uma agulha magnética. Com base em observações neste experimento, Oersted concluiu que **toda corrente elétrica cria, no espaço ao seu redor, um campo magnético**.





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

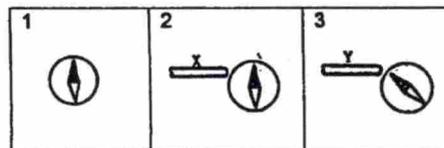
**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**341. UFRGS.** A agulha de uma bússola está orientada conforme mostra a figura 1 abaixo. Quando é aproximado o bastão X, a agulha não se movimenta (ver figura 2). No entanto, aproximando-se o bastão Y, a agulha sofre uma deflexão, como mostra a figura 3. Qual das seguintes opções para os materiais que constituem os bastões X e Y, respectivamente, é compatível com a situação descrita acima?



- A) plástico e madeira
- B) vidro e plástico
- C) ferro e plástico
- D) madeira e ferro
- E) ferro e vidro



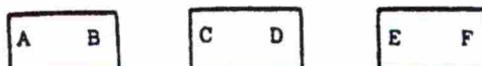
**342. UFRGS.** Um prego de ferro AB, inicialmente não imantado, é aproximado do polo sul (S) de um ímã permanente conforme mostra a figura.



Nessa situação, forma-se um polo ....., e o ímã e o prego se ..... . Assinale a alternativa que preenche de forma correta as duas lacunas, respectivamente.

- A) sul em A - atraem
- B) sul em A - repelem
- C) sul em B - repelem
- D) norte em A - atraem
- E) norte em B - atraem

**343. PUCRS.** Três barras AB, CD e EF são aparentemente idênticas. Verifica-se experimentalmente que A atrai D e repele E, B repele F e atrai D.





Então, é possível concluir que

- A) AB e EF são ímãs.
- B) AB e CD são ímãs.
- C) CD e EF são ímãs.
- D) as 3 barras são ímãs.
- E) somente AB é ímã.

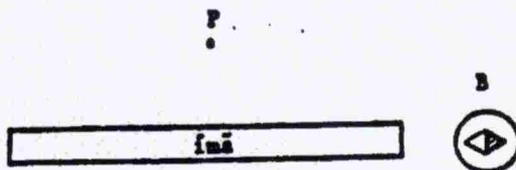
**344. UFRGS.** A figura mostra um pedaço de ferro nas proximidades de um dos polos de um ímã permanente.



Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas seguintes afirmações sobre essa situação. A extremidade L do pedaço de ferro é ..... pelo polo K do ímã. Chamando o polo sul do ímã de S e o norte de N, uma possível distribuição dos polos nas extremidades K, L e M é, respectivamente, .....

- A) atraída - N, N e S
- B) atraída - N, S e N
- C) repelida - N, S e N
- D) repelida - S, S e N
- E) repelida - S, N e S

**345. UFRGS.** A figura mostra a orientação de uma bússola B quando colocada próxima do ímã. A bússola e o ímã estão no plano da página, e a presença do campo magnético terrestre é desprezível.



Sendo a bússola deslocada para a posição P, qual será sua orientação ?

- (A)
- (B)
- (C)
- (D)
- (E)



346. UPF. Considere as afirmações abaixo:

- I. Uma barra imantada se orientará, ao ser suspensa horizontalmente, pelo seu centro de gravidade.
- II. Numa porta de geladeira desmagnetizada, uma barra não imantada permanecerá fixa.
- III. Uma das formas para magnetizar uma barra metálica é colocá-la em um forno quente.
- IV. Ao quebrar um ímã ao meio, um aluno obteve dois pedaços, ambos com polo sul e polo norte.



Apenas está correto o que se afirma em:

- A) I, II, III e IV
- B) II e IV
- C) I, II e IV
- D) III e IV
- E) I e IV

347. UFRGS. Analise cada uma das afirmações e indique se é verdadeira (V) ou falsa (F)

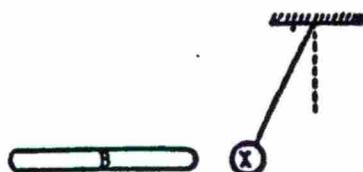
- ( ) Nas regiões próximas aos polos de um ímã permanente, a concentração de linhas de indução é maior do que em qualquer outra região ao seu redor.
- ( ) Qualquer pedaço de metal colocado nas proximidades de um ímã permanente torna-se magnetizado e passa a ser atraído por ele.
- ( ) Tomando-se um ímã permanente em forma de barra e partindo-o ao meio em seu comprimento, obtêm-se dois polos magnéticos isolados, um polo norte em uma das metades e um polo sul na outra.



Quais são, pela ordem, as indicações corretas?

- A) V - F - F.
- B) V - F - V.
- C) V - V - F.
- D) F - F - V.
- E) F - V - V.

348. UFRGS. Na figura abaixo, aproximando-se o bastão B da esfera condutora de ferro doce X, eles se atraem mutuamente.





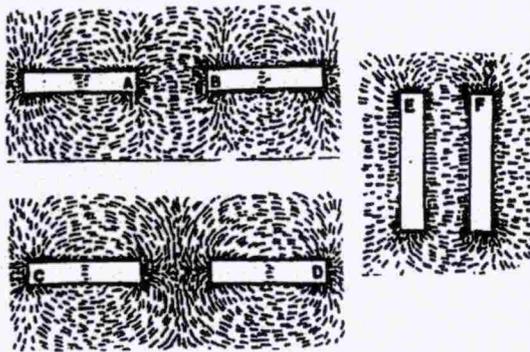
A esfera X está eletricamente carregada com carga negativa. Supondo que a força de atração pode ser de origem elétrica ou magnética, o bastão pode ser

- I - um bastão de vidro eletricamente carregado com carga positiva.
- II - um ímã.
- III - um bastão de ferro doce com carga neutra (igual número de cargas positivas e negativas).

Das afirmações acima, quais são corretas ?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas I e III.
- D) Apenas II e III.
- E) I, II e III.

**349. UFRGS.** As três figuras mostram esquematicamente como se alinharam as limalhas de ferro espalhadas sobre um vidro sob o qual havia dois ímãs.



Analisando essas figuras, podemos afirmar que as polaridades nos pontos identificados nas figuras eram:

- A) A e B iguais - C e D opostas - E e F iguais
- B) A e B iguais - C e D opostas - E e F opostas
- C) A e B iguais - C e D iguais - E e F opostas
- D) A e B opostas - C e D iguais - E e F opostas
- E) A e B opostas - C e D iguais - E e F iguais

**350. UFRGS.** Analise cada uma das seguintes afirmações, sobre gravitação, eletricidade e magnetismo, e indique se é verdadeira (V) ou falsa (F).



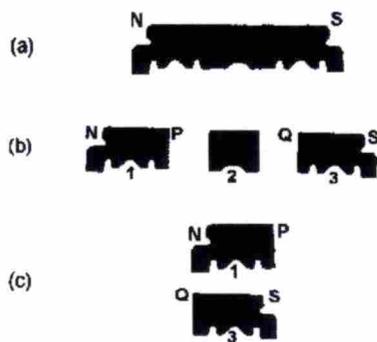
- ( ) Sabe-se que existem dois tipos de carga elétrica e dois tipos de polos magnéticos, mas não se conhece a existência de dois tipos de massa gravitacional.
- ( ) Um ímã pode ser magnetizado pelo atrito com um pano, como se faz para eletrizar um corpo.
- ( ) Um ímã permanente pode ser "descarregado" de seu magnetismo por um leve toque com a mão, assim como se descarrega um corpo eletrizado de sua carga elétrica.



Assinale a alternativa que apresenta a seqüência correta de indicações, de cima para baixo.

- A) V – V – V
- B) V – V – F
- C) V – F – F
- D) F – F – V
- E) F – F – F

**351. UFRGS.** A figura (a) representa uma metade magnetizada de uma lâmina de barbear, com os polos norte e sul indicados respectivamente pelas letras N e S. Primeiramente, esta metade de lâmina é dividida em três pedaços, como indica a figura (b). A seguir, os pedaços 1 e 3 são colocados lado a lado, como indica a figura (c). Nestas condições, podemos afirmar que os pedaços 1 e 3 se ....., pois P assinala um polo ..... e Q um polo .....



A alternativa que preenche corretamente as lacunas na afirmativa acima é:

- A) atrairão - norte - sul
- B) atrairão - sul - norte
- C) repelirão - norte - sul
- D) repelirão - sul - norte
- E) atrairão - sul - sul

**352. UFRGS.** Considere as seguintes afirmações sobre magnetismo :



I - Um polo magnético de um ímã repele uma das extremidades de uma barra de aço. Esse fato prova que a barra de aço não é um ímã permanente.

II - O polo norte de um ímã atrai o polo sul de uma barra de ferro com uma força menor do que aquela com que repele o polo norte (mais distante) dessa mesma barra.

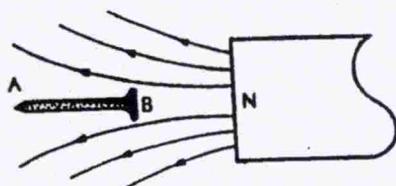
III - Se um ímã atrai um pedaço de ferro, esse pedaço de ferro atrai o ímã.



Quais as afirmações corretas ?

- A) Apenas I
- B) Apenas III
- C) Apenas I e II
- D) Apenas II e III
- E) I, II e III

**353.** O prego de ferro AB inicialmente não imantado é aproximado do polo norte N de um ímã, como mostra a figura.



A respeito desta situação, são feitas três afirmações :

- I. O campo magnético do ímã magnetiza o prego.
- II. Em A se forma um polo norte e em B um polo sul.
- III. O ímã atrai o prego.

Desta(s) afirmação(ões), está(ão) correta(s):

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

**354. UFRGS.** No quadro abaixo estão descritas três situações. complete o quadro respondendo sim ou não à pergunta formulada, para uma região próxima do evento.



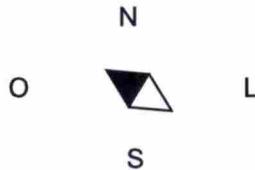
Situações	Forma-se campo magnético?
a) Um feixe de raios alfa com velocidade constante.	
b) Um feixe de elétrons com velocidade constante.	
c) Um feixe de raios gama com velocidade constante.	

Quais são, pela ordem, as respostas corretas ?

- A) a) sim      b) sim      c) sim
- B) a) sim      b) sim      c) não
- C) a) sim      b) não      c) sim
- D) a) não      b) não      c) sim
- E) a) não      b) não      c) não



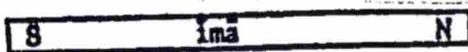
355. PUCRS. Num laboratório de Física uma bússola foi desviada da sua orientação Norte-Sul, quando dela foi aproximado um ímã, conforme representado na figura abaixo.



Pode-se concluir que o campo magnético do ímã que influi na bússola tem orientação indicada na alternativa (considere  $\rightarrow$  N )

- A)  $\uparrow$
- B)  $\downarrow$
- C)  $\leftarrow$
- D)  $\rightarrow$
- E)  $\nearrow$

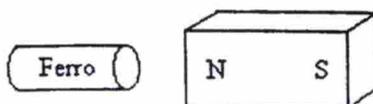
356. UFRGS. Na figura abaixo, o ímã o ponto P e as setas estão no plano da página. N indica o polo norte, e S, o polo sul.



Qual a seta que melhor indica o sentido em que aponta a extremidade norte de uma pequena bússola colocada na posição P ?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

357. PUCRS. Um pedaço de ferro é colocado ao lado de um ímã, de acordo com a figura abaixo.

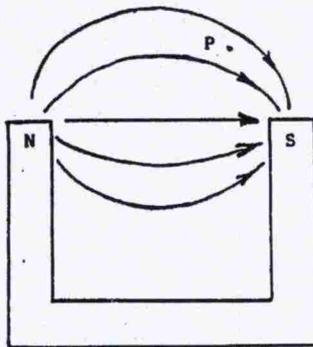


Com relação a essa situação, pode-se afirmar que



- A) a força de atração do ímã sobre o ferro é maior que a do ferro sobre o ímã.
- B) existe somente força de atração do ímã sobre o ferro, e não do ferro sobre o ímã.
- C) as forças de interação entre o ímã e o ferro são iguais, em módulo.
- D) ferro não fica magnetizado se colocado próximo do polo sul (S).
- E) não haverá mais força de atração sobre o ferro, se o ímã for serrado ao meio.

**358. PUCRS.** Na figura abaixo representa-se um ímã permanente em forma de U, com algumas linhas de indução do respectivo campo magnético. No ponto P o vetor indução magnética  $\vec{B}$  é melhor representado por



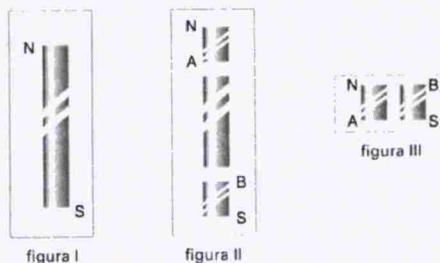
- A)
- B)
- C)
- D)
- E)

**359. PUCRS.** A propriedade que algumas substâncias possuem de serem atraídas fortemente por ímãs chama-se



- A) eletromagnetismo.
- B) ferromagnetismo.
- C) diamagnetismo.
- D) paramagnetismo.
- E) fotomagnetismo.

**360.** A figura I representa um ímã permanente em forma de barra, onde N e S indicam, respectivamente, polos norte e sul. Suponha que a barra seja dividida em três pedaços, como mostra a figura II.



Colocando lado a lado os dois pedaços extremos, como indicado na figura III, é correto afirmar que eles :



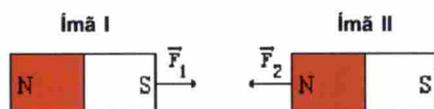
- A) se atrairão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- B) se atrairão, pois A é polo sul e B é polo norte.
- C) não serão atraídos nem repelidos.
- D) se repelirão, pois A é polo norte e B é polo sul.
- E) se repelirão, pois A é polo sul e B é polo norte.

**361.** O ferro é substância ferromagnética, o ouro é substância diamagnética e a platina é substância paramagnética. Uma barra metálica AB colocada entre os polos de um ímã tem seus ímãs elementares facilmente orientados no sentido do campo magnético do ímã;



- A) somente se ela for de ouro.
- B) somente se ela for de platina.
- C) somente se ela for de ferro.
- D) se ela for de ouro ou de platina.
- E) se ela for de ouro ou de ferro.

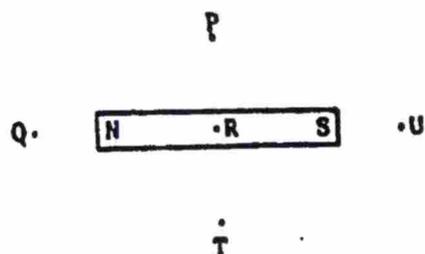
**362.** Dois ímãs estão dispostos em cima de uma mesa de madeira, conforme a figura ilustrada.



$\vec{F}_1$  é a força que o ímã II exerce sobre o ímã I, enquanto que este exerce uma força  $\vec{F}_2$ , sobre o ímã II. Considerando que  $F_1$  e  $F_2$  representam os módulos dessas duas forças, podemos afirmar que:

- A)  $F_1 = F_2 \neq 0$ .
- B)  $F_1 = F_2 = 0$ .
- C)  $F_1 < F_2$  pois o polo Norte atrai o polo Sul.
- D)  $F_1 > F_2$  pois o polo Sul atrai o polo Norte.
- E) as forças são diferentes, embora não se possa afirmar qual é a maior.

**363. UFRGS.** A figura mostra um ímã permanente, no qual estão indicados os seus polos norte (N) e sul (S). O ímã e os pontos indicados estão no plano da página.

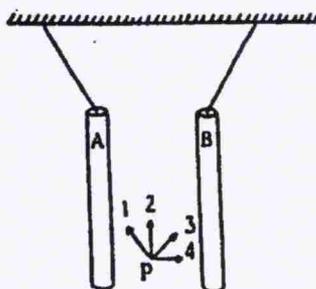


O campo magnético gerado pelo ímã tem o mesmo sentido nos pontos:



- A) Q e P
- B) P e R
- C) T e U
- D) P e T
- E) Q e T

**364. UFRGS.** Dois ímãs permanentes, A e B, estão pendurados por barbantes e em equilíbrio, conforme mostra a figura. Os ímãs, o ponto P e as setas 1, 2, 3 e 4 estão no plano da página.



No ponto P a direção do campo magnético produzido pelos dois ímãs está corretamente identificada pela direção da seta

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) perpendicular à página.

**365. ENEM.** O manual de funcionamento de um captador de guitarra elétrica apresenta o seguinte texto:

Esse captador comum consiste de uma bobina, fios condutores enrolados em torno de um ímã permanente. O campo magnético do ímã induz o ordenamento dos polos magnéticos na corda da guitarra, que está próxima a ele. Assim, quando a corda é tocada, as oscilações produzem variações, com o mesmo padrão, no fluxo magnético que atravessa a bobina. Isso induz uma corrente elétrica na bobina, que é transmitida até o amplificador e, daí, para o alto-falante. Um guitarrista trocou as cordas originais de sua guitarra, que eram feitas de aço, por outras feitas de náilon. Com o uso dessas cordas, o amplificador ligado ao instrumento não emitia mais som, porque a corda de náilon



- A) isola a passagem de corrente elétrica da bobina para o alto-falante.
- B) varia seu comprimento mais intensamente do que ocorre com o aço.
- C) apresenta uma magnetização desprezível sob a ação do ímã permanente.
- D) induz correntes elétricas na bobina mais intensas que a capacidade do captador.
- E) oscila com uma frequência menor do que a que pode ser percebida pelo captador.

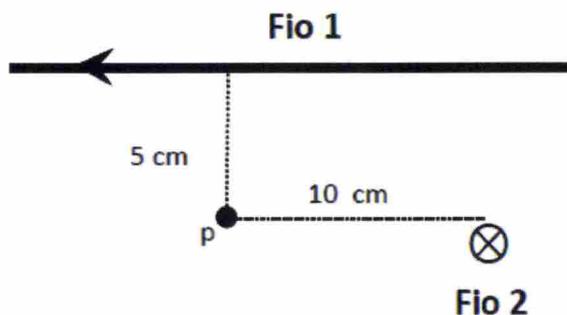


**366. PUCRS.** Um condutor retilíneo é percorrido por uma corrente elétrica que determina um campo magnético em torno do mesmo. Em relação à orientação das linhas de indução desse campo, pode-se afirmar que elas são



- A) retas paralelas ao condutor.
- B) retas perpendiculares ao condutor.
- C) retas oblíquas ao condutor.
- D) circunferências que pertencem a planos paralelos ao condutor.
- E) circunferências concêntricas que pertencem a planos perpendiculares ao condutor.

**367. ULBRA.** Considere dois fios condutores, o fio 1 paralelo ao plano da página com sua corrente para a esquerda e o fio 2 perpendicular à mesma tendo a sua corrente entrando na página. Eles são percorridos por correntes elétricas  $i_1 = 4,0 \text{ A}$  e  $i_2 = 6,0 \text{ A}$  respectivamente.



Determine o módulo do vetor campo magnético  $\mathbf{B}$ , resultante que surge no ponto P, distante 5 cm do fio condutor 1 e 10 cm do fio condutor 2. Dado: Considere  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ .

- A)  $4,0 \times 10^{-5} \text{ T}$
- B)  $2,8 \times 10^{-6} \text{ T}$
- C)  $2,0 \times 10^{-5} \text{ T}$
- D)  $2,8 \times 10^{-5} \text{ T}$
- E)  $4,0 \times 10^{-6} \text{ T}$

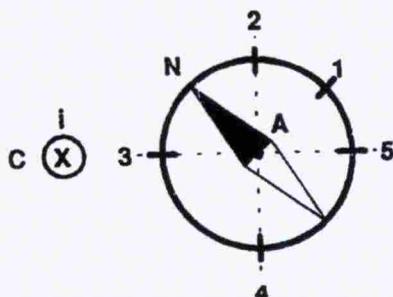
**368. PUCRS.** Uma interessante e histórica experiência foi realizada pelo físico dinamarquês Hans Christian Oersted, em 1820, ao utilizar uma pilha conectada aos extremos de um condutor metálico nas proximidades de uma bússola, cuja agulha estava orientada inicialmente na direção norte-sul do campo magnético terrestre. Com o estabelecimento da corrente elétrica no condutor, Oersted pôde perceber que a agulha da bússola se desviava em relação a sua orientação inicial. Os resultados dessa experiência permitiram concluir corretamente que





- A) uma mesma teoria passaria a dar conta de fenômenos elétricos e magnéticos, até então considerados independentes um do outro.
- B) os polos da agulha da bússola são inseparáveis.
- C) as correntes elétricas são estabelecidas apenas em condutores metálicos.
- D) os polos da pilha são os responsáveis pela alteração do alinhamento original da bússola.
- E) o campo magnético terrestre afeta a corrente elétrica no condutor.

**369. PUCRS.** A figura representa um condutor retilíneo C, de grande comprimento, perpendicular ao plano da página, e uma agulha magnética situada no plano da página, que coincide com o plano horizontal, a qual pode girar livremente, tendo como apoio o ponto A.



Desprezando o campo magnético terrestre, quando o condutor for percorrido por uma corrente elétrica  $i$ , dirigida de cima para baixo, a extremidade Norte da agulha se posicionará sobre o ponto

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

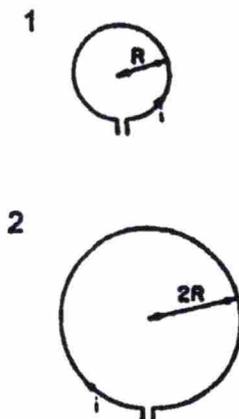
**370. PUCRS.** Para uma espira circular condutora, percorrida por uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , é registrado um campo magnético de intensidade  $B$  no seu centro. Alterando-se a intensidade da corrente elétrica na espira para um novo valor  $i_{\text{final}}$ , observa-se que o módulo do campo magnético, no mesmo ponto, assumirá o valor  $5B$ . Qual é a razão entre as intensidades das correntes elétricas final e inicial ( $i_{\text{final}} / i$ )?



- A) 1/5
- B) 1/25
- C) 5
- D) 10
- E) 25



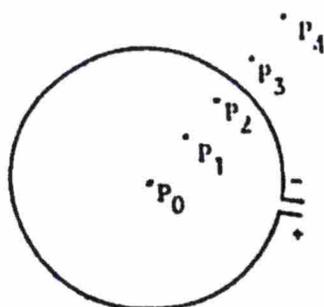
371. UFRGS. A figura ao lado mostra duas espiras circulares (I e II) de fios metálicos. O raio da espira II é o dobro do raio da I. Ambas estão no plano da página e são percorridas por correntes elétricas de mesma intensidade  $i$ , mas de sentidos contrários. O campo magnético criado pela espira I no seu centro é  $\vec{B}_1$ .



O campo magnético criado pela espira II no seu centro é  $\vec{B}_2$ . Com relação a  $\vec{B}_1$  e  $\vec{B}_2$ , pode-se afirmar que

- A)  $B_1 > B_2$
- B)  $B_1 = B_2 = 0$
- C)  $B_1 = B_2 \neq 0$
- D)  $\vec{B}_1$  e  $\vec{B}_2$  tem o mesmo sentido.
- E)  $\vec{B}_1$  aponta para dentro da página e  $\vec{B}_2$  para fora.

372. UFRGS. Uma corrente elétrica contínua de grande intensidade percorre a espira abaixo, colocada no plano da página.

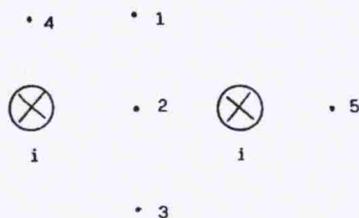


A intensidade do campo magnético gerado por essa corrente

- A) é nula na região interna da espira.
- B) é nula nos pontos  $P_3$  e  $P_4$  e diferente de zero na região interna da espira.
- C) é a mesma nos pontos  $P_0, P_1, P_2, P_3, P_4$  e  $P_5$
- D) é nula apenas no centro ( $P_0$ ) da espira.
- E) é diferente de zero tanto nos pontos internos ( $P_0, P_1$  e  $P_2$ ) como nos pontos externos ( $P_3$  e  $P_4$ ) da espira.



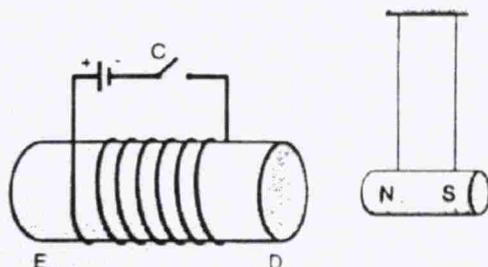
373. PUCRS. A figura representa a secção de dois condutores paralelos, perpendiculares ao plano da folha, percorridos por correntes de mesma intensidade  $i$ .



O vetor indução magnética  $\vec{B}$  produzido pelas correntes dos dois condutores será mínimo no ponto

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

374. O horário de início e de final das aulas é marcado por um sinal sonoro produzido por uma campainha elétrica. Na campainha elétrica encontra-se um eletroímã, dispositivo constituído de um fio condutor, enrolado em forma de espiral, em torno de um núcleo de ferro. Ao circular corrente elétrica no condutor, o núcleo de ferro se imanta. A figura representa um eletroímã e um pequeno ímã permanente, suspenso por dois fios verticais. Ao se fechar a chave C a extremidade direita (D) do eletroímã E se tornará um polo ..... magnético e ..... o ímã suspenso.



As lacunas são corretamente preenchidas, respectivamente, por

- A) norte; atrairá
- B) norte; repelirá
- C) positivo; repelirá
- D) sul; atrairá
- E) sul; repelirá



375. UFRGS. Na figura 1, uma corrente elétrica contínua de intensidade  $i$  percorre uma espira circular condutora e, na figura 2, uma corrente elétrica contínua de mesma intensidade  $i$  percorre as duas espiras concêntricas. As espiras das figuras 1 e 2 têm o mesmo diâmetro, e seus centros estão localizados nos pontos  $C_1$  e  $C_2$ , respectivamente.

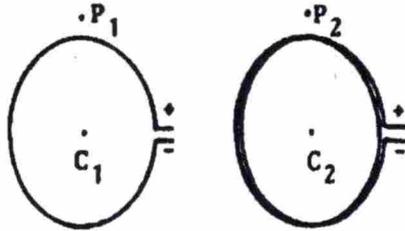


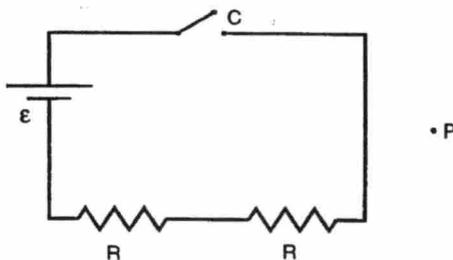
Figura 1

Figura 2

$P_1$  e  $P_2$  são pontos contidos nos planos de suas respectivas espiras, e a distância de  $P_1$  até  $C_1$  é igual à distância de  $P_2$  até  $C_2$ . Qual a afirmação correta sobre essa situação ?

- A) O sentido do campo magnético criado pela espira da figura 1 é contrário ao criado pelas espiras da figura 2.
- B) As intensidades do campo magnético em  $C_1$  e  $C_2$  são iguais e não nulas.
- C) As intensidades do campo magnético em  $C_1$  e  $C_2$  são nulas.
- D) As intensidades do campo magnético nos pontos  $P_1$  e  $P_2$  são iguais.
- E) A intensidade do campo magnético no ponto  $P_1$  é menos do que no ponto  $P_2$ .

376. UFRGS. Quando a chave  $C$  está fechada, o circuito da figura abaixo é percorrido por uma corrente elétrica, observando-se no ponto  $P$  um campo magnético do módulo  $B$  (Considere que o campo magnético terrestre pode ser desprezado).

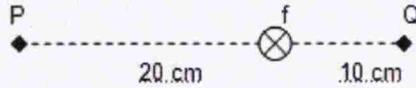


Se os dois resistores do circuito forem substituídos por dois outros, cada um com resistência  $R/2$ , o módulo do campo magnético observado no ponto  $P$  será

- A)  $B/4$
- B)  $B/2$
- C)  $B$
- D)  $2B$
- E)  $4B$



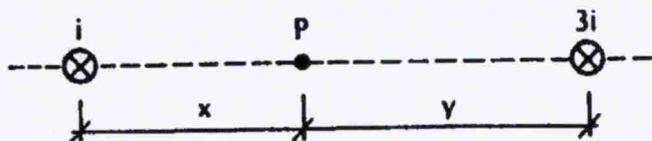
377. UFRGS. Na figura abaixo,  $f$  representa um fio condutor, fino, reto e comprido, perpendicular ao plano da página, percorrido por uma corrente elétrica. O símbolo  $\otimes$  no centro do fio indica que o sentido da corrente elétrica é tal que ela entra no plano dessa página. Os pontos  $P$  e  $Q$  estão, respectivamente, a 20 cm e a 10 cm do fio, conforme indicado na figura.



Qual dos diagramas abaixo melhor representa os campos magnéticos nos pontos  $P$  e  $Q$ , respectivamente?

- (A)
- (B)
- (C)
- (D)
- (E)

378. Dois fios metálicos retos, paralelos e longos são percorridos por correntes  $i$  e  $3i$  de sentidos iguais (entrando no papel, no esquema). O ambiente é vácuo.

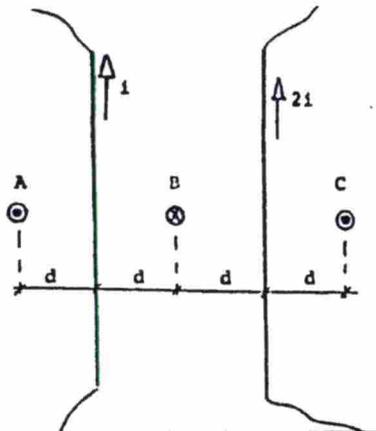




O campo magnético resultante produzido por essas correntes é nulo num ponto P, tal que:

- A)  $\frac{y}{x} = \frac{1}{3}$
- B)  $\frac{y}{x} = 3$
- C)  $\frac{y}{x} = 9$
- D)  $\frac{y}{x} = \frac{1}{9}$
- E) Nenhuma das anteriores.

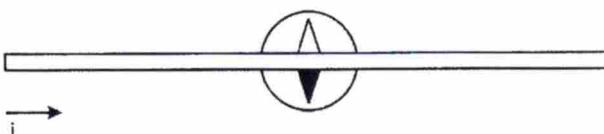
**379. PUCRS.** A figura representa dois condutores retilíneos longos e paralelos que estão sendo percorridos por correntes elétricas  $i$  e  $2i$ .



O vetor indução magnética resultante está corretamente representado no ponto

- A) A
- B) B
- C) C
- D) A e C
- E) A e B

**380. UFRGS.** A figura abaixo representa uma vista superior de um fio retilíneo, horizontal, conduzindo corrente elétrica  $i$  no sentido indicado. Uma bússola, que foi colocada abaixo do fio, orientou-se na direção perpendicular a ele, conforme também indica a figura.





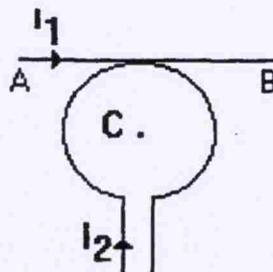
Imagine, agora, que se deseje, sem mover a bússola, fazer sua agulha inverter a orientação indicada na figura. Para obter esse efeito, considere os seguintes procedimentos.

- I - Inverter o sentido da corrente elétrica  $i$ , mantendo o fio na posição em que se encontra na figura.
- II - Efetuar a translação do fio para uma posição abaixo da bússola, mantendo a corrente elétrica  $i$  no sentido indicado na figura.
- III - Efetuar a translação do fio para uma posição abaixo da bússola e, ao mesmo tempo, inverter o sentido da corrente elétrica  $i$ .

Desconsiderando-se a ação do campo magnético terrestre, quais desses procedimentos conduzem ao efeito desejado?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) I, II e III.

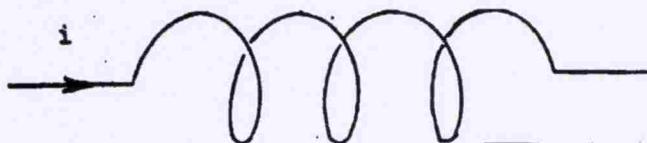
**381.** Um fio reto AB e uma espira de centro C estão no plano da folha isolados entre si e percorridos pelas correntes elétricas  $i_1$  e  $i_2$ . No centro C da espira são gerados os campos magnéticos  $B_1$  e  $B_2$  pelas correntes elétricas  $i_1$  e  $i_2$ , respectivamente.



Com base no exposto, é correio afirmar que

- A) o sentido de  $B_1$  aponta para dentro da folha e o de  $B_2$ , para fora da mesma.
- B) os sentidos de  $B_1$  e  $B_2$  apontam para fora da folha.
- C) o sentido de  $B_1$  aponta para fora da folha, e o de  $B_2$ , para dentro da mesma.
- D) os sentidos de  $B_1$  e  $B_2$  apontam para dentro da folha.
- E) não existe campo magnético resultante, pois  $B_1$  e  $B_2$  se anulam.

**382. PUCRS.** A figura abaixo representa um fio condutor ideal em forma de solenóide.

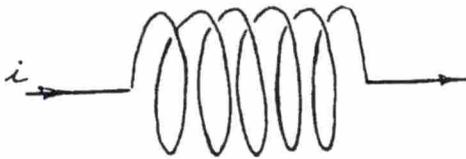




Uma corrente elétrica  $i$  passando pelo solenoide produz um campo ..... cuja intensidade máxima está ..... do solenoide.

- A) magnético - acima
- B) elétrico - no centro
- C) magnético - à direita
- D) magnético - no centro
- E) elétrico - à direita

**383. PUCRS.** A maneira mais usual de produzir indução magnética intensa é fazer passar corrente elétrica através de um condutor em forma de solenoide.



Para aumentar esta indução dentro do solenoide, deve-se preencher o espaço com

- A) alumínio.
- B) cobre.
- C) ferro.
- D) manganês.
- E) estanho.

**384. UFSC.** O eletromagnetismo é um ramo da Física que ajudou a aprimorar a prática do diagnóstico médico com a ressonância magnética. A utilização do ferrofluido pode ser fundamental para o tratamento de doenças como, por exemplo, o câncer. O ferrofluido é um composto formado por partículas de metal ferromagnético (cobalto, magnetita e ferro, por exemplo), da ordem de 10 nanômetros, e certos fluidos, tais como água e óleo. Quando exposto a um campo magnético, o ferrofluido apresenta as propriedades dos metais ferromagnéticos, porém sem ficar sólido, assim é possível direcioná-lo dentro do corpo para onde for necessário.



Sobre o assunto abordado e com base no exposto acima, é correto afirmar que:



01. quando o ferrofluido está próximo de um ímã, sofre a ação de uma força magnética de atração.

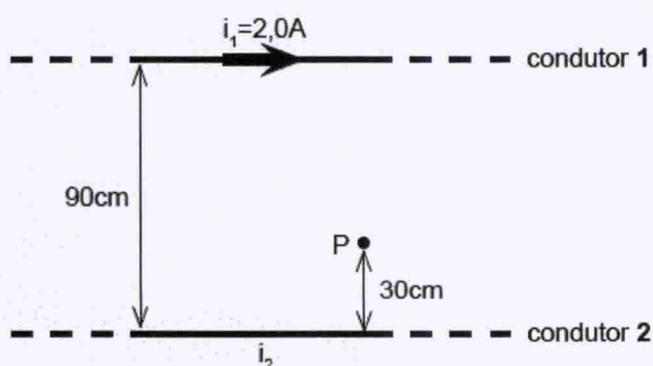
02. as partículas de metal que compõem o ferrofluido, quando expostas a campos magnéticos, transformam-se em ímãs provisórios.

04. o polo magnético do ímã que estiver mais próximo do ferrofluido define se a força magnética sobre este último será de atração ou de repulsão.

08. o ferrofluido próximo de um condutor percorrido por uma corrente contínua não sofrerá a ação de uma força magnética.

16. as partículas de metal que compõem o ferrofluido não sofrem a ação de forças magnéticas quando submetidas a campos elétricos uniformes e constantes.

**385. PUCRS.** O módulo da indução magnética num ponto exterior a um longo condutor retilíneo é diretamente proporcional à intensidade de corrente elétrica que o percorre e inversamente proporcional à distância do centro do condutor até o ponto considerado. Na figura a seguir, são representados dois longos condutores retilíneos e paralelos, com indicação das distâncias entre eles e das correntes elétricas que os percorrem. Observe que o condutor 1 é percorrido por uma corrente elétrica de 2,0A e encontra-se a uma distância de 90cm do condutor 2.



A intensidade de corrente elétrica no condutor 2, para que a indução magnética no ponto P, que se encontra a 30cm deste condutor, seja nula, deve ser

- A) 1,0A no mesmo sentido de  $i_1$ .
- B) 1,0A e sentido oposto ao de  $i_1$ .
- C) 2,0A no mesmo sentido de  $i_1$ .
- D) 2,0A e sentido oposto ao de  $i_1$ .
- E) 3,0A no mesmo sentido de  $i_1$ .



# Aula 24

## Força Magnética

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.295 (teoria, anotações e modelagem)
Rever videoaula Parte 1 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.305
Fazer as questões 387, 388, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 427, 429 e 430

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.299 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário
Fazer a Leitura 2 – P.306
Fazer as questões 386, 415, 416, 417, 419, 424, 425 e 428

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.301 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Analisar os Desafios – P.302
Fazer as questões 389, 413, 414, 418, 420, 421, 422, 423 e 426



A **trilha de aprendizagem** acima indica ao aluno o **caminho do seu estudo nessa aula**. **Rever a aula e as anotações** inicialmente, antes de seguir para as questões pós-aula, é fundamental para se preparar corretamente em relação as questões que serão resolvidas. **Fazer as leituras do livro e aquelas indicadas após a aula**, bem como **vídeos indicados**, ampliam seu conhecimento sobre o assunto. Apenas **após esses passos** orientamos você a partir para as **questões pós-aula**.

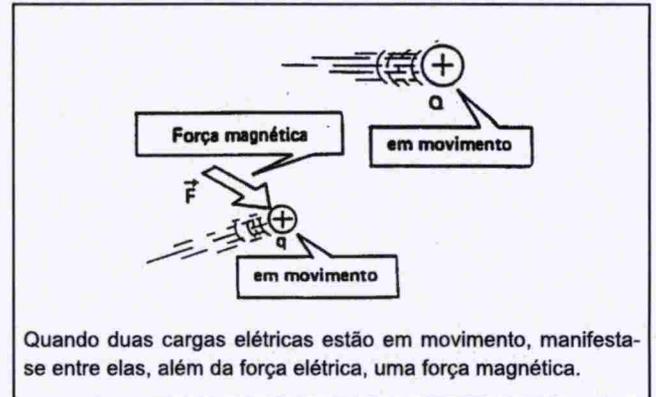
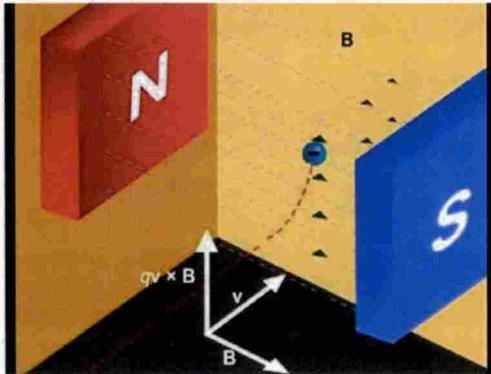


▪ **Parte 1**

**Carga**

## Ação de campo magnético sobre carga elétrica

Quando uma carga elétrica executa um **movimento não paralelo** às linhas de indução de um campo magnético, essa gera um campo magnético através de seu movimento que interage com aquele em que ela se encontra. Como resultado temos a ação de uma força magnética  $\vec{F}$  sobre a carga.



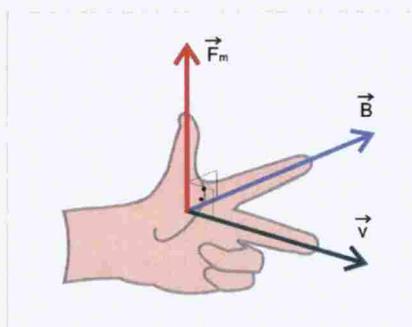
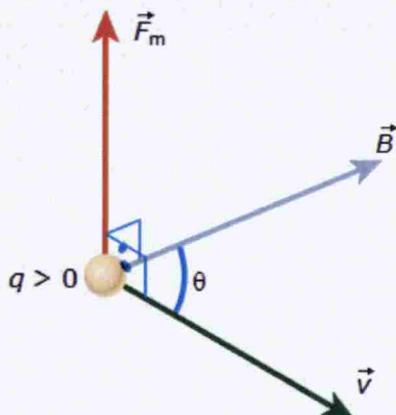
Vetor força magnética ( $\vec{F}$ ):

**Módulo :**  $F = B \cdot q \cdot v \cdot \text{sen } \theta$

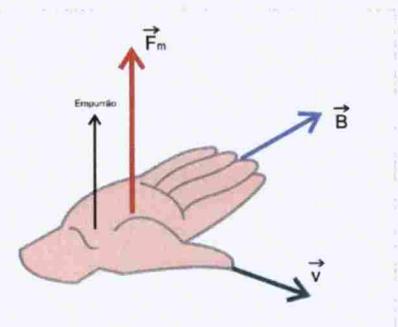
- onde :** F = módulo da força magnética que atua na carga ( N )  
 q = valor da carga da partícula ( C )  
 v = módulo da velocidade da partícula ( m/s )  
 B = intensidade do campo magnético ( T )  
 $\theta$  = ângulo entre os vetores  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$  (varia de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ )

**Direção :**  $\vec{F}$  é perpendicular aos vetores  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$ .

**Sentido :** é dado pela regra da mão esquerda ou pela regra do tapa ( mão direita ). Se a carga for negativa, o sentido da força é contrário ao indicado pela regra.



(regra da mão esquerda)

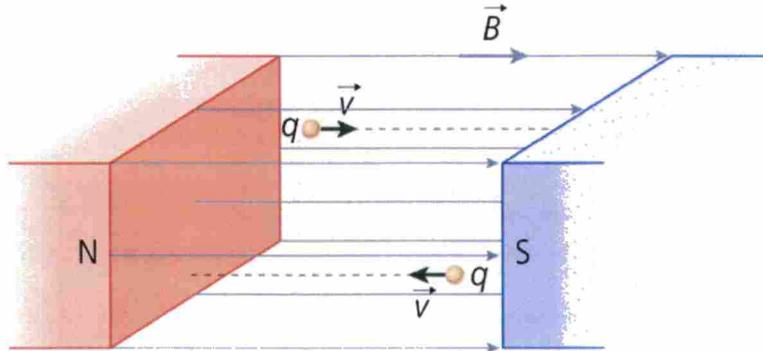


(regra do tapa - mão direita)

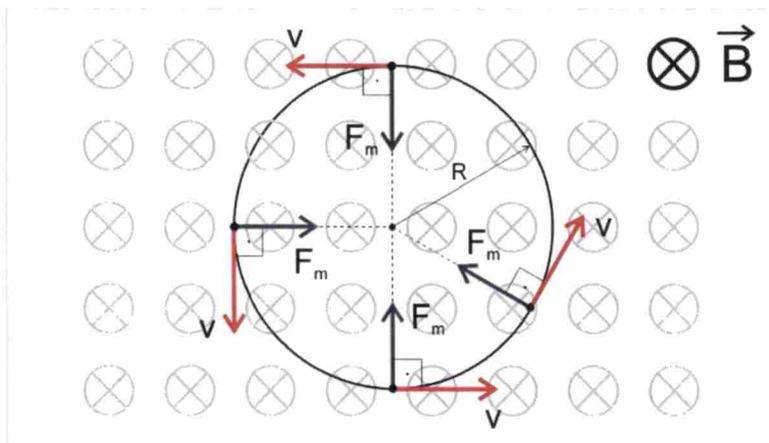


**Movimentos descritos por uma carga elétrica em um campo magnético :**

I ) **Movimento Retilíneo Uniforme - MRU** : Quando uma carga é lançada de forma paralela às linhas de indução de um campo magnético uniforme, o ângulo formado entre  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$  é de  $0^\circ$  ou  $180^\circ$



II ) **Movimento Circular Uniforme - MCU** : Uma carga lançada perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme faz com que os vetores  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$  sejam perpendiculares entre si ( $\theta = 90^\circ$ ). A força magnética será perpendicular à velocidade e se comportará como uma força centrípeta.

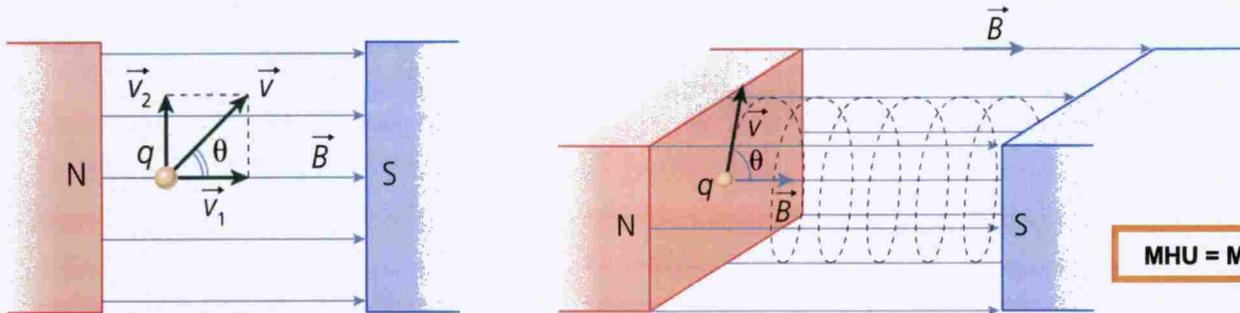


$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot m}{B \cdot q}$$

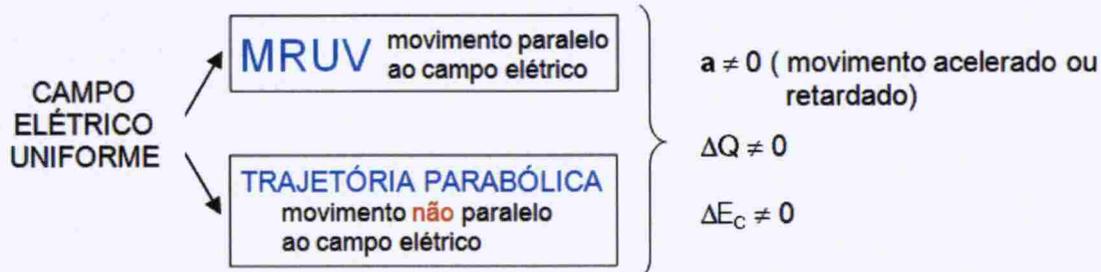
III ) **Movimento Helicoidal Uniforme - MHU**

Quando  $\vec{v}$  é oblíqua a  $\vec{B}$ , a força magnética agente sobre a carga fará com que esta descreva um movimento helicoidal uniforme. Isto é fácil de perceber decompondo  $\vec{v}$  nas direções paralela ( $\vec{v}_1$ ) e normal ( $\vec{v}_2$ ) ao vetor indução  $\vec{B}$ . A componente  $\vec{v}_1$ , tende a fazer com que a partícula execute movimento retilíneo uniforme na direção de  $\vec{B}$ , ao mesmo tempo que a componente  $\vec{v}_2$  tende a fazer com que a partícula execute movimento circular uniforme em um plano perpendicular a  $\vec{B}$ , a composição dos dois movimentos resultará helicoidal e uniforme.



**MHU = MRU + MCU**

**ANÁLISE DO  $\vec{B}$  e  $\vec{E}$**

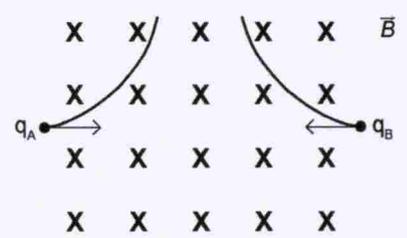


## MODELAGEM

**PUCRS.**

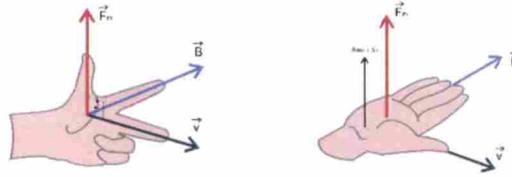
Duas cargas elétricas,  $q_A$  e  $q_B$ , de massas iguais são lançadas perpendicularmente às linhas de indução magnética no interior de um campo magnético  $\vec{B}$  constante no espaço e no tempo. Sabe-se que as cargas ficam sujeitas a forças magnéticas no interior desse campo.

A partir das trajetórias representadas na figura, em que x representa o campo magnético entrando perpendicularmente ao plano da página, é possível afirmar que a natureza elétrica das cargas **A** e **B** seja, respectivamente



- A) negativa e positiva.
- B) negativa e negativa.
- C) positiva e positiva.
- D) positiva e negativa.

Aplicando-se a regra da mão para força magnética, verifica-se que para os desvios mostrados o sinal de A deve ser positiva e a de B negativa.

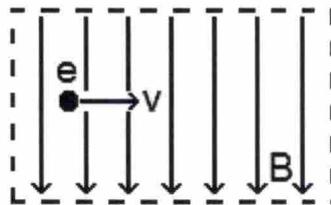


Resposta: D

## MODELAGEM

UFRGS.

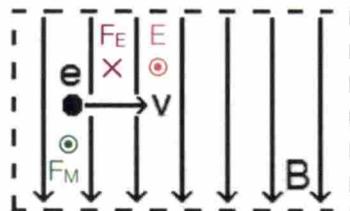
Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas no fim do enunciado que segue, na ordem em que aparecem. Um elétron atravessa, com velocidade constante de módulo  $v$ , uma região do espaço onde existem campos elétrico e magnético uniformes e perpendiculares entre si. Na figura abaixo, estão representados o campo magnético, de módulo  $B$ , e a velocidade do elétron, mas o campo elétrico não está representado.



Desconsiderando-se qualquer outra interação, é correto afirmar que o campo elétrico ..... página, perpendicularmente, e que seu módulo vale .....

- A) penetra na –  $vB$
- B) emerge da –  $vB$
- C) penetra na –  $eB$
- D) emerge da –  $eB$
- E) penetra na –  $E/B$

$$F_E = E \cdot q$$



$$F_R = 0$$

$$F_E = F_M$$

$$E \cdot q = B \cdot q \cdot v$$

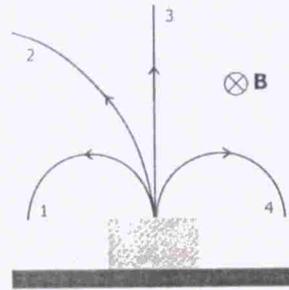
$$E = B \cdot v$$

Resposta: B

## MODELAGEM

UFRGS.

A radioatividade é um fenômeno em que átomos com núcleos instáveis emitem partículas ou radiação eletromagnética para se estabilizar em uma configuração de menor energia. O esquema abaixo ilustra as trajetórias das emissões radioativas  $\alpha$ ,  $\beta^+$ ,  $\beta^-$  e  $\gamma$  quando penetram em uma região do espaço onde existe um campo magnético uniforme  $B$  que aponta perpendicularmente para dentro da página. Essas trajetórias se acham numeradas de 1 a 4 na figura.



Sendo  $\alpha$  um núcleo de hélio,  $\beta^+$  um elétron de carga positiva (pósitron),  $\beta^-$  um elétron e  $\gamma$  um fóton de alta energia, assinale a alternativa que identifica corretamente os números correspondentes às trajetórias das referidas emissões, na ordem em que foram citadas.

- A) 1 – 2 – 4 – 3
- B) 2 – 1 – 4 – 3
- C) 3 – 4 – 1 – 2
- D) 4 – 3 – 2 – 1
- E) 1 – 2 – 3 – 4

A partícula 3 por não sofrer desvio não sofre ação de força magnética, o que só pode se dever ao fato de não possuir carga ( $F = B \cdot q \cdot v \cdot \sin \theta$ ).

Aplicando uma das regras de mão, verifica-se que 1 e 2 são partículas positivamente carregadas e 4 negativamente carregada.

As diferenças entre 1 e 2 estão nos raios ( $R = m \cdot v / q \cdot B$ ). Existe uma diferença de carga entre elas, mas a diferença de massas é muito maior. Sendo a massa de alfa muito maior do que a de beta+, seu raio é muito maior.

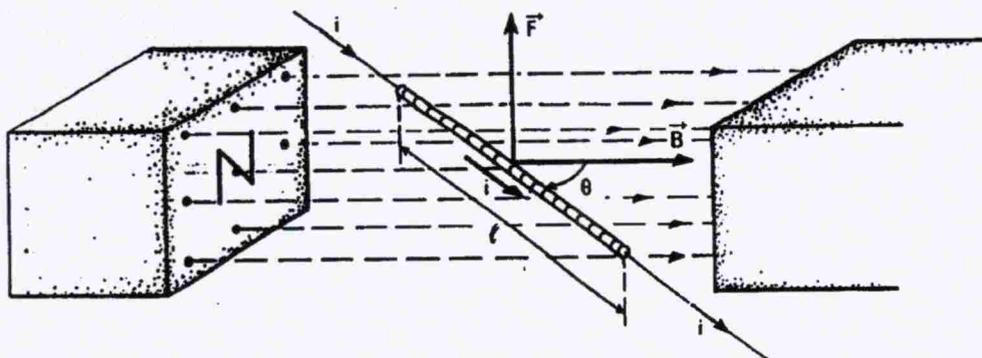
**Resposta: A**

## ▪ Parte 2

Corrente

### Ação de campo magnético sobre corrente elétrica

Considere um fio condutor reto, de comprimento  $L$ , percorrido por uma corrente elétrica  $i$ , mergulhado perpendicularmente em um campo magnético uniforme  $B$ . Devido ao movimento de elétrons no condutor, surge sobre o mesmo uma força magnética  $F$ .



Vetor força magnética ( $\vec{F}$ ):



Módulo :

$$F = B \cdot i \cdot l \cdot \text{sen } \theta$$

onde :

F = módulo da força magnética que atua na carga ( N )

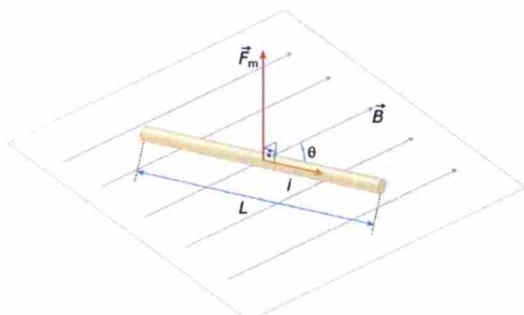
B = intensidade do campo magnético ( T )

i = intensidade da corrente elétrica ( A )

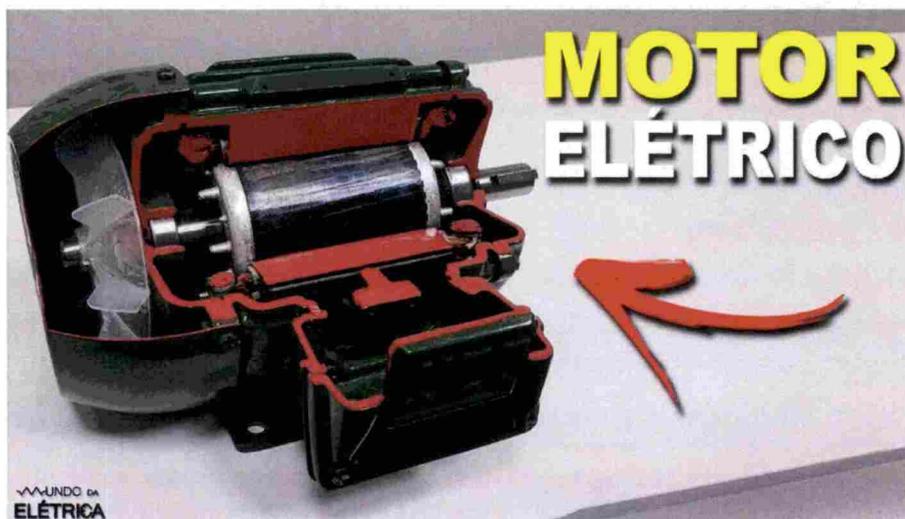
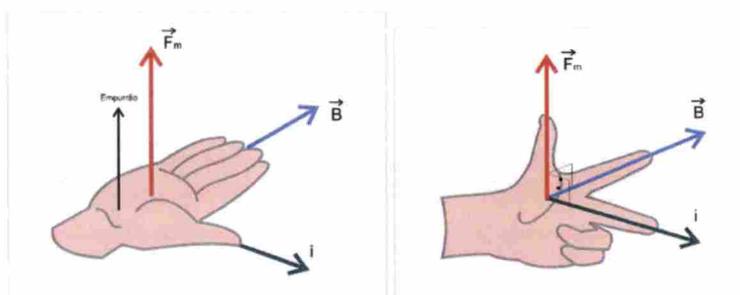
l = comprimento do condutor retilíneo ( m )

$\theta$  = ângulo entre a corrente e o vetor B (varia de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ )

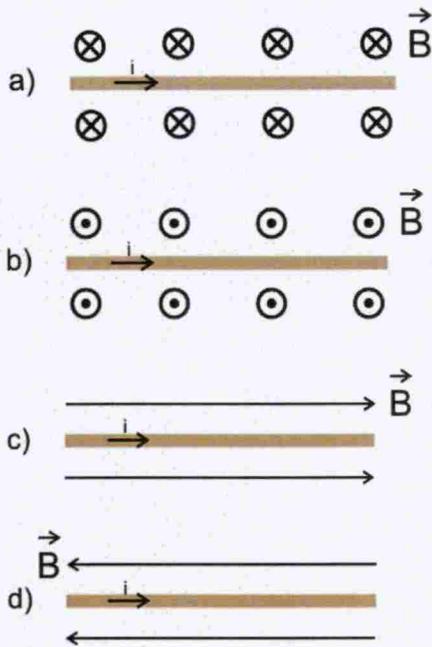
**Direção :**  $\vec{F}$  é perpendicular á  $\vec{B}$  e ao fio.



**Sentido :** Regra da mão esquerda ou regra do tapa (mão direita)



EXEMPLOS :

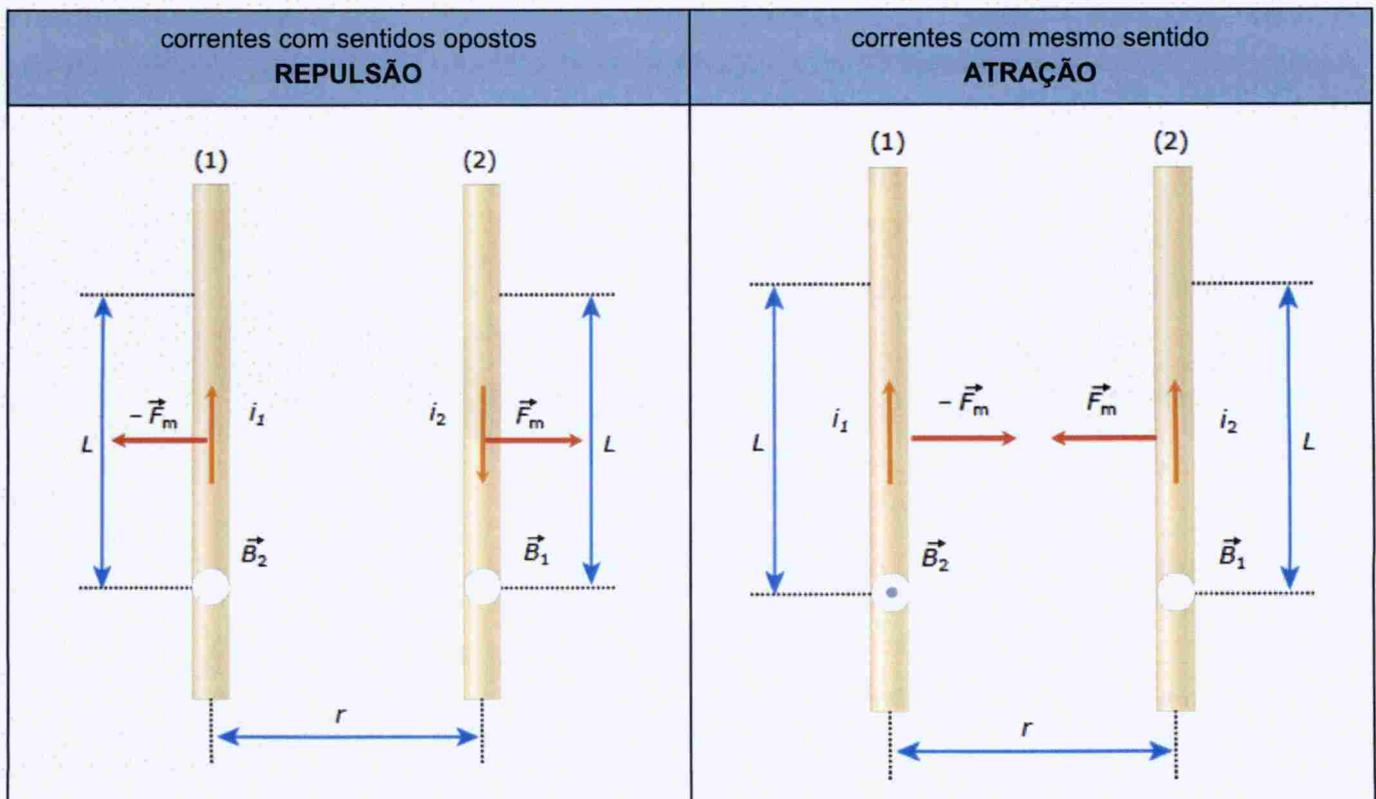


### Parte 3

### Interação entre correntes

#### Força magnética entre condutores percorridos por corrente elétrica

Entre dois condutores retos e extensos, paralelos, percorridos por correntes, a força magnética será de atração se as correntes tiverem o mesmo sentido e de repulsão se tiverem sentidos opostos. Em ambos os casos, a intensidade da força que um condutor extenso exerce sobre o outro obedece a 3ª lei de Newton.



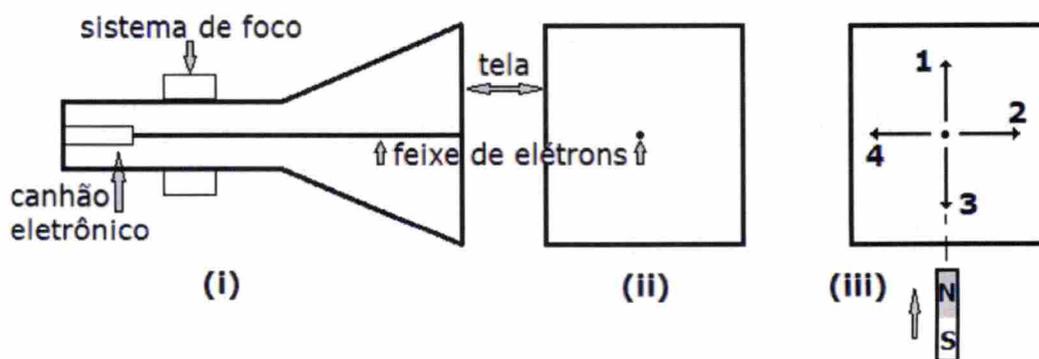


$$F_{1,2} = F_{2,1} = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{i_1 \cdot i_2}{r} \cdot l \quad \Rightarrow$$

## DESAFIO

UFRGS.

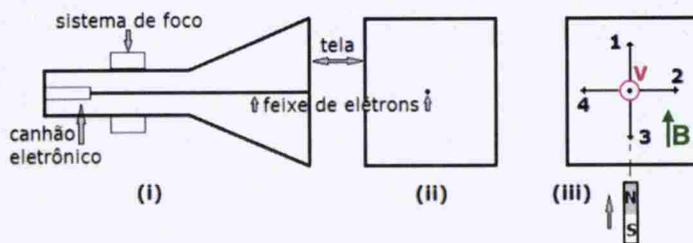
A figura (i) abaixo esquematiza um tubo de raios catódicos. Nele, um feixe de elétrons é emitido pelo canhão eletrônico, é colimado no sistema de foco e incide sobre uma tela transparente que se ilumina no ponto de chegada. Um observador posicionado em frente ao tubo vê a imagem representada em (ii). Um ímã é então aproximado da tela, com velocidade constante e vertical, conforme mostrado em (iii).



Assinale a alternativa que descreve o comportamento do feixe após sofrer a influência do ímã.

- A) O feixe será desviado seguindo a seta 1.
- B) O feixe será desviado seguindo a seta 2.
- C) O feixe será desviado seguindo a seta 3.
- D) O feixe será desviado seguindo a seta 4.
- E) O feixe não será desviado.

O importante na questão é o candidato entender o enunciado antes de focar no desenho. O observador está colocado em frente ao tubo, ou seja, na esquerda dele na figura i. Vendo o tubo de frente a partir dessa posição, ele visualiza ii. Então aplica uma das regras de mão com o elétron saindo para ele e o campo magnético do ímã para cima. A força sobre o elétron aponta para 2.

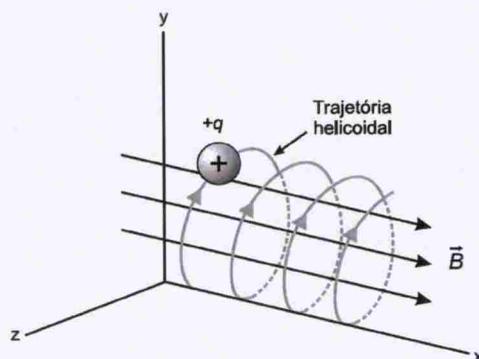


**Resposta: B**

## DESAFIO

ENEM 2019.

O espectrômetro de massa de tempo de voo é um dispositivo utilizado para medir a massa de íons. Nele, um íon de carga elétrica  $q$  é lançado em uma região de campo magnético constante  $B$ , descrevendo uma trajetória helicoidal, conforme a figura. Essa trajetória é formada pela composição de um movimento circular uniforme no plano  $yz$  e uma translação ao longo do eixo  $x$ . A vantagem desse dispositivo é que a velocidade angular do movimento helicoidal do íon é independente de sua velocidade inicial. O dispositivo então mede o tempo  $t$  de voo para  $N$  voltas do íon. Logo, com base nos valores  $q$ ,  $B$ ,  $N$  e  $t$ , pode-se determinar a massa do íon.



A massa do íon medida por esse dispositivo será

- A)  $qBt/2\pi N$
- B)  $qBt/\pi N$
- C)  $2qBt/\pi N$
- D)  $qBt/N$
- E)  $2qBt/N$

A questão é interessante e ao mesmo tempo de elevada dificuldade. Finalmente uma prova cobrando o Movimento Helicoidal Uniforme. Mas na realidade ele não chega a ser o elemento principal da questão, mas sim o M.C.U., que é parte dele.

A questão considera  $t$  como o tempo total para o movimento. Seria importante, então, lembrarmos do período do M.C.U., tantas vezes citado em aula. O tempo  $t$  é o tempo de cada volta ( $T$ ) multiplicado pelo número de voltas.

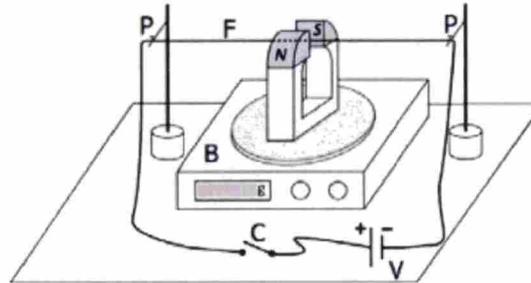
$$t = N \cdot T \rightarrow t = N \cdot (m \cdot 2\pi / q \cdot B) \rightarrow m = q \cdot B \cdot t / 2\pi N$$

**Resposta: A**

## DESAFIO



**UFRGS.** No esquema da figura abaixo, o fio F, horizontalmente suspenso e fixo nos pontos de suporte P, passa entre os polos de um ímã, em que o campo magnético é suposto horizontal e uniforme. O ímã, por sua vez, repousa sobre uma balança B, que registra seu peso.



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. Em dado instante, a chave C é fechada, e uma corrente elétrica circula pelo fio. O fio sofre uma força vertical, ....., e o registro na balança .....

- A) para baixo – não se altera.
- B) para baixo – aumenta.
- C) para baixo – diminui.
- D) para cima – aumenta.
- E) para cima – diminui.

Aplicando-se a regra da mão para força magnética sobre o fio, percorrido por uma corrente para a direita (do polo positivo para o negativo do gerador), verifica-se a ação de uma força magnética para cima. Aplicando-se a 3ª Lei de Newton, se o ímã empurra o fio para cima, o fio empurra o ímã para baixo com uma força magnética de mesmo módulo. Dessa forma, a leitura na balança aumenta. Apenas para efeito de comentário, se invertêssemos a corrente, a leitura na balança diminuiria.

**Resposta: D**



## ANOTAÇÕES

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

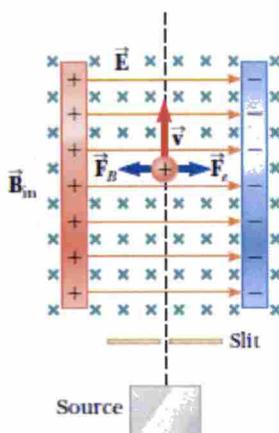




trico e magnético, orientados conforme a figura. Um campo elétrico uniforme é dirigido para a direita, e um campo magnético uniforme é aplicado na direção perpendicular ao campo. Se uma carga  $q$  é positiva e se move para cima com velocidade  $v$ , a força magnética  $Bvq$  é para a esquerda e a força elétrica  $Eq$  é para a direita. Se a magnitude dos campos for tal que  $Bvq = Eq$ , as forças se cancelam e a carga se move em uma linha reta na região dos campos. Da expressão  $Bvq = Eq$  nós vemos que

$$v = \frac{E}{B}$$

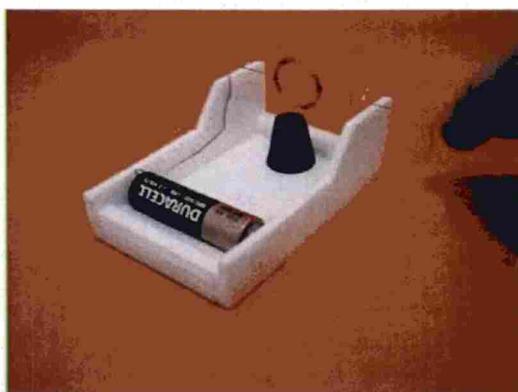
Isso significa que para que as forças se cancelem (e a partícula siga em linha reta), a velocidade deve ter exatamente o mesmo valor que a razão dos campos. Somente partículas com exatamente essa velocidade vão passar pela região.



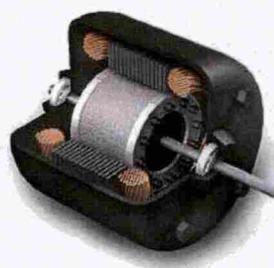
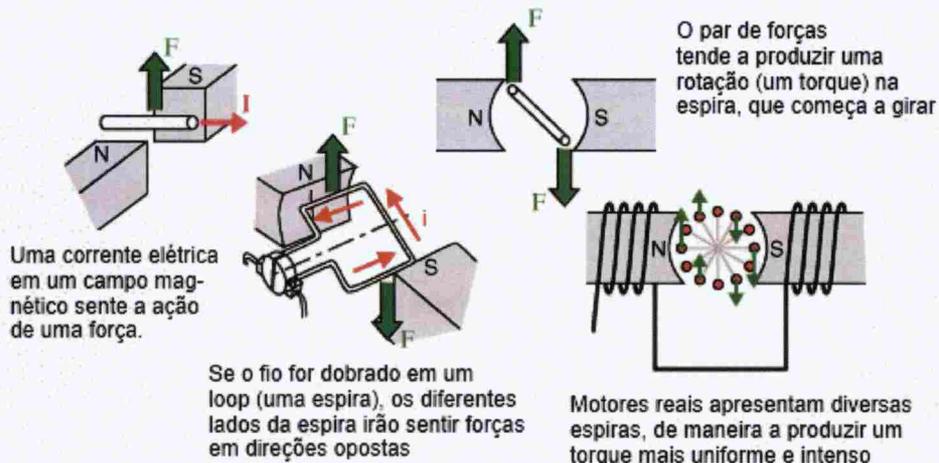
## LEITURA 2

### Motor Elétrico Simples

Cargas em movimento no interior de um campo magnético sofrem a ação de uma força magnética, que altera a direção do movimento destas cargas. Um fio percorrido por corrente no interior de um campo magnético, então, sofre a ação de uma força magnética (já que apresenta cargas em movimento), conforme pode ser visto neste experimento.



Um motor elétrico simples consiste em uma espira condutora (basicamente um fio condutor enrolado) imersa em um campo magnético externo. Conectando essa espira aos terminais de um gerador, ela passa a ser percorrida por uma corrente elétrica, a qual interage com o campo magnético externo, ficando submetida à ação de uma força que atua no fio, forçando a espira a girar.





## QUESTÕES PÓS-AULA

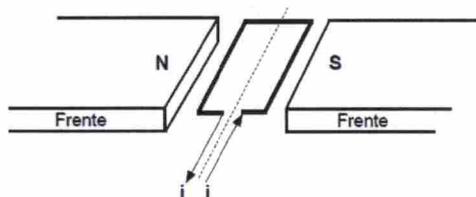
As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

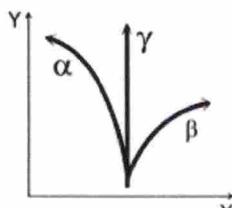
**386. PUCRS.** A figura a seguir mostra a posição inicial de uma espira retangular acoplada a um eixo de rotação, sob a ação de um campo magnético originado por ímãs permanentes, e percorrida por uma corrente elétrica. A circulação dessa corrente determina o aparecimento de um par de forças na espira, que tende a movimentá-la.



Em relação aos fenômenos físicos observados pela interação dos campos magnéticos originados pelos ímãs e pela corrente elétrica, é correto afirmar que

- A) o vetor indução magnética sobre a espira está orientado do polo **S** para o polo **N**.
- B) o vetor indução magnética muda o sentido da orientação enquanto a espira se move.
- C) a espira, percorrida pela corrente **i**, tende a mover-se no sentido horário quando vista de frente.
- D) a força magnética que atua no lado da espira próximo ao polo **N** tem orientação vertical para baixo.
- E) a força magnética que atua no lado da espira próximo ao polo **S** tem orientação vertical para cima.

**387. UFRGS.** Partículas  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são emitidas por uma fonte radioativa e penetram em uma região do espaço onde existe um campo magnético uniforme. As trajetórias são coplanares com o plano desta página e estão representadas na figura que segue.





Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do enunciado abaixo. A julgar pelas trajetórias representadas na figura acima, o campo magnético ..... plano da figura.

- A) aponta no sentido positivo do eixo X, no
- B) aponta no sentido negativo do eixo X, no
- C) aponta no sentido positivo do eixo Y, no
- D) entra perpendicularmente no
- E) sai perpendicularmente do

**388. UFRGS.** Dois campos, um elétrico e outro magnético, antiparalelos, coexistem em certa região do espaço. Uma partícula eletricamente carregada é liberada, a partir do repouso, em um ponto qualquer dessa região. Assinale a alternativa que indica a trajetória que a partícula descreve.

- A) Circunferencial
- B) Elipsoidal
- C) Helicoidal
- D) Parabólica
- E) Retilínea



**389. UPF.** Sobre conceitos de eletricidade e magnetismo, são feitas as seguintes afirmações:

I. Se uma partícula com carga não nula se move num campo magnético uniforme perpendicularmente à direção do campo, então a força magnética sobre ela é nula.

II. Somente ímãs permanentes podem produzir, num dado ponto do espaço, campos magnéticos de módulo e direção constantes.

III. Quando dois fios condutores retilíneos longos são colocados em paralelo e percorridos por correntes elétricas contínuas de mesmo módulo e sentido, observa-se que os fios se atraem.

IV. Uma carga elétrica em movimento pode gerar campo magnético, mas não campo elétrico.

Está correto apenas o que se afirmar em:

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



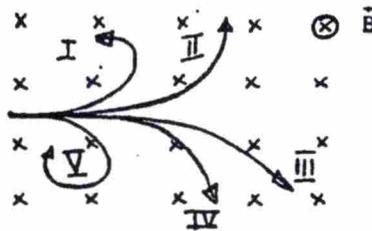
**390. UPF.** Considere uma partícula com carga positiva  $q$ , a qual se move em linha reta com velocidade constante  $v$ . Em um determinado instante, esta partícula penetra numa região do espaço onde existe um campo magnético uniforme  $B$ , cuja orientação é perpendicular à trajetória da partícula. Como resultado da interação da carga com o campo magnético, a partícula sofre a ação de uma força magnética  $F_m$ , cuja direção é sempre perpendicular à direção do campo e ao vetor velocidade instantânea da carga. Assim, a partícula passa a descrever um movimento circular uniforme num plano perpendicular ao  $B$ . Supondo que o módulo da velocidade da partícula seja  $v = 9 \times 10^3$  m/s; que o módulo do campo magnético seja  $B = 2 \times 10^{-3}$  T; e que o raio da circunferência descrita pela partícula seja  $R = 3$  cm, é correto afirmar que, nessas condições, a relação carga/massa ( $q/m$ ) da partícula é de:





- A)  $3,0 \times 10^8 \text{ C.kg}^{-1}$
- B)  $3,0 \times 10^7 \text{ C.kg}^{-1}$
- C)  $1,5 \times 10^8 \text{ C.kg}^{-1}$
- D)  $1,5 \times 10^7 \text{ C.kg}^{-1}$
- E)  $4,5 \times 10^6 \text{ C.kg}^{-1}$

**391. PUCRS.** As trajetórias seguidas por partículas eletrizadas podem ser visualizadas em câmaras apropriadas. A figura representa algumas trajetórias em um campo magnético uniforme  $\vec{B}$ .



Examinando a figura e supondo que todas as partículas sejam de mesma massa, pode-se afirmar que a partícula com carga negativa e com maior velocidade descreve a trajetória

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

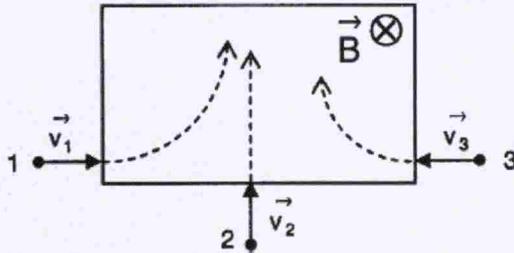
**392. ULBRA.** Considere essa página uma região do espaço, onde existe um campo magnético uniforme paralelo a mesma, orientado de baixo para cima, com módulo de  $1,5 \times 10^{-4} \text{ T}$ . Uma carga de  $Q = -4\mu\text{C}$  é lançada, horizontalmente, da direita para a esquerda, com uma velocidade de  $6 \times 10^5 \text{ m/s}$ . Qual o módulo e a orientação do campo elétrico que devem ser aplicados nessa região, para que a carga mantenha seu vetor velocidade constante?



- A) 90 N/C; perpendicular à página e entrando na mesma.
- B) 90 N/C; perpendicular à página e saindo da mesma.
- C) 60 N/C; perpendicular à página e saindo da mesma.
- D)  $3,6 \times 10^{-4} \text{ N/C}$ ; paralelo à página, da esquerda para a direita.
- E)  $3,6 \times 10^{-4} \text{ N/C}$ ; paralelo à página, da direita para a esquerda.

**393. PUCRS.** A figura mostra uma região onde existe um campo magnético uniforme perpendicular à página e orientado para dentro da mesma. As linhas indicadas correspondem às trajetórias de três partículas – um elétron, um próton e um nêutron – lançadas a partir dos pontos 1, 2 e 3 para dentro dessa região.





Considerando apenas a ação do campo magnético, pode-se afirmar que:

- A) O nêutron foi lançado do ponto 1 e o próton foi lançado do ponto 2.
- B) O elétron foi lançado do ponto 2 e o nêutron foi lançado do ponto 3.
- C) O próton foi lançado do ponto 3 e o elétron foi lançado do ponto 2.
- D) O nêutron foi lançado do ponto 2 e o elétron foi lançado do ponto 3.
- E) O elétron foi lançado do ponto 3 e o nêutron foi lançado do ponto 1.

**394. UFRGS.** A figura abaixo representa uma região do espaço no interior de um laboratório, onde existe um campo magnético estático e uniforme. As linhas do campo apontam perpendicularmente para dentro da folha, conforme indicado. Uma partícula carregada negativamente é lançada a partir do ponto P com velocidade inicial  $v_0$  em relação ao laboratório.



Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes ao movimento subsequente da partícula, com respeito ao laboratório.



- ( ) Se  $v_0$  for perpendicular ao plano da página, a partícula seguirá uma linha reta, mantendo sua velocidade inicial.
- ( ) Se  $v_0$  apontar para a direita, a partícula se desviará para o pé da página.
- ( ) Se  $v_0$  apontar para o alto da página, a partícula se desviará para a esquerda.

A seqüência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- A) V - V - F.
- B) F - F - V.
- C) F - V - F.
- D) V - F - V.
- E) V - V - V.

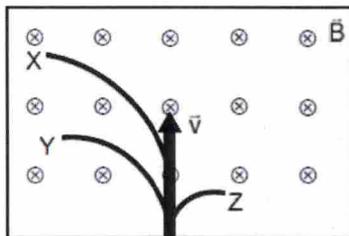


**INSTRUÇÃO :** Responder à questão **395** com base nas informações e na figura.

Há poucos meses, a mídia internacional comentou um experimento utilizando um super-acelerador de partículas, o LHC (em português, Grande Colisor de Hádrons), que pretende promover uma colisão entre prótons para testar um modelo que interpreta as partículas elementares e suas interações. Basicamente, um acelerador de partículas utiliza campos elétricos e magnéticos para acelerar e provocar as colisões entre partículas. Entre outras teorias, o eletromagnetismo contribui para a descrição dos efeitos desses campos sobre partículas, de acordo com suas propriedades.

A figura representa partes das trajetórias assumidas por três tipos de partículas X, Y e Z, lançadas verticalmente com a mesma velocidade  $\vec{v}$  em uma região onde existe um campo magnético  $\vec{B}$  constante.

A direção desse campo é perpendicular ao plano da página, no sentido para dentro, como informa a representação  $\otimes$ .



**395. PUCRS.** Nesse caso, é correto concluir que

- A) a partícula Z não sofre o efeito do campo magnético.
- B) todas as partículas têm o mesmo sinal de carga elétrica.
- C) se todas as partículas tiverem a mesma massa, as partículas X têm mais carga.
- D) a força magnética sobre as partículas é anulada pelo desvio destas.
- E) se as cargas das partículas Y e Z têm a mesma intensidade, a massa de Y será maior do que a de Z.

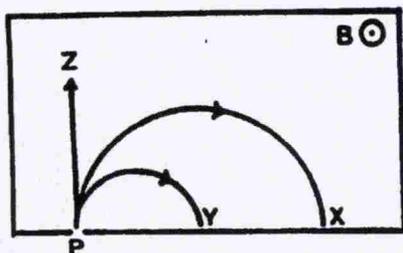


**396. UFRGS.** A tabela apresenta a massa e a carga elétrica de três partículas elementares.

partícula	massa	carga elétrica
Nêutron	m	nula
Próton	m	+e
Déuteron	2m	+e

Quando essas partículas são lançadas com a mesma velocidade no ponto P da região delimitada pelo retângulo, onde existe um campo magnético uniforme B saindo perpendicularmente na folha pelas descrevem as trajetórias X, Y e Z, conforme mostra a figura.

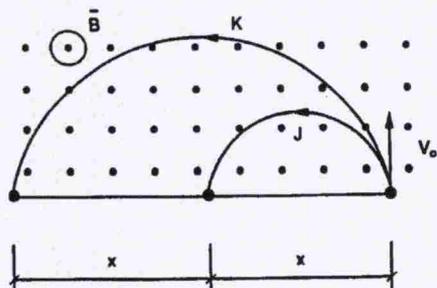




Analisando os dados da tabela e as trajetórias descritas, verifica-se que as partículas que descrevem as trajetórias X, Y e Z são, respectivamente,

- A) nêutron, próton e dêuteron.
- B) próton, nêutron e dêuteron.
- C) próton, dêuteron e nêutron.
- D) dêuteron, nêutron e próton.
- E) dêuteron, próton e nêutron.

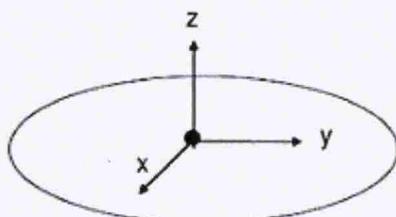
397. Duas cargas elétricas J e K, de mesma massa, são lançadas perpendicularmente a um campo magnético uniforme com as mesmas velocidades. As trajetórias seguidas por elas estão mostradas na figura.



Assim, a razão entre as cargas elétricas J e K é igual a

- A) 1
- B) 2
- C) 4
- D) 1 / 2
- E) 1 / 4

398. UFRGS. A figura representa um anel condutor pelo qual circula uma corrente elétrica constante I, no sentido anti-horário.





Se um elétron for lançado no ponto central C com velocidade  $v_0$  na direção e no sentido do eixo z, indicado na figura, a força magnética sobre ele, no momento do lançamento,

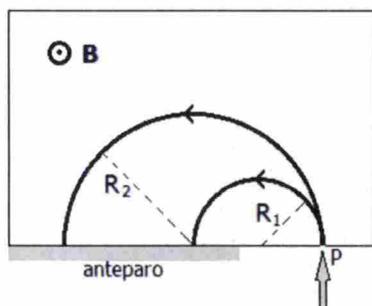
- A) é nula.
- B) tem a direção do eixo x.
- C) tem a direção do eixo y.
- D) tem a direção do eixo z.
- E) não é nula, mas tem uma direção diferente daquelas assinaladas nas alternativas (B), (C) e (D).

**399. UPF.** As partículas subatômicas (elétrons, prótons e nêutrons) apresentam comportamentos específicos quando se encontram em uma região do espaço onde há um campo elétrico (**E**) ou magnético (**B**). Sobre esse assunto, é **correto** afirmar:



- A) Um elétron em movimento numa região do espaço onde há um **B** uniforme experimenta a ação de uma força na mesma direção de **B**, mas com sentido oposto.
- B) Um próton em movimento numa região do espaço onde há um **B** uniforme experimenta a ação de uma força na mesma direção de **B**, mas com sentido oposto.
- C) Um elétron em movimento numa região do espaço onde há um **E** uniforme experimenta a ação de uma força na mesma direção de **E**, mas com sentido oposto.
- D) Um próton em movimento numa região do espaço onde há um **E** uniforme experimenta a ação de uma força na mesma direção de **E**, mas com sentido oposto.
- E) Um nêutron em movimento numa região do espaço onde há um **E** uniforme experimenta a ação de uma força na mesma direção de **E**, mas com sentido oposto.

**400. UFRGS.** Duas partículas, com cargas  $q_1$  e  $q_2$  e massas  $m_1$  e  $m_2$ , penetram com a mesma velocidade de módulo  $v$ , através do orifício P, em uma região de campo magnético uniforme **B**, dirigido perpendicularmente para fora desta página, conforme representa a figura abaixo.



As partículas, descrevem órbitas circunferenciais de raios diferentes  $R_1$  e  $R_2$ , tais que  $R_2 = 2 R_1$ . Com base na descrição acima, podemos garantir que estas partículas possuem



- A) o mesmo período orbital.
- B) valores iguais de quantidade de movimento linear.
- C)  $m_1 = m_2 / 2$
- D)  $q_1 = 2 q_2$
- E)  $q_1 / m_1 = 2 q_2 / m_2$

**401. UPF.** Durante uma experiência em um laboratório de física, uma gota minúscula de óleo de massa  $m$  carregada eletricamente com carga  $q$  flutua estaticamente numa região do espaço onde existem dois campos uniformes além do campo gravitacional: o primeiro é um campo elétrico na direção vertical com sentido de cima para baixo e o segundo, um campo magnético horizontal. Sobre esta experiência são feitas as seguintes afirmações:

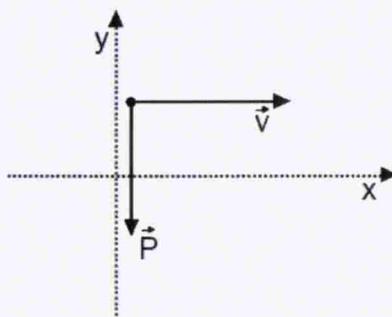


- I. A carga elétrica da gota de óleo é positiva.
- II. A força elétrica que atua sobre a gota equilibra a força peso; por isso, a gota flutua estaticamente.
- III. As forças elétrica e magnética que atuam sobre a gota equilibram a força peso; por isso, a gota flutua estaticamente.
- IV. A gota está estática; por isso, não há força magnética atuando sobre ela.

Dessas afirmações são corretas:

- A) Somente I e II
- B) Somente II e III
- C) Somente I, II e III
- D)
- E) Somente II e IV
- F) Todas são corretas.

**402. PUCRS.** Uma partícula eletrizada positivamente de massa  $4\text{mg}$  é lançada horizontalmente para a direita no plano  $xy$ , conforme a figura a seguir, com velocidade  $v$  de  $100\text{m/s}$ . Deseja-se aplicar à partícula um campo Magnético  $B$ , de tal forma que a força magnética equilibre a força peso  $P$ .



Considerando  $q=2 \times 10^{-7} \text{ C}$  e  $g=10\text{m/s}^2$ , o módulo, a direção e o sentido do vetor campo magnético são, respectivamente,



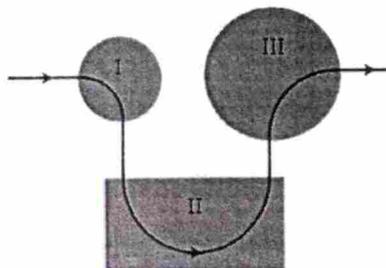
- A)  $2 \times 10^6 T$ , perpendicular à  $\vec{v}$  e saindo do plano  $xy$ .
- B)  $2 \times 10^6 T$ , paralelo à  $\vec{v}$  e entrando no plano  $xy$ .
- C)  $2T$ , perpendicular à  $\vec{v}$  e saindo do plano  $xy$ .
- D)  $2T$ , perpendicular à  $\vec{v}$  e entrando no plano  $xy$ .
- E)  $2T$ , paralelo à  $\vec{v}$  e saindo do plano  $xy$ .

**403.** Uma partícula  $\alpha$  (2 prótons + 2 nêutrons) e um dêuteron (1 próton + 1 nêutron) são lançados com a mesma velocidade inicial, perpendicularmente às linhas de indução de uma campo magnético uniforme. As partículas vão descrever movimentos circulares e uniformes. Sejam  $R_\alpha$  e  $T_\alpha$  o raio da circunferência e o período do movimento descrito pela partícula  $\alpha$  e  $R_D$  e  $T_D$  os respectivos valores para o movimento do dêuteron. Admita que a partícula  $\alpha$  e o dêuteron se movam sob a ação exclusiva do campo magnético. Assinale a opção certa:



- A)  $R_\alpha = R_D$  e  $T_\alpha = T_D$
- B)  $R_\alpha = R_D$  e  $T_\alpha < T_D$
- C)  $R_\alpha = R_D$  e  $T_\alpha > T_D$
- D)  $R_\alpha < R_D$  e  $T_\alpha < T_D$
- E)  $R_\alpha > R_D$  e  $T_\alpha > T_D$

**404. UFRGS.** Na figura abaixo, está representada a trajetória de uma partícula de carga negativa que atravessa três regiões onde existem campos magnéticos uniformes e perpendiculares à trajetória da partícula.

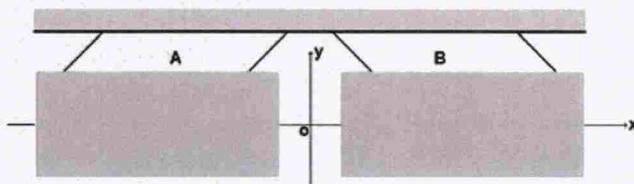


Nas regiões I e III, as trajetórias são quartos de circunferências e, na região II, a trajetória é uma semicircunferência. A partir da trajetória representada, pode-se afirmar corretamente que os campos magnéticos nas regiões I, II e III, em relação à página, estão respectivamente,

- A) Entrando, saindo e entrando.
- B) Entrando, saindo e saindo.
- C) Saindo, saindo e entrando.
- D) Entrando, entrando e entrando.
- E) Saindo, entrando e saindo.



405. UFRGS. Observe a figura abaixo. Nesta figura, A e B representam ímãs permanentes cilíndricos idênticos, suspensos por cordas. Os ímãs estão em equilíbrio com seus eixos alinhados. A origem do sistema de coordenadas está localizada sobre o eixo dos cilindros, a meia distância entre eles. Nessa origem encontra-se um núcleo  $\beta$ -radioativo que, em certo momento, emite um elétron cuja velocidade inicial aponta perpendicularmente para dentro dessa página (sentido  $-z$ ).



Desprezando-se o efeito da força gravitacional, a trajetória seguida pelo elétron será

- A) defletida no sentido  $+x$ .
- B) defletida no sentido  $-x$ .
- C) defletida no sentido  $+y$ .
- D) defletida no sentido  $-y$ .
- E) retilínea no sentido  $-z$ .

406. UPF. Um elétron experimenta a ação de uma força magnética quando se encontra numa região do espaço onde há um campo magnético uniforme. Em relação ao comportamento do elétron, é **correto** afirmar que



- A) o elétron não pode estar em repouso.
- B) o elétron se movimenta numa direção paralela à direção do campo magnético.
- C) pela ação da força magnética, o elétron experimenta uma desaceleração na direção paralela ao campo magnético.
- D) a força magnética independe da carga do elétron.
- E) como o campo magnético é uniforme, a força magnética atuante sobre o elétron é constante e independente da sua velocidade.

407. UPF. Considere uma região do espaço onde existe um campo magnético uniforme cujas linhas de indução são verticais com sentido para cima. Suponha que uma partícula carregada negativamente se movimenta horizontalmente da direita para a esquerda com velocidade constante e penetre na região do campo. Sobre o comportamento da partícula analise as afirmações que seguem.



- I.O campo magnético interage com a partícula diminuindo o módulo da velocidade.
- II.O campo magnético interage com a partícula, mas não influencia no módulo da sua velocidade.
- III.O campo magnético interage com a partícula e modifica a direção original do deslocamento dessa partícula.
- IV.O módulo da força magnética sobre a partícula é zero.



Está **correto** apenas o que se afirmar em:

- A) I e II.
- B) II e III.
- C) III e IV.
- D) I e III.
- E) II e IV.

**408. UPF.** Durante uma experiência em um laboratório de física, uma gota minúscula de óleo de massa  $m$  carregada eletricamente com carga  $q$  flutua estaticamente numa região do espaço onde existem dois campos uniformes além do campo gravitacional: o primeiro é um campo elétrico na direção vertical com sentido de cima para baixo e o segundo, um campo magnético horizontal. Sobre esta experiência são feitas as seguintes afirmações:

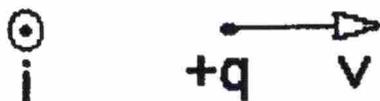


- I. A carga elétrica da gota de óleo é positiva.
- II. A força elétrica que atua sobre a gota equilibra a força peso; por isso, a gota flutua estaticamente.
- III. As forças elétrica e magnética que atuam sobre a gota equilibram a força peso; por isso, a gota flutua estaticamente.
- IV. A gota está estática; por isso, não há força magnética atuando sobre ela.

Dessas afirmações são **corretas**:

- A) Somente I e II
- B) Somente II e III
- C) Somente I, II e III
- D) Somente II e IV
- E) Todas são corretas.

**409. PUCRS.** A figura abaixo representa um fio metálico longo e retilíneo, conduzindo corrente elétrica  $i$ , perpendicularmente e para fora do plano da figura. Um próton move-se com velocidade  $v$ , no plano da figura, conforme indicado.

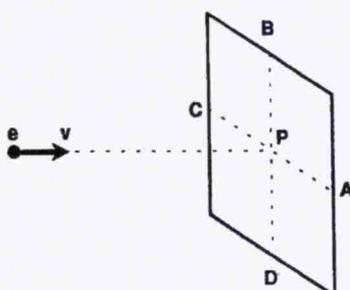


A força magnética que age sobre o próton é



- A) paralela ao plano da figura e para a direita.  
B) paralela ao plano da figura e para a esquerda.  
C) perpendicular ao plano da figura e para dentro.  
D) perpendicular ao plano da figura e para fora.  
E) nula.

410. PUCRS. A figura representa um elétron deslocando horizontalmente com velocidade  $v$ , em direção a um ponto P contido num plano perpendicular à sua trajetória, como mostra a figura.



Para que o elétron seja desviado verticalmente do modo a atingir o ponto B, deve-se aplicar sobre ele um campo

- A) magnético vertical dirigido de B para D.  
B) magnético vertical dirigido de D para B.  
C) magnético horizontal dirigido de C para A.  
D) elétrico horizontal dirigido de C para A.  
E) elétrico vertical dirigido de D para B.

411. UPF. Numa experiência realizada num laboratório de pesquisas físicas, quatro feixes, um de elétrons, um de prótons, um de raios-X e um de luz de laser, incidem, em conjunto, no interior de um solenóide utilizado como fonte de campo magnético. O solenóide é composto por um numero muito grande de espiras idênticas, tem comprimento de alguns metros e por ele circula uma corrente continua de vários ampères. Quando o feixe composto incide no interior do solenóide em direção paralela ao seu eixo principal (eixo  $x$ ), pode-se esperar que:



I. O feixe de elétrons se desvie em direção perpendicular ao eixo do solenóide por causa da interação da sua carga com o campo magnético.

II. Os feixes de elétrons e de prótons se desviem em direções perpendiculares ao eixo do solenoide por causa da interação da suas cargas com o campo magnético.

III. Todos os feixes se desviem da sua trajetória original.

IV. O único feixe que não ira se desviar da sua trajetória e o feixe de luz.



Destas afirmações são corretas:

- A) somente I
- B) somente II
- C) somente III
- D) somente IV
- E) Nenhuma e correta.

**412. PUCRS.** Um seletor de velocidades é utilizado para separar partículas de uma determinada velocidade. Para partículas com carga elétrica, um dispositivo deste tipo pode ser construído utilizando um campo magnético e um campo elétrico perpendiculares entre si. Os valores desses campos podem ser ajustados de modo que as partículas que têm a velocidade desejada atravessam a região de atuação dos campos sem serem desviadas. Deseja-se utilizar um dispositivo desse tipo para selecionar prótons que tenham a velocidade de  $3,0 \times 10^4$  m/s. Para tal, um feixe de prótons é lançado na região demarcada pelo retângulo em que existe um campo magnético de  $2,0 \times 10^{-3}$  T, perpendicular à página e nela entrando, como mostra a figura a seguir.



Nessas condições, o módulo e a orientação do campo elétrico aplicado na região demarcada, que permitirá selecionar os prótons com a velocidade desejada, é

- A) 60 V/m – perpendicular ao plano da página – apontando para fora da página
- B) 60 V/m – perpendicular ao plano da página – apontando para dentro da página
- C) 60 V/m – no plano da página – apontando para baixo
- D) 0,15 V/m – no plano da página – apontando para cima
- E) 0,15 V/m – no plano da página – apontando para baixo

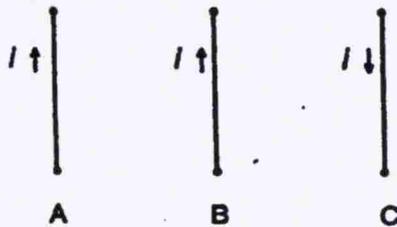
**413. PUCRS.** Dois fios, 1 e 2, longos e retos, são percorridos por correntes  $I_1$  e  $I_2$ , respectivamente, de mesmo sentido e  $I_1 > I_2$ . Os fios estão no vácuo e separados de uma distância  $d$ . Sendo  $F_1$  e  $F_2$  as forças que atuam nos fios 1 e 2, tem-se



- A)  $F_1 < F_2$ , ambas horizontais e de mesmo sentido.
- B)  $F_1 > F_2$ , ambas horizontais e de sentidos contrários.
- C)  $F_1 = F_2$ , ambas horizontais e de sentidos contrários.
- D)  $F_1 = F_2$ , ambas horizontais e de mesmo sentido.
- E)  $F_1 > F_2$ , ambas verticais e de sentidos contrários.



**414. UFRGS.** A figura representa três condutores A, B e C cada um percorrido por uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , com sentidos indicados no desenho.



Nas condições do desenho, pode-se afirmar que sobre o condutor B atua uma força

- A) da esquerda para a direita, no plano da página.
- B) de dentro para fora do plano da página.
- C) da direita para a esquerda, no plano da página.
- D) de fora para dentro do plano da página.
- E) de baixo para cima no plano da página.

**415. UFRGS.** Um fio condutor colocado perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme sofre a ação de uma força de módulo  $F$  quando ele é percorrido por uma corrente elétrica. Dobrando-se a intensidade do campo magnético e reduzindo-se a corrente elétrica à metade, enquanto as demais condições permanecem inalteradas, o fio sofrerá a ação de uma força de módulo

- A)  $F/4$
- B)  $F/2$
- C)  $F$
- D)  $2F$
- E)  $4F$



**416 UPF.** Considere as afirmações a seguir:

- I. Uma carga em movimento numa região do espaço onde há um campo magnético sofre a ação de uma força magnética desde que a direção da velocidade não seja paralela à direção do campo.
- II. O campo magnético no interior de um ímã é nulo.
- III. Quando um fio condutor retilíneo e muito longo é percorrido por uma corrente elétrica constante, cria-se um campo magnético em torno do fio no mesmo sentido da corrente elétrica.

A alternativa que apresenta as afirmações corretas é:

- A) Somente a I
- B) Somente a II
- C) Somente I e II
- D) Somente I e III

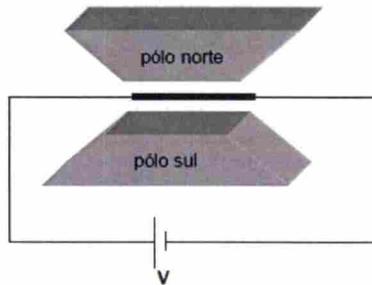




E) Todas são verdadeiras.

**INSTRUÇÃO :** Responder à questão **417** com base no texto e na figura a seguir.

Um fio metálico retilíneo é colocado entre os polos de um ímã e ligado, simultaneamente, a uma fonte de tensão  $V$ , como indica a figura a seguir.



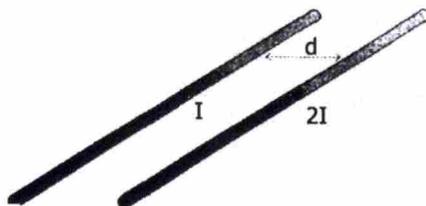
**417 PUCRS.** Nessas circunstâncias, é correto afirmar que a força magnética que atua sobre o fio

- A) é nula, pois a corrente no fio gera um campo magnético que anula o efeito do ímã sobre ele.
- B) é nula, pois o campo elétrico no fio é perpendicular às linhas de indução do ímã.
- C) tem direção paralela às linhas de indução magnética, e o mesmo sentido dessas linhas.
- D) tem direção perpendicular à superfície desta página, e sentido voltado para dentro dela.
- E) tem a direção e o sentido da corrente no fio.



**418. UFRGS.** Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto abaixo, na ordem em que elas aparecem.

A figura abaixo representa dois fios metálicos paralelos, A e B, próximos um do outro, que são percorridos por correntes elétricas de mesmo sentido e de intensidades iguais a  $I$  e  $2I$ , respectivamente.



A força que o fio A exerce sobre o fio B é ..... e sua intensidade é ..... intensidade da força exercida pelo fio B sobre o fio A.

- A) repulsiva - duas vezes maior do que a
- B) repulsiva - igual à
- C) atrativa - duas vezes menor do que a
- D) atrativa - duas vezes maior do que a
- E) atrativa - igual à

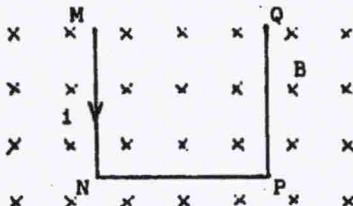




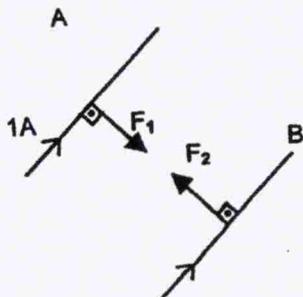
**419. PUCRS.** A figura abaixo representa um campo magnético uniforme de intensidade  $B = 0,2$  tesla e um fio conduzindo uma corrente de 10 ampères, perpendicular ao campo magnético. Supondo o comprimento  $MN = 0,2$  m e  $NP = 0,3$  m, o fio fica submetido a uma força devida ao campo magnético de



- A) 0,3 N
- B) 0,6 N
- C) 0,7 N
- D) 1,0 N
- E) 2,0 N



**420. PUCRS.** Dois fios condutores paralelos, A e B, conduzem correntes de 1A e 2A, respectivamente, e atraem-se conforme a figura.



Da análise desse fenômeno resultam três afirmativas:

- I. O campo magnético produzido pela corrente de 2A é mais intenso do que o produzido pela corrente de 1A.
- II. Os campos magnéticos produzidos pelas duas correntes são iguais.
- III. As forças  $F_1$  e  $F_2$  são iguais em módulo.

O exame das afirmativas permite concluir que a alternativa correta é

- A) I
- B) II
- C) III
- D) I e III
- E) II e III

**421. PUCRS.** Dois longos fios condutores retilíneos e paralelos, percorridos por correntes de mesma intensidade, atraem-se magneticamente com força  $F$ . Duplicando a intensidade da corrente em cada um deles e a distância de separação dos condutores, a intensidade da força magnética que atua entre eles ficará





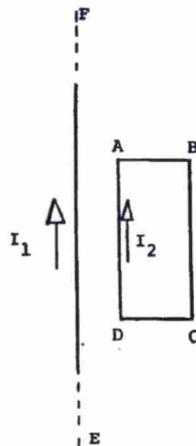
- A) 4F
- B) 3F
- C) 2F
- D) F/2
- E) F/4

**422. UFRGS.** Dois fios condutores retilíneos, paralelos e contidos no mesmo plano, são percorridos por correntes elétricas de mesma intensidade e de sentidos opostos. Aumentando-se essa corrente elétrica em ambos os fios, o que ocorre com a intensidade do campo magnético na região que fica entre os dois fios, e com a força de repulsão magnética entre esses fios, respectivamente ?



- A) aumenta - aumenta
- B) aumenta - diminui
- C) permanece constante - permanece constante
- D) permanece constante - diminui
- E) diminui - aumenta

**423. PUCRS.** O fio longo e retilíneo EF da figura abaixo é percorrido por uma intensidade de corrente elétrica  $I_1$ . Na espira retangular ABCD circula uma corrente  $I_2$ .



Quanto à força exercida sobre a espira pelo campo magnético do fio, pode-se dizer que é

- A) maior no lado AB do que no lado DC.
- B) maior no lado BC do que no lado AD.
- C) maior no lado AD do que no lado BC.
- D) maior no lado DC do que no lado AB.
- E) zero.

**424. UPF.** Considere um campo magnético uniforme cujas linhas de indução são horizontais com sentido para a direita. Suponha, em seguida, que um fio condutor retilíneo seja colocado em direção perpendicularmente às linhas de indução do campo. Nestas condições, quando uma corrente contínua percorre o fio são feitas as seguintes afirmações:





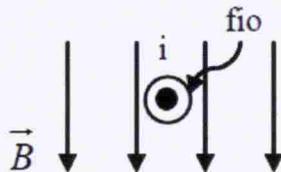
- I. O campo magnético interage com as cargas em movimento, gerando uma força na direção vertical para cima.
- II. O módulo da força magnética é proporcional à intensidade do campo.
- III. O módulo da força magnética independe da intensidade da corrente que percorre o fio.
- IV. O módulo da força magnética independe do sentido da corrente que percorre o fio.

A(s) afirmação(ões) que melhor representa(m) a situação é (são):

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

**INSTRUÇÃO :** Resolver a questão **425** com base nas informações a seguir.

O músculo cardíaco sofre contrações periódicas, as quais geram pequenas diferenças de potencial, ou tensões elétricas, entre determinados pontos do corpo. A medida dessas tensões fornece importantes informações sobre o funcionamento do coração. Uma forma de realizar essas medidas é através de um instrumento denominado eletrocardiógrafo de fio. Esse instrumento é constituído de um ímã que produz um campo magnético intenso por onde passa um fio delgado e flexível. Durante o exame, eletrodos são posicionados em pontos específicos do corpo e conectados ao fio. Quando o músculo cardíaco se contrai, uma tensão surge entre esses eletrodos e uma corrente elétrica percorre o fio.



Utilizando um modelo simplificado, o posicionamento do fio retilíneo no campo magnético uniforme do ímã do eletrocardiógrafo pode ser representado como indica a figura a seguir, perpendicularmente ao plano da página, e com o sentido da corrente saindo do plano Cor da página.

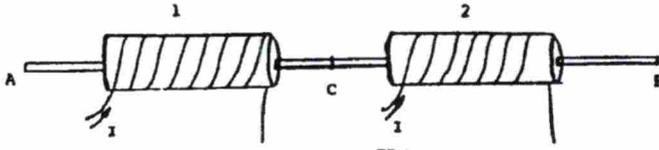
**425. PUCRS.** Com base nessas informações, pode-se dizer que, quando o músculo cardíaco se contrai, o fio sofre uma deflexão

- A) lateral e diretamente proporcional à corrente que o percorreu.
- B) lateral e inversamente proporcional à intensidade do campo magnético em que está colocado.
- C) vertical e inversamente proporcional à tensão entre os eletrodos.
- D) lateral e diretamente proporcional à resistência elétrica do fio.
- E) vertical e diretamente proporcional ao comprimento do fio.





**INSTRUÇÃO:** Para responder à questão 426, utilizar a figura e a descrição abaixo.

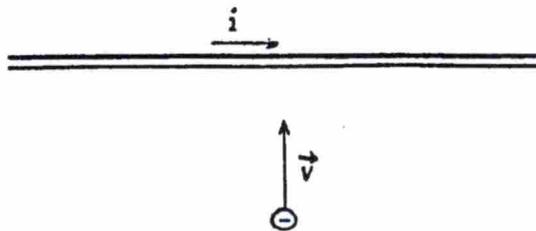


**426. PUCRS.** A figura representa duas espiras, 1 e 2, de massas  $m_1$  e  $m_2$ , tal que  $m_1 < m_2$ . Nas espiras circula uma corrente elétrica  $I$  e elas estão apoiadas no eixo  $AB$ , livres de quaisquer atritos. Sendo  $F_1$  a força que a espira 1 faz sobre a espira 2;  $F_2$  a força que a espira 2 faz sobre a espira 1;  $d_1$  o deslocamento da espira 1 em relação ao ponto  $C$  e  $d_2$  o deslocamento da espira 2 em relação ao ponto  $C$ , pode-se dizer:



- A)  $|F_1| = |F_2|$ ;  $|d_1| = |d_2|$
- B)  $|F_1| = |F_2|$ ;  $|d_1| > |d_2|$
- C)  $|F_1| = |F_2|$ ;  $|d_1| < |d_2|$
- D)  $|F_1| < |F_2|$ ;  $|d_1| > |d_2|$
- E)  $|F_1| < |F_2|$ ;  $|d_1| < |d_2|$

**427. PUCRS.** No esquema está representado um longo condutor contido no plano da página que transporta uma corrente elétrica ( $i$ ) da esquerda para a direita. Um elétron em um dado movimento desloca-se no plano da página perpendicularmente ao condutor.

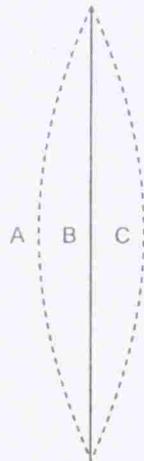


A força magnética que age sobre o elétron nesse movimento é

- A) perpendicular ao plano da página e aponta para cima.
- B) perpendicular ao plano da página e aponta para baixo.
- C) paralela ao condutor e tem sentido oposto ao da corrente.
- D) paralela ao condutor e tem o mesmo sentido da corrente.
- E) paralela ao vetor velocidade do elétron e tem sentido contrário ao da velocidade.

**428. UFRGS.** Na figura abaixo, um fio condutor flexível encontra-se na presença de um campo magnético constante e uniforme perpendicular ao plano da página. Na ausência de corrente elétrica, o fio permanece na posição  $B$ . Quando o fio é percorrido por certa corrente elétrica estacionária, ele assume a posição  $A$ .

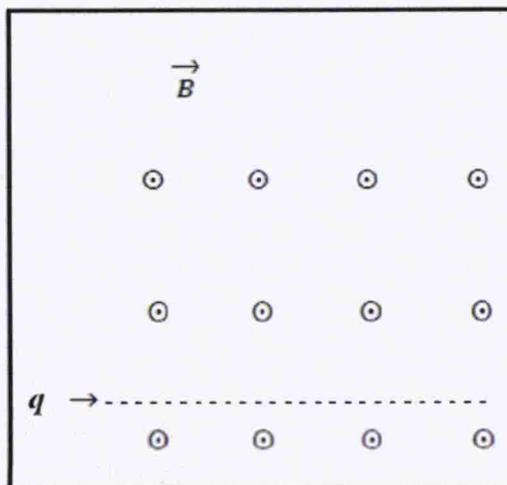




Para que o fio assuma a posição C, é necessário

- A) inverter o sentido da corrente e do campo aplicado.
- B) inverter o sentido da corrente ou inverter o sentido do campo.
- C) desligar lentamente o campo.
- D) desligar lentamente a corrente.
- E) desligar lentamente o campo e a corrente.

**429. ULBRA.** Considere uma carga negativa ( $q$ ) com uma velocidade ( $v$ ), entrando, perpendicularmente, numa região onde existe um campo magnético ( $B$ ) saindo da mesma, conforme a figura.

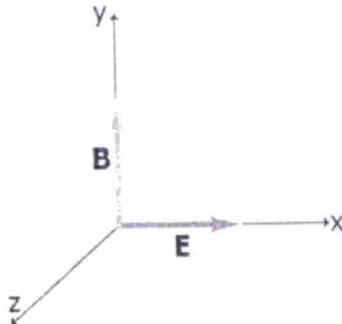


É correto afirmar que:

- A) a carga será desviada para cima de sua trajetória inicial.
- B) a carga será desviada para baixo de sua trajetória inicial.
- C) a carga não será desviada mantendo sua trajetória inicial.
- D) a carga executará um movimento circular uniforme (MCU), cujo raio será dado por  $R = qv/mB$
- E) a carga executará um movimento helicoidal, cujo raio será dado por  $R = mv/qB$



430. UFRGS. Em dada região do espaço, existem campos elétrico ( $E$ ) e magnético ( $B$ ), orientados perpendicularmente entre si. A figura abaixo representa a situação.



Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

Para que uma carga positiva movendo-se paralelamente ao eixo z atravesse essa região sem sofrer desvio em sua trajetória, o módulo de sua velocidade deve ser igual a ..... e o sentido do seu movimento deve ser .....

- A)  $|B| / |E|$ ; +z
- B)  $|E| \times |B|$ ; +z
- C)  $|E| / |B|$ ; +z
- D)  $|B| \times |E|$ ; -z
- E)  $|E| / |B|$ ; -z



# Aula 25

## Indução Magnética

### PARTE 1

Estudar a Parte 1 – P.329 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 1 se necessário

### PARTE 2

Estudar a Parte 2 – P.330 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 2 se necessário

### PARTE 3

Estudar a Parte 3 – P.331 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer as questões 431, 434, 435, 436, 437, 443, 447, 452, 453 e 456

### PARTE 4

Estudar a Parte 4 – P.333 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 3 se necessário
Fazer as questões 432, 438, 439, 441, 442, 444, 445, 446, 448, 449, 450, 451, 458, 459 e 461

### PARTE 5

Estudar a Parte 5 – P.336 (teoria, anotações e modelagens)
Rever videoaula Parte 5 se necessário
Fazer a Leitura 1 – P.342 e Leitura 2 – P.343
Fazer as questões 433, 440, 454, 460, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 470, 471, 473, 475 e 476

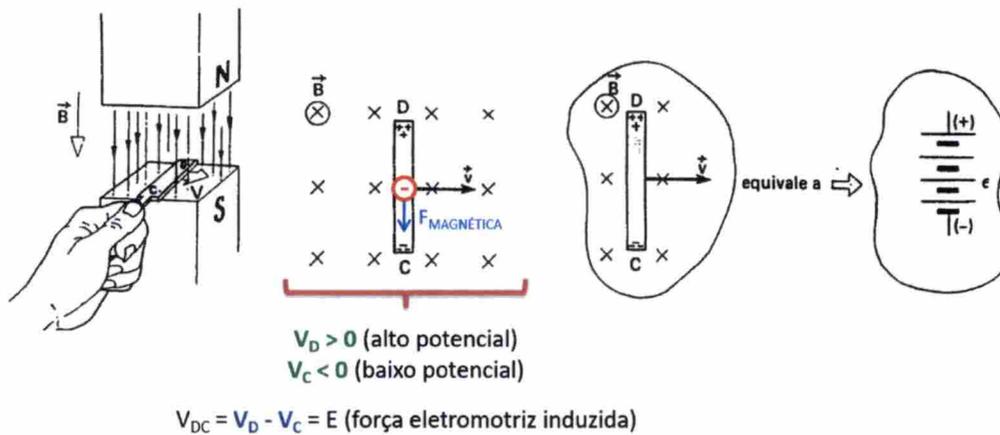
### PARTE 6

Estudar a Parte 6 – P.339 (teoria e anotações)
Rever videoaula Parte 6 se necessário
Analisar Desafios – P.340
Fazer a Leitura 3 – P.344
Fazer as questões 455, 457, 462, 469, 472 e 474



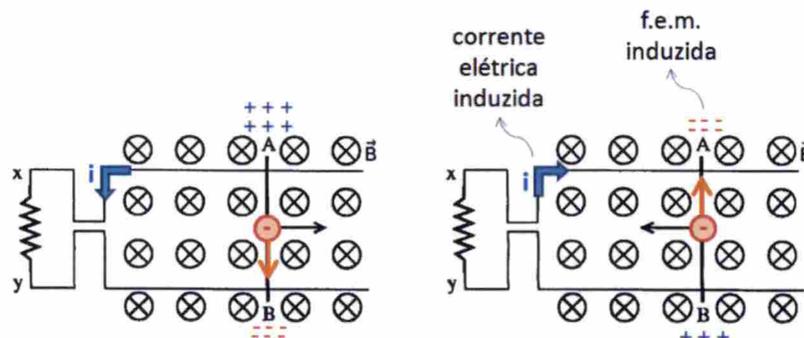
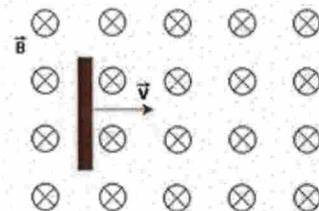
## Força eletromotriz induzida

**PARA UM CONDUTOR RETILÍNEO EM MOVIMENTO NO CAMPO MAGNÉTICO UNIFORME** : Supondo que um condutor retilíneo, de comprimento  $L$ , atravesse um campo magnético uniforme com velocidade  $v$ , de tal forma que todos os ângulos envolvidos sejam retos. Nessas condições os portadores de carga desse condutor, em geral elétrons livres, ficam sujeitos à ação de uma força magnética de módulo  $F = B \cdot q \cdot v$  que atua na direção do condutor. Essa força tende a realizar um trabalho sobre esses portadores de carga, o que resulta no aparecimento de uma força eletromotriz induzida  $\epsilon$  nas extremidades do condutor.



**Força eletromotriz induzida (E) entre os terminais de um condutor retilíneo, que se desloca com velocidade  $v$  num campo magnético  $B$ .**

$$E [V] = v [m/s] \cdot B [T] \cdot l [m]$$



- O movimento da aresta móvel faz aparecer uma tensão induzida (E), que no circuito fechado gera uma corrente elétrica induzida.

$$E \rightarrow E = L \cdot B \cdot v$$

$$i = \frac{E}{R} \rightarrow \text{resistência elétrica da peça metálica}$$

• QUANDO A CAUSA DA CORRENTE INDUZIDA SE INVERTE, O SENTIDO DA MESMA TAMBÉM SOFRE INVERSÃO.

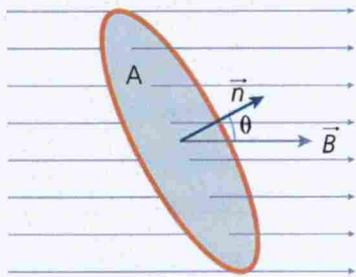


▪ **Parte 2**

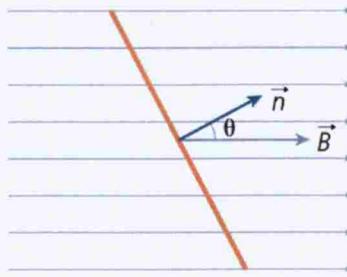
**Fluxo**

**Fluxo de indução ( $\phi$ )**

Chama-se fluxo magnético que atravessa uma superfície plana, colocada em um campo magnético uniforme, ao produto do módulo de indução magnética, pela área da superfície, pelo cosseno do ângulo que a normal à superfície faz com a direção do campo. O fluxo magnético pode variar por uma variação da área da superfície, ou por uma variação da indução, ou por uma variação da posição da superfície no campo. Dos três processos, o mais cômodo é o terceiro. Para isso fazemos a superfície girar em torno de um eixo perpendicular ao campo.



Vista em perspectiva

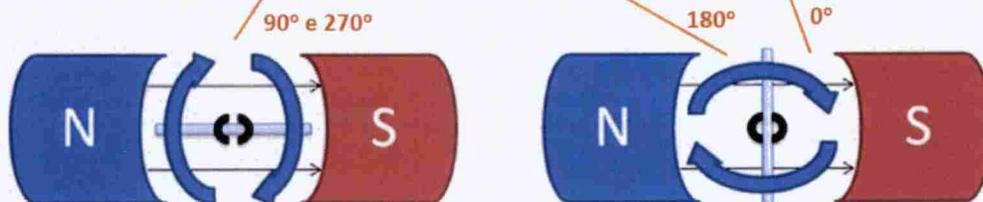
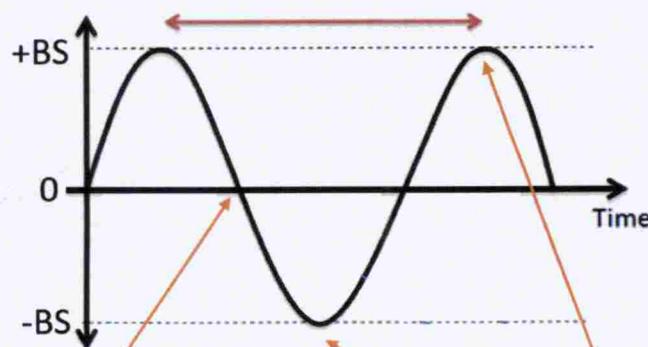
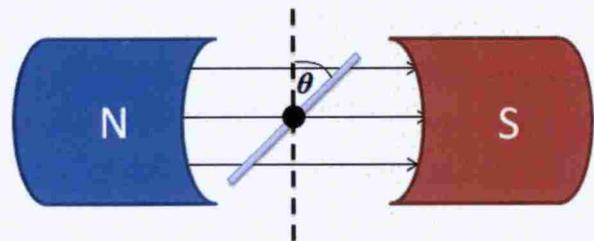
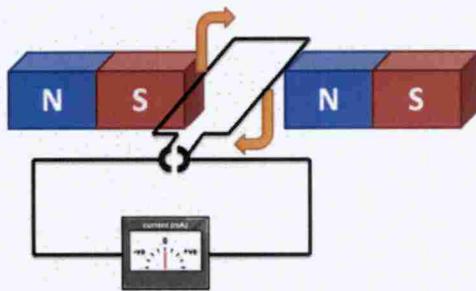


Vista de perfil

$$\phi = B \cdot S \cdot \cos \theta$$

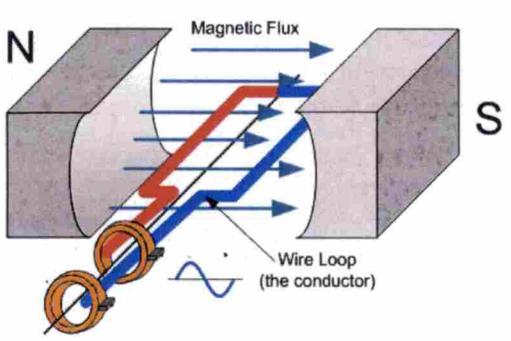
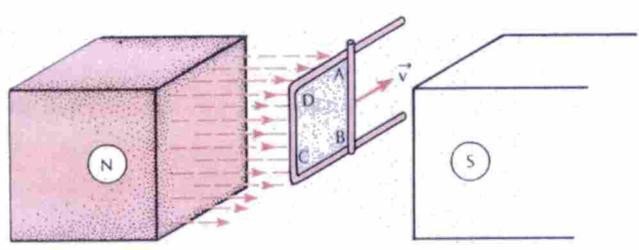
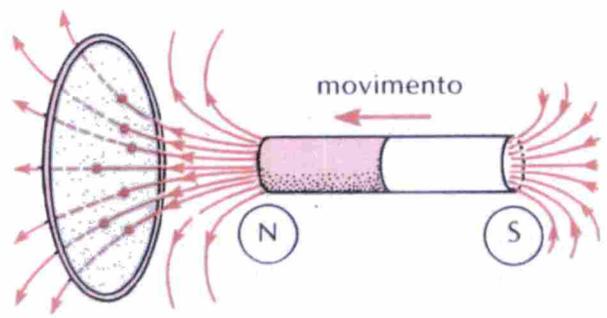
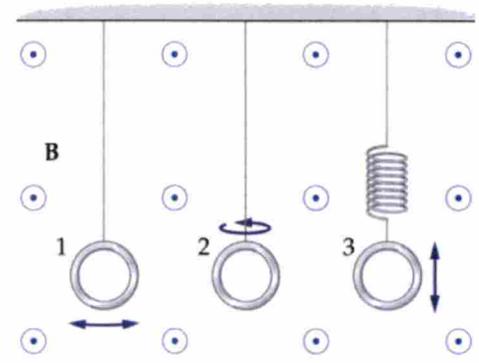
- $\phi$  = fluxo de indução ( weber - Wb )
- B = módulo do campo magnético ( tesla - T )
- S = área da espira ( m<sup>2</sup> )
- $\theta$  = ângulo entre  $\vec{B}$  e  $\vec{n}$
- $\vec{n}$  = vetor normal ao plano da espira

**Valores do fluxo :**





**Varição do fluxo** : O fluxo de indução varia em uma peça metálica (espira ou bobina) sempre que o número de linhas de indução dentro dessa se alterar, ou seja, sempre que linhas de indução forem "cortadas" pela peça metálica.

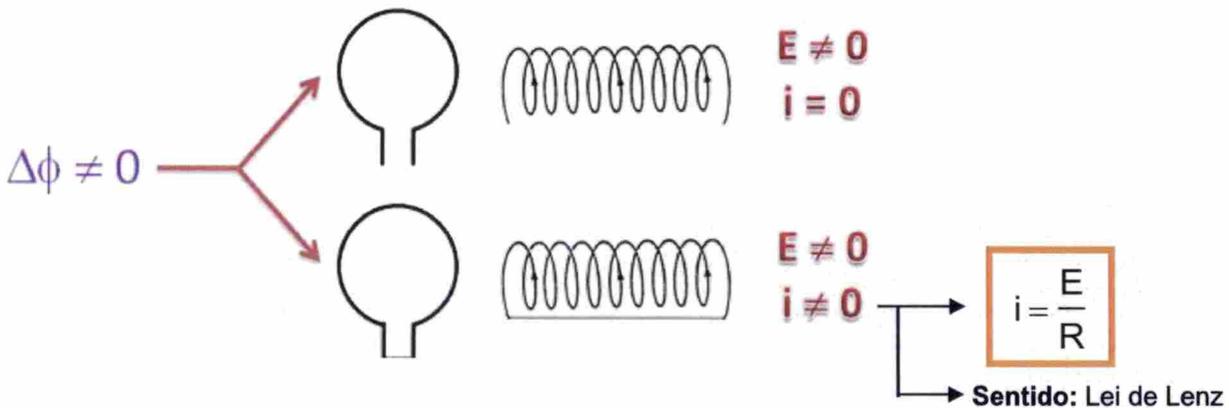
<p>I ) Variação do fluxo de indução por variação de ângulo.</p> 	<p>II ) Variação do fluxo de indução por variação de área.</p> 
<p>III ) Variação do fluxo de indução por variação de campo magnético.</p> 	<p>IV ) 1 – 2 – 3 –</p> 

### Parte 3

### Indução

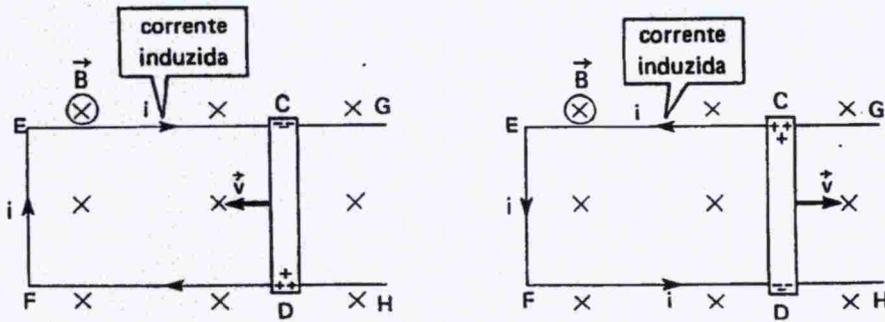
#### O fenômeno da indução eletromagnética

Se o fluxo de indução numa espira ou solenoide **fechados** variar (linhas de indução forem cortadas), os elétrons livres dentro metal do fio que constitui a espira abandonam o movimento caótico e formam uma corrente, chamada corrente elétrica induzida e uma tensão, chamada de força eletromotriz induzida.

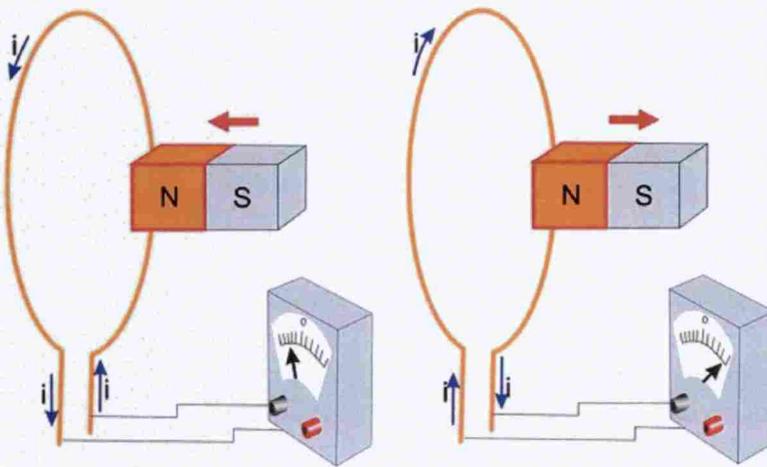




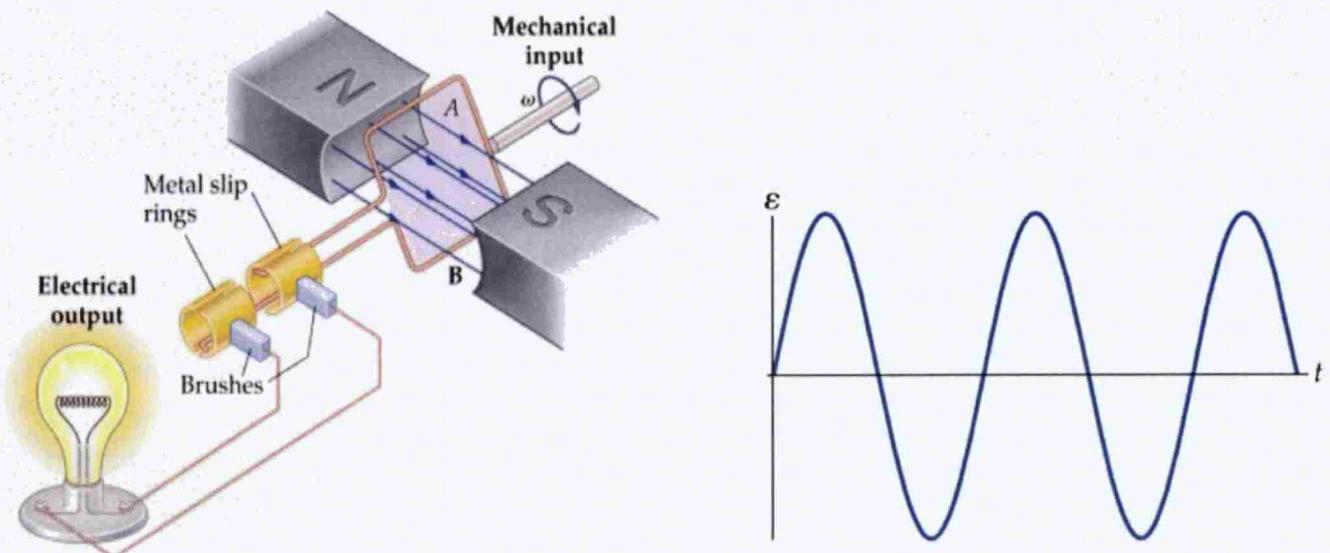
## EXEMPLO 1



## EXEMPLO 2



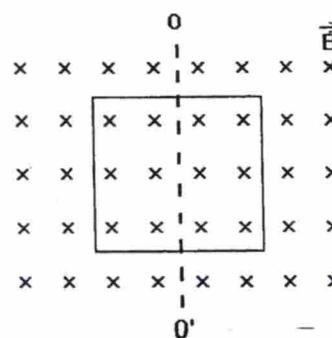
## Gerador de corrente alternada





## MODELAGEM

**UFRGS.** A figura abaixo representa uma espira condutora quadrada, inicialmente em repouso no plano da página. Na mesma região, existe um campo magnético uniforme, de intensidade  $B$ , perpendicular à página. Considere as seguintes situações.



I - A espira se mantém em repouso e a intensidade do campo magnético varia no tempo.

II - A espira se mantém em repouso e a intensidade do campo magnético permanece constante no tempo.

III - A espira passa a girar em torno do eixo  $OO'$  e a intensidade do campo magnético permanece constante no tempo.

Em quais dessas situações ocorre indução de corrente elétrica na espira ?

- A) Apenas em I.
- B) Apenas em II.
- C) Apenas em III.
- D) Apenas em I e III.
- E) Em I, II e III.

$$i \neq 0 \rightarrow \Delta\phi \neq 0$$

- I. Sim. Variação de fluxo em função do campo magnético.
- II. Não. Não existe nenhuma variação de fluxo de indução.
- III. Sim. Variação de fluxo em função do ângulo.

**Resposta: D**

### ▪ Parte 4

Lei de Lenz

#### LEI de LENZ - Determinação do sentido da corrente elétrica induzida.

“A corrente elétrica induzida surgirá com um sentido tal que ela se **opora** à variação que a produziu.”

**CAUSA :** Aumento do fluxo de indução.

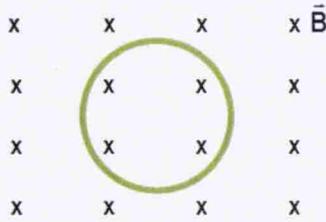


**EFEITO:** Surge uma corrente induzida que tende a **enfraquecer** o fluxo através da espira.

A corrente induzida cria linhas de indução **contra** as do fluxo que aumenta.



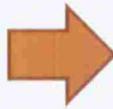
Fluxo magnético  **aumentando** em uma espira imersa num campo magnético uniforme que entra no plano da página.



Fluxo magnético  **aumentando** em uma espira imersa num campo magnético uniforme que sai no plano da página.



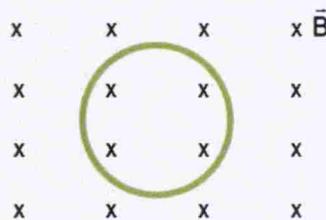
**CAUSA** : **Redução** do fluxo de indução através da espira.



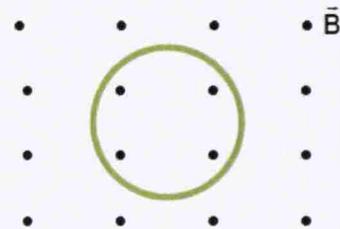
**EFEITO**: Surge uma corrente induzida que tende a **fortalecer** o fluxo através da espira.

A corrente induzida cria linhas de indução a **favor** as do fluxo que reduz.

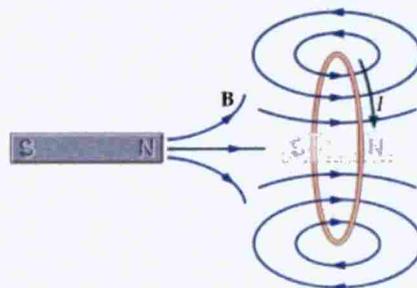
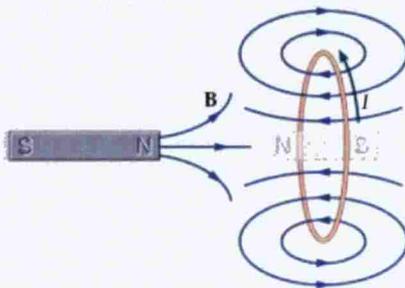
Fluxo magnético  **diminuindo** em uma espira imersa num campo magnético uniforme que entra no plano da página.



Fluxo magnético  **diminuindo** em uma espira imersa num campo magnético uniforme que entra no sai da página.

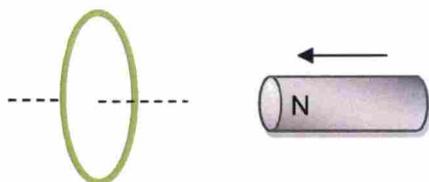


**Exemplo 1**: ímã movimentando-se nas proximidades de um ímã.

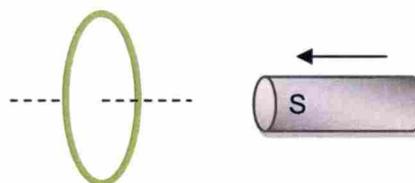




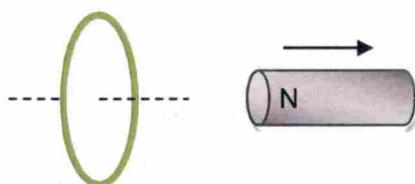
1º caso - O norte do ímã se aproxima da espira.



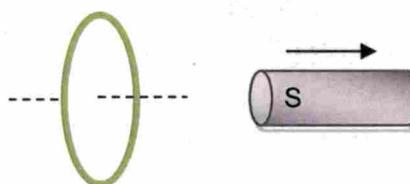
2º caso - O sul do ímã se aproxima da espira.



3º caso - O norte do ímã se afasta da espira.

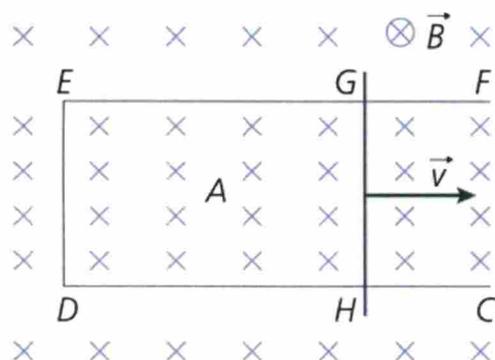


4º caso - O sul do ímã se afasta da espira.

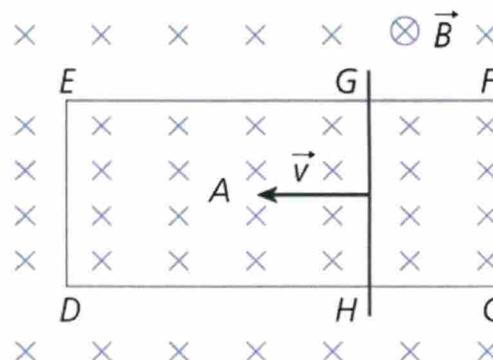


**Exemplo 2** : espira com aresta móvel imersa num campo magnético uniforme.

**a)** a área  $A$  aumenta.

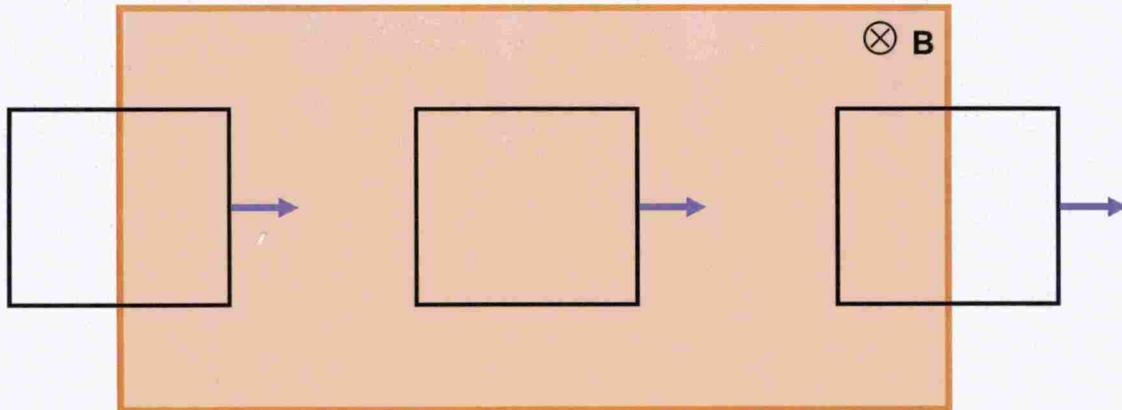


**b)** a área  $A$  diminui.





**Exemplo 3** : movimento de translação de uma espira em uma região onde há um campo magnético.

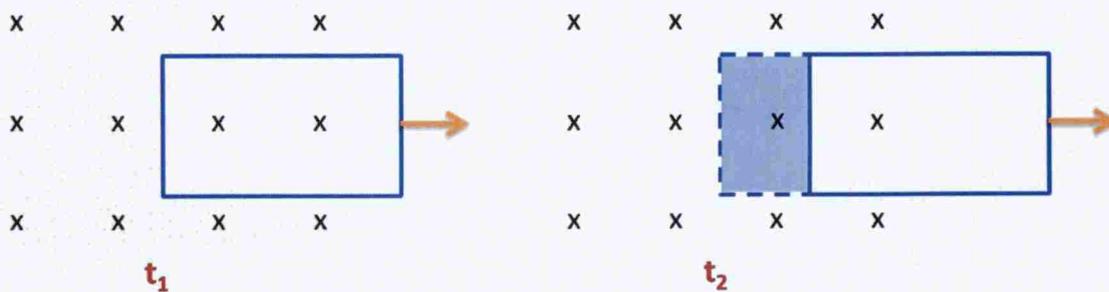


▪ **Parte 5**

**Faraday-Neumann**

**Lei de Faraday – Neumann**

No instante  $t$ , seja  $\phi$  o fluxo magnético através de uma espira e, em um instante posterior  $t + \Delta t$ , seja  $\phi + \Delta\phi$  o fluxo magnético. Portanto, no intervalo de tempo  $\Delta t$ , o fluxo magnético varia de  $\Delta\phi$ , e a Lei de Faraday-Neumann afirma que a FEM induzida média vale :



**FEM induzida média**

$$E_m = \frac{|\Delta\phi|}{\Delta t} = \frac{|\phi_2 - \phi_1|}{t_2 - t_1}$$

**intensidade da corrente elétrica induzida**

$$i = \frac{E}{R}$$

Sistema Internacional  
 $1 \text{ V} = 1 \text{ Wb} / \text{s}$   
 $1 \text{ volt} = 1 \text{ weber} / \text{segundo}$



## MODELAGEM

### ENEM

Para demonstrar o processo de transformação de energia mecânica em elétrica, um estudante constrói um pequeno gerador utilizando:

- um fio de cobre de diâmetro  $D$  enrolado em  $N$  espiras circulares de área  $A$ ;
- dois ímãs que criam no espaço entre eles um campo magnético uniforme de intensidade  $B$ ; e
- um sistema de engrenagens que lhe permite girar as espiras em torno de um eixo com uma frequência  $f$ .

Ao fazer o gerador funcionar, o estudante obteve uma tensão máxima  $V$  e uma corrente de curto-circuito  $i$ . Para dobrar o valor da tensão máxima  $V$  do gerador mantendo constante o Valor da corrente de curto  $i$ , o estudante deve dobrar o(a)

- A) número de espiras.
- B) frequência de giro.
- C) intensidade do campo magnético.
- D) área das espiras.
- E) diâmetro do fio.

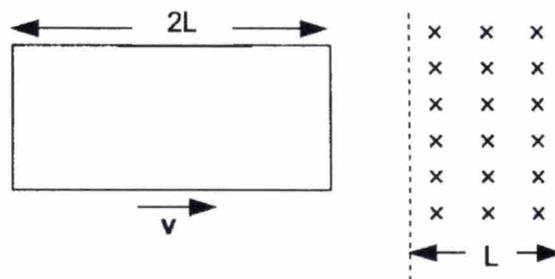
Lembramos que a tensão induzida na bobina é obtida na relação da variação do fluxo e do tempo gasto na variação. Para dobrar essa tensão sem alterar a corrente fornecida por ele, devemos dobrar o número de espiras, para dessa forma a resistência dentro da bobina dobrar, mantendo a corrente de saída da bobina inalterada. As alternativas B, C e D permitiriam dobrar a tensão da bobina, mas não permitem dobrar a resistência dentro da peça.

**Resposta: A**

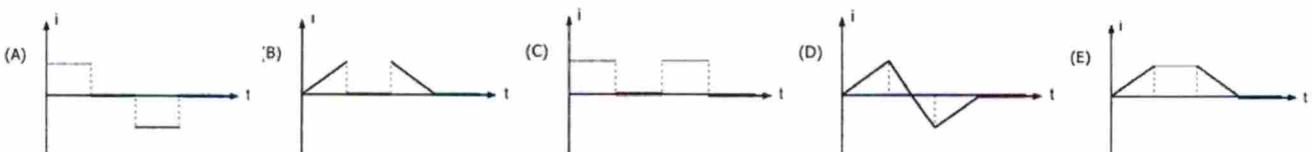
## MODELAGEM

### UFRGS.

Uma espira retangular, de comprimento  $2L$ , desloca-se para a direita, no plano da página, com velocidade de módulo  $v$  constante. Em seu movimento, a espira atravessa completamente uma região do espaço, de largura  $L$ , onde está confinado um campo magnético constante, uniforme e perpendicular a página, conforme indica a figura.



Sendo  $t = 0$  o instante em que a espira começa a ingressar na região onde existe o campo magnético, assinale a alternativa que melhor representa o gráfico da corrente elétrica induzida  $i$  na espira, durante sua passagem pelo campo magnético, em função do tempo  $t$ .





A intensidade da corrente elétrica induzida existe apenas quando o fluxo de indução na espira se altera, isto é na entrada e na saída. Estão eliminadas as alternativas D e E.

Como a entrada e a saída da espira no campo magnético caracterizam causas opostas da corrente induzida, seus sentidos devem ser opostos (no gráfico sinais opostos). Eliminadas as alternativas B e C.

Correta alternativa A.  $i$  constante devido a velocidade constante que produz uma força eletromotriz induzida constante na espira ( $E = L.B.v$ )

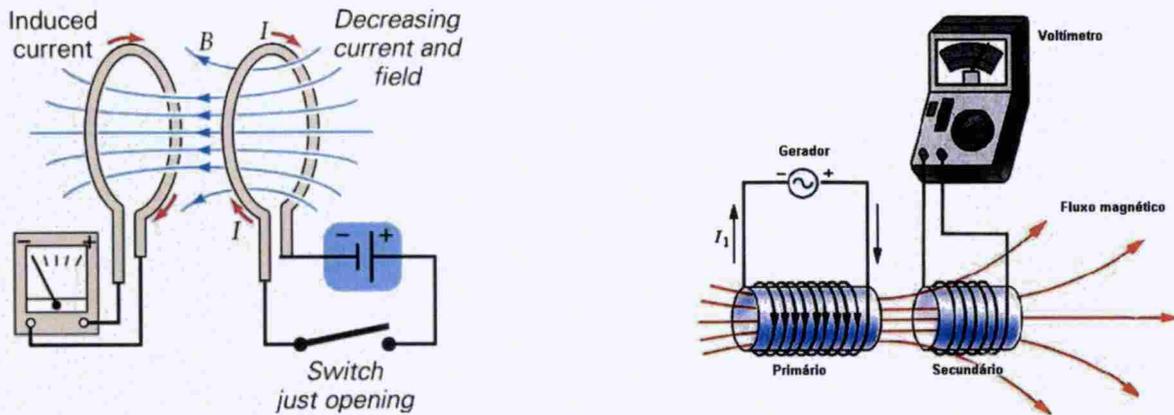
**Resposta: A**

## ▪ Parte 6

## Transformador

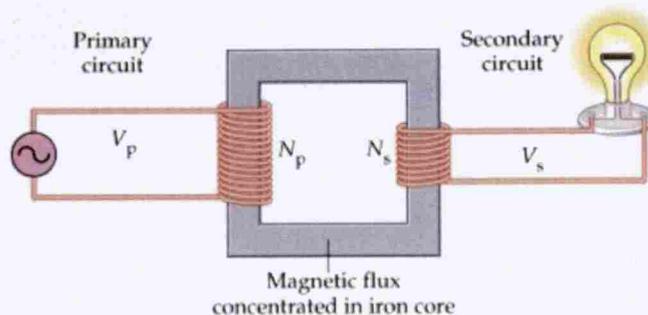
### Transformador (ideal)

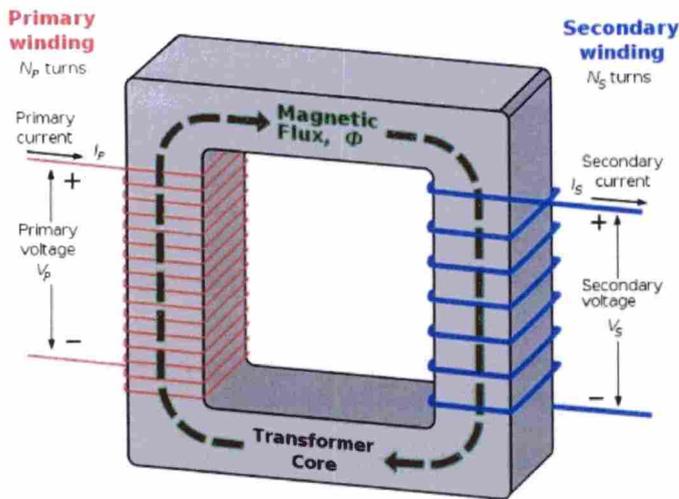
O transformador funciona através do fenômeno da indução eletromagnética.



Dispositivo que transforma alta tensão em baixa tensão e vice-versa. Funciona apenas com corrente elétrica variável com o tempo (alternada). É composto por duas bobinas, uma isolada da outra, e um núcleo de ferro. A vantagem fundamental da corrente elétrica alternada reside no fato de ela permitir que se aumente ou se reduza a voltagem que a originou.

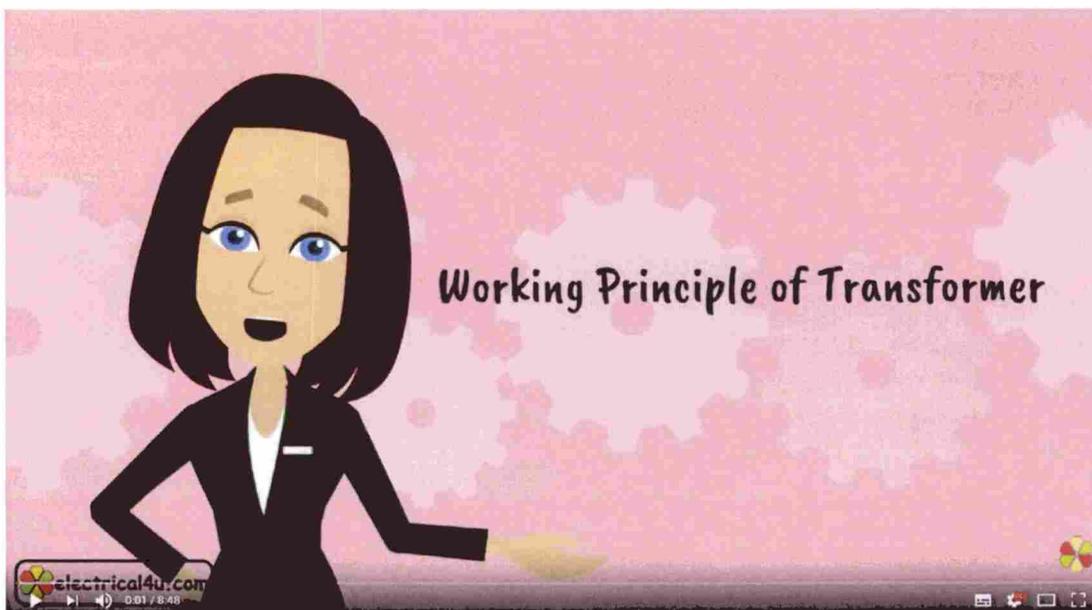
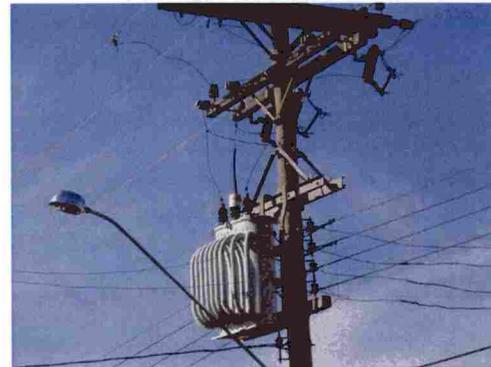
A voltagem alternada aplicada na bobina do primário induz, no núcleo de ferro, um campo magnético variável, que produz, na bobina do secundário, uma variação de fluxo. Essa variação gera, então, uma voltagem induzida, também alternada. Experimentalmente, verifica-se que as voltagens de entrada e de saída são diretamente proporcionais ao número de anéis de suas respectivas bobinas.





$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

**Transformadores reais:** Dissipam energia elétrica por efeito Joule em seus componentes internos.





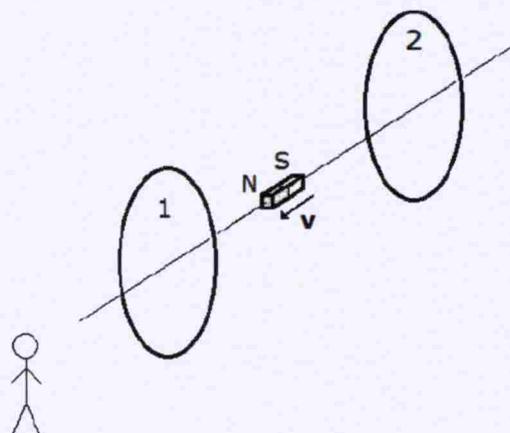
## DESAFIO

**UFRGS**

O observador, representado na figura, observa um ímã que se movimenta em sua direção com velocidade constante. No instante representado, o ímã encontra-se entre duas espiras condutoras, 1 e 2, também mostradas na figura.

Examinando as espiras, o observador percebe que

- A) existem correntes elétricas induzidas no sentido horário em ambas espiras.
- B) existem correntes elétricas induzidas no sentido anti-horário em ambas espiras.
- C) existem correntes elétricas induzidas no sentido horário na espira 1 e anti-horário na espira 2.
- D) existem correntes elétricas induzidas no sentido anti-horário na espira 1 e horário na espira 2.
- E) existe apenas corrente elétrica induzida na espira 1, no sentido horário.



A causa da corrente induzida na espira 1 é a aproximação do ímã, o efeito oposto é o afastamento da espira, fato que indica a formação de um polo Norte na face frontal ao ímã e, conseqüentemente, de um polo Sul na face frontal ao observador (corrente horária).

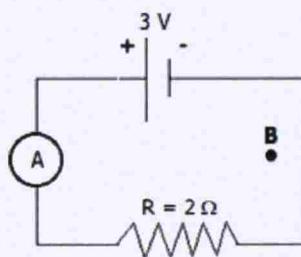
Já a causa da corrente induzida na espira 2 é o afastamento do ímã, o efeito oposto é a aproximação da espira, fato que indica a formação de um polo Norte na face frontal ao ímã e ao observador (corrente anti-horária).

**Resposta: C**

## DESAFIO

**UFRGS.**

Um campo magnético uniforme  $B$  atravessa perpendicularmente o plano do circuito representado abaixo, direcionado para fora desta página. O fluxo desse campo através do circuito aumenta à taxa de  $1 \text{ Wb/s}$ .



Nessa situação, a leitura do amperímetro A apresenta, em ampères,

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

O circuito tem duas correntes. A resposta é obtida através da soma de ambas.

A corrente produzida pelo gerador tem sentido anti-horário e valor  $i = V \div R = 3 \div 2 = 1,5 \text{ A}$

Como o fluxo que atravessa o circuito é composto de linhas de indução para fora e aumenta, a corrente induzida surge tendendo a enfraquecer esse fluxo, ou seja, criando linhas para dentro. Isso cria uma face sul ( S ) no circuito, ou seja, um corrente horária. Seu valor é dado por  $i = V \div R = 1 \div 2 = 0,5 \text{ A}$ . Lembre-se que  $1 \text{ Wb/s} = 1 \text{ volt}$ .

$$1,5 \text{ A (anti-horária)} - 0,5 \text{ A (horária)} = 1 \text{ A}$$

**Resposta: C**



## ANOTAÇÕES

A large rectangular area with horizontal dashed lines for writing notes.



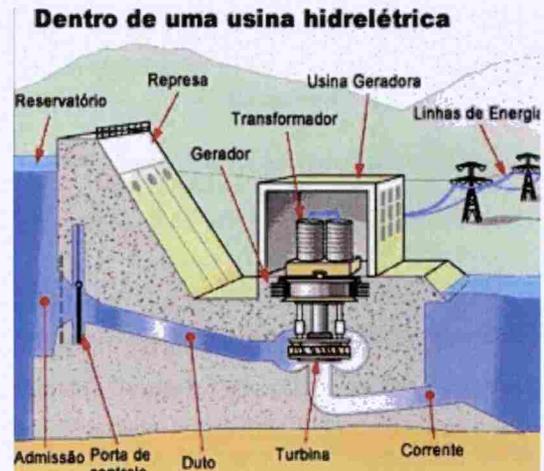
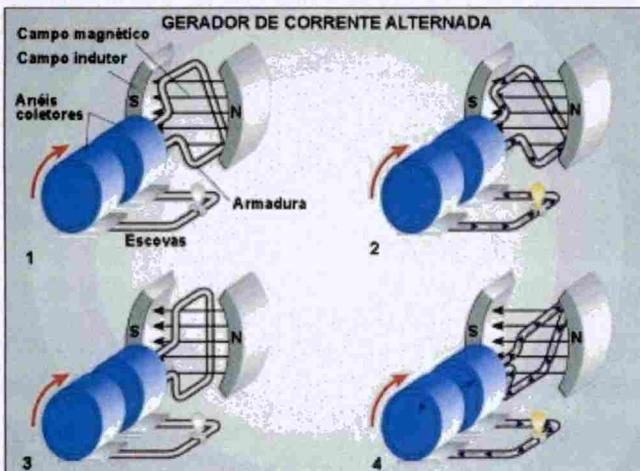
## LEITURA 1

### Produção de Energia Elétrica

A variação do número de linhas de indução (o chamado fluxo magnético) em uma espira condutora provoca o surgimento de uma corrente elétrica induzida – fenômeno conhecido como indução eletromagnética. Este fenômeno é responsável pela produção da corrente elétrica na grande maioria das usinas.

Considere uma espira dentro de um campo magnético, como na figura acima. Se esta espira for colocada para girar, conforme seu ângulo varia, o número de linhas atravessando a superfície varia – uma variação de fluxo magnético, provocando o surgimento de uma corrente elétrica.

Em geral, o que varia nas diferentes usinas é como fazemos para a espira girar. Em uma turbina eólica, por exemplo, a espira está presa às pás da turbina, que são movimentadas pelo vento. Em uma usina hidrelétrica, água é usada para movimentar as pás, que estão presas em uma espira que então irá girar dentro de um campo magnético, etc. Em uma usina a carvão, por exemplo, carvão é queimado para gerar calor e ferver água. Este vapor de água em movimento passa através de pás presas a uma espira, etc.



O link a seguir pode ser usado para conferir o funcionamento de tipos alternativos de geração de energia, bem como seus pontos positivos e negativos. Além disso, um sistema parecido é utilizado dentro de um carro, para que o movimento das rodas movimenta também uma espira em um campo magnético, gerando energia que é utilizada para manter a bateria do carro carregada (é por este motivo que os faróis só descarregam a bateria quando são esquecidos acesos com o carro parado). A indução eletromagnética também está presente no chamado *dinamo*, onde energia mecânica é convertida em energia elétrica com o movimento de um ímã por dentro de uma bobina (variando o fluxo e produzindo corrente).

### Energias Alternativas – Saiba quais são e como funcionam.



<http://bit.ly/energiasenem>

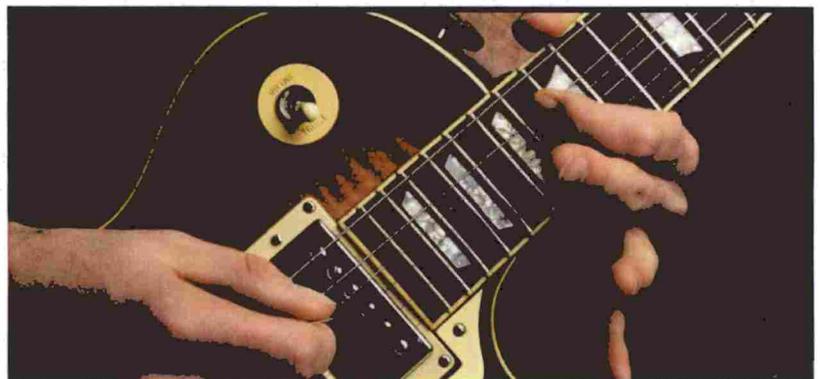
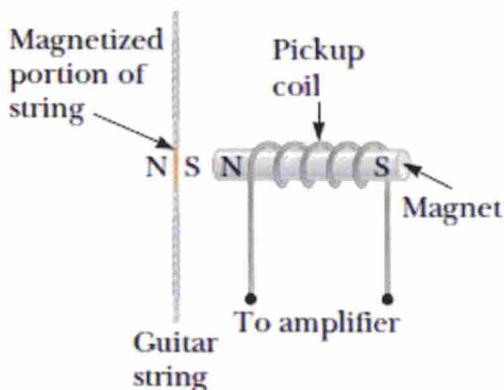
O link não abre em dispositivos móveis.



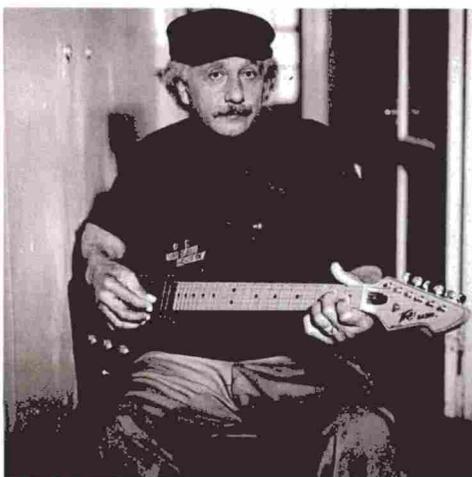
## LEITURA 2

### Outras Aplicações da Indução Eletromagnética

Outra aplicação interessante da Lei de Faraday (indução eletromagnética) é a produção de som em uma guitarra elétrica. A bobina dentro da guitarra (*pick-up coil*) é posicionada perto da corda vibrante, que é feita de um material que pode ser magnetizado. Um ímã permanente dentro da bobina cria um campo magnético que magnetiza a porção da corda próxima à guitarra. Quando a corda vibra em uma certa frequência, a porção magnetizada da corda produz um fluxo magnético variável através da bobina. O fluxo variável induz uma força eletromotriz na bobina, produzindo uma corrente que é enviada ao amplificador. A saída do amplificador é enviada aos autôfalantes, que produzem as vibrações de som que nós ouvimos.



Um processo semelhante é utilizado no controlador de velocidade conhecido como “pardal”. Bobinas enterradas no solo abaixo da estrada sofrem uma variação de fluxo com a passagem do carro que contém materiais ferromagnéticos – da mesma maneira que a bobina no interior da guitarra capta o movimento da corda – gerando uma corrente que “marca” a passagem do carro. Um pouco mais adiante há outro conjunto de bobinas, que marca novamente a passagem do carro quando surge uma corrente. O sistema anota o tempo que demora entre o carro passar num ponto e outro da estrada e com isso consegue determinar a velocidade do automóvel (dividindo a distância entre as bobinas pelo tempo que o carro demora).



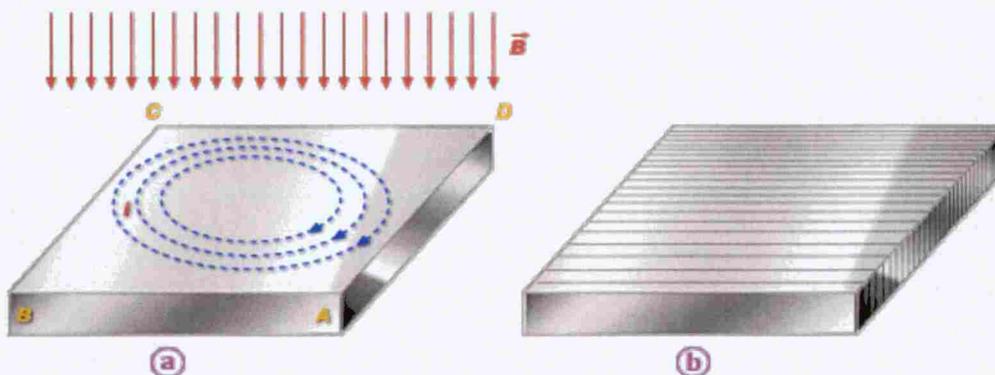


## LEITURA 3

## Correntes de Foucault

Estudamos a indução eletromagnética que se processa num condutor em forma de fio, colocado num campo magnético, mas também existe indução eletromagnética num bloco metálico sujeito a fluxo magnético variável.

Suponhamos, por exemplo, que um bloco de ferro seja colocado com a face plana ABCD perpendicular a um campo magnético variável. Sendo  $S$  a área dessa face, ela é atravessada por um fluxo  $\phi = B \cdot S$ . Se o campo for variável, então o fluxo  $\phi$  será variável. Neste caso, o bloco de ferro sofrerá indução eletromagnética e aparecerão nele correntes elétricas induzidas circulares, situadas em planos perpendiculares à indução magnética  $B$ , isto é, planos paralelos a ABCD.



Chamam-se corrente de Foucault a essas correntes que aparecem por indução em blocos metálicos. Pode-se demonstrar que a energia perdida num bloco metálico por causa das correntes de Foucault é proporcional ao quadrado da espessura BC do bloco. Para diminuir essa perda nós laminamos o bloco, isto é, em vez de fazermos um bloco metálico maciço, juntamos um grande número de lâminas finas.

Para diminuir as perdas de energia por correntes de Foucault, as partes de ferro das máquinas elétricas são sempre laminadas, e nunca são blocos maciços. Assim são os núcleos de ferro dos transformadores. O cilindro do rotor dos motores, etc.,





## QUESTÕES PÓS-AULA

As **questões pós-aula** tem a finalidade de **desenvolver as competências e habilidades** trabalhadas em aula e fora dela com leituras e vídeos.

Existem **dois erros comuns**, geralmente vindos da escola, sobre questões pós aula: o **primeiro** deles, a “obrigação” de acertar todas as questões. O **segundo**, a ideia de que ao assistir a aula, garantirá que nenhuma dificuldade ocorrerá ao longo do trabalho.

**Fica a dica:** se algum dia um “tema de casa” tiver essas características, fuja dele, pois foi construído para dar a você a falsa sensação de que está tudo entendido.

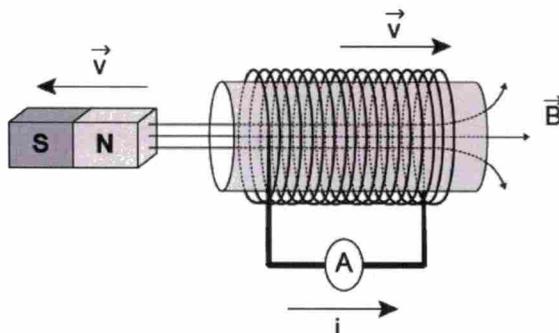
As **questões pós-aula**, dever buscar dois objetivos: **aprendizado e /ou semelhança com questões atuais das provas**. A finalidade, é **gerar no aluno dúvidas**, para que ele **pesquise, reveja o conteúdo** e busque os **recursos para tirar dúvidas** para realmente aprendes a matéria. Testar os conhecimentos adquiridos se faz nos simulados.

**431. UPF.** A indução eletromagnética é um fenômeno que se encontra presente em diversos equipamentos que utilizamos cotidianamente. Ela é utilizada para gerar energia elétrica e seu princípio físico consiste no aparecimento de uma força eletromotriz entre os extremos de um fio condutor. Para que essa força eletromotriz surja, é necessário haver variação de



- A) campo elétrico.
- B) resistência elétrica.
- C) capacitância elétrica.
- D) temperatura.
- E) fluxo magnético.

**432. ENEM.** O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como ilustrado na figura.

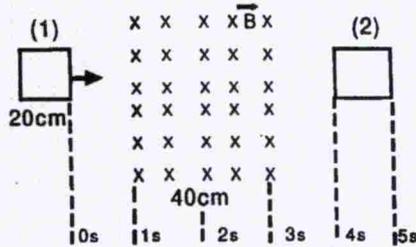


A fim de se obter uma corrente do mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a

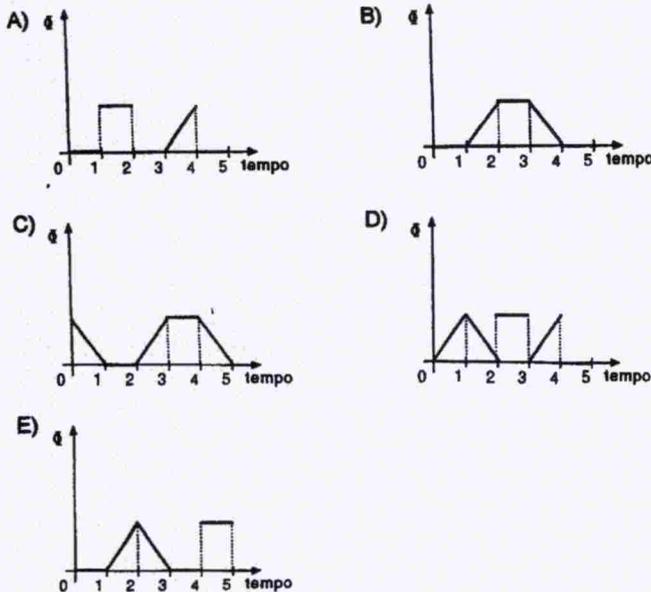
- A) esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- B) direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- C) esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- D) direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- E) esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.



433. PUCRS. Uma espira quadrada de 20 cm de lado é deslocada com velocidade constante, mantendo-se no plano horizontal, da posição 1 para a posição 2, através de uma região onde existe um campo magnético constante  $\vec{B}$ , de 40 cm de largura, como mostra a figura.



O fluxo magnético  $\Phi$  que atravessa a espira durante seu deslocamento da posição 1 para a posição 2, em função do tempo, é mais bem representado pelo gráfico



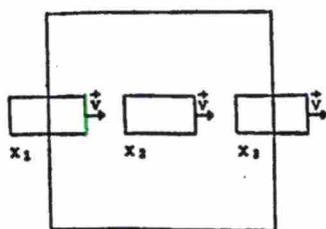
434. UPF. Assinale a afirmação que explica corretamente o fenômeno eletromagnético em questão:



- A) A corrente elétrica induzida é provocada quando uma carga elétrica corta as linhas de força de um campo magnético.
- B) Quando várias cargas elétricas percorrem um condutor com a mesma velocidade, não se produz ao redor delas o campo eletromagnético.
- C) Dois fios condutores que conduzem cargas elétricas no mesmo sentido se repelem.
- D) As linhas de força do campo magnético ao redor de um fio que conduz cargas elétricas são radiais.
- E) Só é possível induzir força eletromotriz quando existe um circuito fechado, imerso num campo magnético constante.



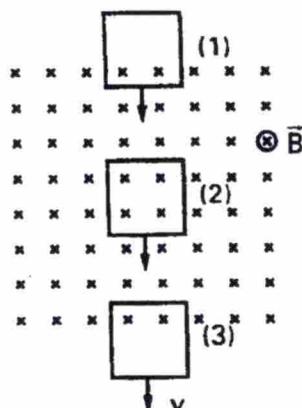
435. UFRGS. Na figura, a parte interna do quadrado representa uma região do espaço onde há um campo magnético uniforme perpendicular à página. Fora dessa região esse campo é nulo. Uma espira condutora retangular atravessa essa região com velocidade  $\vec{v}$  constante, sendo representadas na figura três posições sucessivas,  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$ .



Em quais dessas posições surge uma corrente elétrica induzida na espira ?

- A) Apenas em  $x_2$
- B) Apenas em  $x_3$
- C) Apenas em  $x_1$  e  $x_2$
- D) Apenas em  $x_1$  e  $x_3$
- E) Em  $x_1$ ,  $x_2$  e  $x_3$

436. UFRGS. A figura mostra três posições sucessivas de uma espira condutora que se desloca com velocidade constante numa região em que há um campo magnético uniforme, perpendicular à página e para dentro dela.



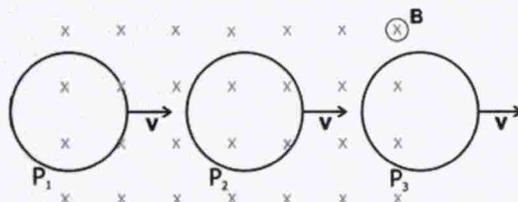
Selecione a alternativa que supere as omissões nas frases seguintes.

- I. Na posição (1), a espira está penetrando na região onde existe o campo magnético e, conseqüentemente, o fluxo está .....
- II. Na posição (2), não há ..... na espira.
- III. Na posição (3), a corrente elétrica induzida na espira, em relação à corrente elétrica induzida na posição (1), tem sentido .....

- A) aumentando, fluxo, igual
- B) diminuindo, corrente, contrário
- C) diminuindo, fluxo, contrário
- D) aumentando, corrente, contrário
- E) diminuindo, fluxo, igual



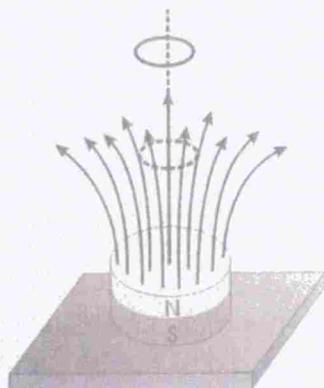
**437. UFRGS.** A figura abaixo representa três posições,  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , de um anel condutor que se desloca com velocidade  $v$  constante numa região em que há um campo magnético  $B$ , perpendicular ao plano da página.



Com base nestes dados, é correto afirmar que uma corrente elétrica induzida no anel surge

- A) apenas em  $P_1$ .
- B) apenas em  $P_3$ .
- C) apenas em  $P_1$  e  $P_3$ .
- D) apenas em  $P_2$  e  $P_3$ .
- E) em  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ .

**438. UFRGS.** Um ímã, em formato de pastilha, está apoiado sobre a superfície horizontal de uma mesa. Uma espira circular, feita de um determinado material sólido, é mantida em repouso, horizontalmente, a uma certa altura acima de um dos polos do ímã, como indica a figura abaixo, onde estão representadas as linhas do campo magnético do ímã. Ao ser solta, a espira cai devido à ação da gravidade, em movimento de translação, indo ocupar, num instante posterior, a posição representada pelo círculo tracejado.



Examine as afirmações abaixo, relativas à força magnética  $F$  exercida pelo ímã sobre a espira durante sua queda.

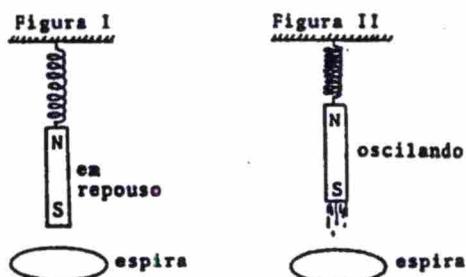
- I - Se a espira for de cobre, a força  $F$  será orientada de baixo para cima.
- II - Se a espira for de alumínio, a força  $F$  será orientada de cima para baixo.
- III - Se a espira for de plástico, a força  $F$  será orientada de cima para baixo.

Quais estão corretas?



- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e III.
- E) Apenas II e III.

**439. UFRGS.** Um ímã está suspenso por uma mola, logo acima de uma espira condutora circular. Na figura I, o ímã está em repouso, na figura II, ele está oscilando verticalmente. A corrente elétrica induzida pelo campo magnético do ímã, na espira da figura I, é ..... e, na da figura II, é .....



Qual a alternativa que preenche corretamente as lacunas acima, respectivamente?

- A) contínua - nula
- B) alternada - alternada
- C) alternada - contínua
- D) nula - contínua
- E) nula - alternada

**440. ACAFE.** Tasers são armas de eletrochoque que usam uma corrente elétrica para imobilizar pessoas que estejam representando alguma ameaça a alguém ou à ordem pública. O sistema interno da arma cria e trata a corrente elétrica que será descarregada por meio dos fios de cobre. Capacitores, transformadores e baterias são peças fundamentais nesse processo.

Nesse sentido, assinale a alternativa **correta** que completa as lacunas das frases a seguir.

O Transformador é um equipamento elétrico que tem seu princípio de funcionamento baseado na \_\_\_\_\_. A bateria é uma fonte de energia que transforma energia \_\_\_\_\_ em energia elétrica. O capacitor é um dispositivo que armazena \_\_\_\_\_.

- A) Lei de Coulomb - térmica - campo magnético
- B) Lei de Faraday - química - cargas elétricas
- C) Lei de Lenz - luminosa - corrente elétrica
- D) Lei de Newton - magnética - resistência elétrica





**441. UFRGS.** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.



Quando um ímã é aproximado de uma espira condutora mantida em repouso, de modo a induzir nessa espira uma corrente contínua, o agente que movimenta o ímã sofre o efeito de uma força que ..... ao avanço do ímã, sendo ..... a realização de trabalho para efetuar o deslocamento do ímã.

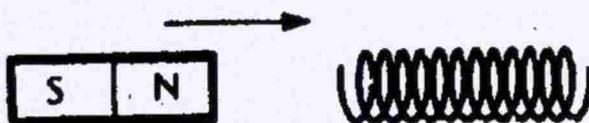
- A) se opõe – necessária
- B) se opõe – desnecessária
- C) é favorável – necessária
- D) é favorável – desnecessária
- E) é indiferente - desnecessária

**442. PUCRS .** Uma bobina é ligada a um galvanômetro e mantida fixa num suporte enquanto um ímã pode ser movimentado livremente na direção do eixo longitudinal da bobina. Nestas condições, é correto afirmar que



- A) a corrente indicada no galvanômetro é inversamente proporcional à velocidade com que o ímã se aproxima ou se afasta da bobina.
- B) se o ímã estiver se aproximando da bobina, verifica-se uma deflexão na agulha do galvanômetro, indicando a presença de corrente elétrica, pois o fluxo magnético através da bobina está variando.
- C) se o ímã estiver se afastando da bobina, não há indicação de corrente elétrica no galvanômetro, pois o fluxo magnético através da bobina está diminuindo.
- D) se o ímã estiver em repouso em relação à bobina, o galvanômetro não indica a presença de corrente elétrica, pois não há fluxo magnético através da bobina.
- E) se o ímã estiver em repouso dentro da bobina, o galvanômetro indica a máxima corrente elétrica, pois neste caso o fluxo magnético através da bobina é máximo.

**443.** Faz-se o polo norte de um ímã aproximar-se da extremidade de um solenoide, em circuito aberto, conforme ilustra a figura abaixo.

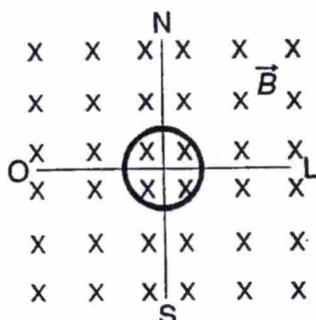


Nestas condições, durante a aproximação, aparece:



- A) uma corrente elétrica que circula pela bobina.
- B) um campo magnético paralelo ao eixo da bobina e contrário ao campo do ímã.
- C) uma força eletromotriz entre os terminais da bobina.
- D) um campo magnético perpendicular ao eixo da bobina.
- E) em campo magnético paralelo ao eixo da bobina e de sentido oposto ao do ímã.

**444. PUCRS.** A figura abaixo representa um condutor em forma de anel plano, dentro de um campo magnético  $\vec{B}$  uniforme e constante no tempo.



O condutor, embora permanecendo integralmente dentro do campo, é submetido a quatro movimentos distintos e sucessivos :

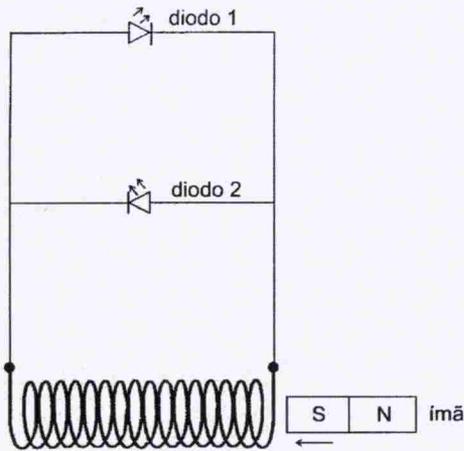
- I. Deslocamento sobre o eixo NS;
- II. Deslocamento sobre o eixo LO;
- III. Rotação em torno do eixo NS;
- IV. Rotação em torno do eixo LO.

Existe corrente induzida no anel

- A) somente durante o movimento I.
- B) somente durante o movimento III.
- C) somente durante o movimento IV.
- D) durante os movimentos III e IV.
- E) durante os movimentos I e II.

**445. UFRGS.** A figura abaixo representa dois diodos emissores de luz, ligados em paralelo a um solenóide. Os diodos foram ligados em oposição um ao outro, de modo que, quando a corrente elétrica passa por um deles, não passa pelo outro. Um ímã em forma de barra é movimentado rapidamente para dentro ou para fora do solenóide, sempre pelo lado direito do mesmo, como também está indicado na figura.





Ao se introduzir o imã no solenóide, com a orientação indicada na figura (S-N), observa-se que o diodo 1 se acende, indicando a indução de uma força eletromotriz, enquanto o diodo 2 se mantém apagado.

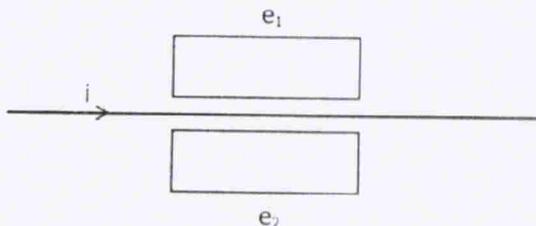
A respeito dessa situação, considere as seguintes afirmações.

- I - Ao se retirar o imã do solenóide, com a orientação indicada (S-N), o diodo 2 se acenderá e o diodo I se manterá apagado.
- II - Ao se introduzir o imã no solenóide, com a orientação invertida (N-S), o diodo 1 se acenderá e o diodo 2 se manterá apagado.
- III- Ao se retirar o imã do solenóide, com a orientação invertida (N-S), o diodo 2 se acenderá e o diodo 1 se manterá apagado.

Quais estão corretas?

- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) Apenas II e III.

**446. UFRGS.** A figura abaixo representa um fio retilíneo que é percorrido por uma corrente elétrica no sentido indicado pela seta, cuja intensidade  $i$  aumenta à medida que o tempo decorre. Nas proximidades desse fio, encontram-se duas espiras condutoras,  $e_1$  e  $e_2$ , simetricamente dispostas em relação a ele, todos no mesmo plano da página.



Nessas condições, pode-se afirmar que as correntes elétricas induzidas nas espiras  $e_1$  e  $e_2$  são, respectivamente,



- A) nula e nula.
- B) de sentido anti-horário e de sentido horário.
- C) de sentido horário e de sentido horário.
- D) de sentido anti-horário e de sentido anti-horário.
- E) de sentido horário e de sentido anti-horário.

**447. UPF.** Considere estas afirmações a respeito do eletromagnetismo:



I. Um elétron sofre, necessariamente, desvios em sua trajetória, quando atravessa um campo eletromagnético.

II. As linhas de força do campo magnético são sempre fechadas, e as do campo elétrico, sempre abertas.

III. A indução eletromagnética só acontece quando uma carga elétrica corta as linhas de força de um campo magnético.

É correto o que se afirmar em

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

**448.** Um fio longo e reto é posicionado no mesmo plano que uma espira condutora retangular, como mostra o esquema a seguir. Uma corrente elétrica  $i$  percorre o condutor no sentido indicado.

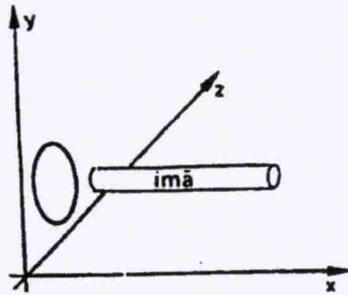


Nestas circunstâncias, a corrente induzida na espira será

- A) no sentido anti-horário se a corrente  $i$  for constante e a distância entre a espira e o fio for continuamente diminuída.
- B) no sentido horário se a corrente  $i$  for constante e a distância entre a espira e o fio for continuamente aumentada.
- C) no sentido anti-horário se a corrente  $i$  for continuamente aumentada e a distância entre a espira e o fio for constante.
- D) no sentido horário se a corrente  $i$  for continuamente diminuída e a distância entre a espira e o fio for constante.
- E) nula se a corrente  $i$  for constante e a distância entre a espira e o fio for mantida.



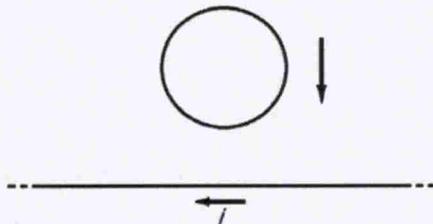
**449. UFRGS.** A figura mostra uma espira condutora circular no plano  $yz$  e um ímã alinhado segundo a direção horizontal  $x$ .



Em qual das condições apresentadas nas alternativas NÃO haverá corrente elétrica induzida na espira ?

- A) O ímã e a espira deslocando-se com a mesma velocidade.
- B) O ímã parado e a espira deslocando-se na direção  $y$ .
- C) O ímã parado e a espira girando em torno de um eixo vertical ( $y$ ) que passa pelo seu centro.
- D) A espira parada e o ímã deslocando-se na direção  $x$ .
- E) A espira parada e o ímã deslocando-se na direção  $y$ .

**450. UFRGS.** Observe a figura abaixo que representa um anel condutor que cai verticalmente na direção de um fio fixo que conduz uma corrente elétrica  $i$ .

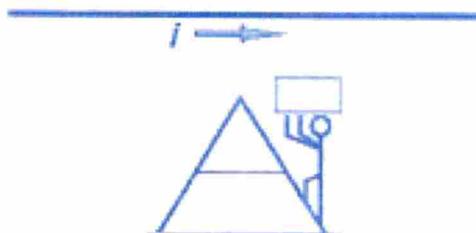


Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. Considerando que o plano do anel e o fio são coplanares, conforme representa a figura, a corrente elétrica induzida no anel terá sentido ..... e a força magnética resultante sobre ela .....

- A) horário – aponta para o topo da página
- B) horário – aponta para o pé da página
- C) anti-horário – aponta para o topo da página
- D) anti-horário – aponta para o pé da página
- E) anti-horário – será nula

**451. UFRGS.** Um trabalhador carregando uma esquadria metálica de resistência elétrica  $R$  sobre, com velocidade de módulo constante, uma escada colocada abaixo de um fio conduzindo uma corrente elétrica intensa,  $i$ . A situação está esquematizada na figura abaixo.

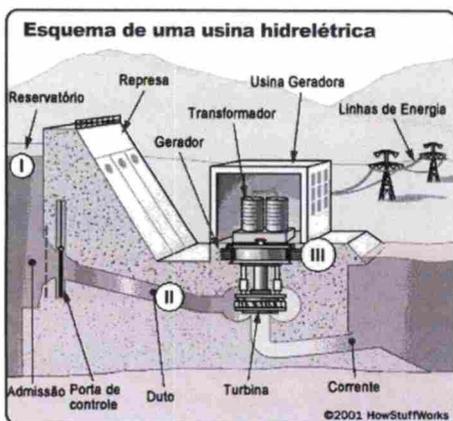




Assinale a alternativa correta sobre essa situação.

- A) Como a esquadria tem, aos pares, lados paralelos, a força resultante exercida pelo fio acima é nula.
- B) Visto que o fio não atravessa a esquadria, a lei de Ampère afirma que não existem correntes elétricas na esquadria.
- C) À medida que sobe a escada, o trabalhador sente a esquadria “ficar mais leve”, resultado da força atrativa exercida pelo fio, como previsto pela lei de Biot-Savart.
- D) À medida que sobe a escada, o trabalhador sente a esquadria “ficar mais pesada”, resultado da força de repulsão estabelecida entre a corrente elétrica no fio e a corrente elétrica induzida, conforme explicado pela lei de Faraday-Lenz.
- E) Como o trabalhador sobe com velocidade de módulo constante, não há o aparecimento de corrente elétrica na esquadria.

## 452. ENEM.



Disponível em: <http://static.hsw.com.br>. Acesso em: 26 abr. 2010 (adaptado).

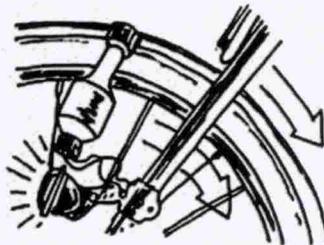
A figura representa o processo mais usado nas hidrelétricas para obtenção de energia elétrica no Brasil. As transformações de energia nas posições I→II e II→III da figura são, respectivamente,

- A) energia cinética → energia elétrica e energia potencial → energia cinética.
- B) energia cinética → energia potencial e energia cinética → energia elétrica.
- C) energia potencial → energia cinética e energia cinética → energia elétrica.



- D) energia potencial  $\rightarrow$  energia elétrica e energia potencial  $\rightarrow$  energia cinética.  
 E) energia potencial  $\rightarrow$  energia elétrica e energia cinética  $\rightarrow$  energia elétrica.

**453. ENEM.** Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que a parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.

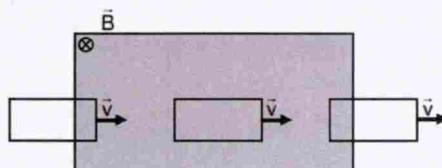


Disponível em: <http://www.if.usp.br>. Acesso em: 1 maio 2010.

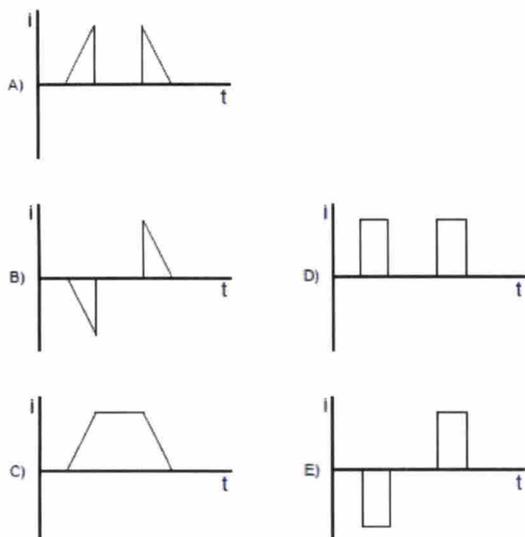
O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- A) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.  
 B) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.  
 C) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.  
 D) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.  
 E) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

**454. PUCRS.** Uma espira condutora retangular percorre com velocidade constante de módulo  $v$  uma região onde existe um campo magnético uniforme de módulo  $B$  perpendicular ao plano da espira, como mostra a figura a seguir.



O gráfico que melhor representa a corrente induzida na espira em função do tempo, à medida que a espira atravessa o campo, é:



**455. UFRGS.** O primário de um transformador alimentado por uma corrente elétrica alternada tem mais espiras do que o secundário. Nesse caso, comparado com o primário, no secundário

- A) a diferença de potencial é a mesma, e a corrente elétrica é contínua.
- B) a diferença de potencial é a mesma, e a corrente elétrica é alternada.
- C) a diferença de potencial é menor, e a corrente elétrica é alternada.
- D) a diferença de potencial é maior, e a corrente elétrica é alternada.
- E) a diferença de potencial é maior, e a corrente elétrica é contínua.



**456. ENEM.** A tecnologia de comunicação da etiqueta RFID (chamada de etiqueta inteligente) é usada para rastrear gado, vagões de trem, bagagem aérea e carros nos pedágios. Um modelo mais barato dessas etiquetas pode funcionar sem baterias e é constituído por três componentes: um microprocessador de silício; uma bobina de metal, feita de cobre ou de alumínio, que é enrolada em um padrão circular; e um encapsulador, que é um material de vidro ou polímero envolvendo, o microprocessador e a bobina. Na presença de um campo de radiofrequência gerado pelo leitor, a etiqueta transmite sinais. A distância de leitura é determinada pelo tamanho da bobina e pela potência da onda de rádio emitida pelo leitor.

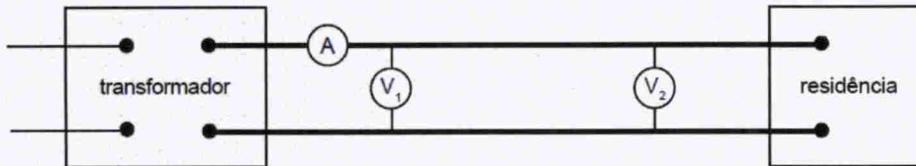
A etiqueta funciona sem pilhas porque o campo

- A) Elétrico da onda de rádio agita elétrons da bobina.
- B) Elétrico da onda de rádio cria uma tensão na bobina.
- C) Magnético da onda de rádio induz corrente na bobina.
- D) Magnético da onda de rádio aquece os fios da bobina.
- E) Magnético da onda de rádio diminui a ressonância no interior da bobina





**457. PUCRS.** A figura a seguir representa esquematicamente a linha de transmissão que liga uma residência a um transformador. Neste esquema, A representa um amperímetro que indica 50 A,  $V_1$  é o voltímetro que indica a tensão de saída do transformador (no caso, 240 V) e  $V_2$  é o voltímetro que indica a tensão de chegada na residência (no caso, 220 V).



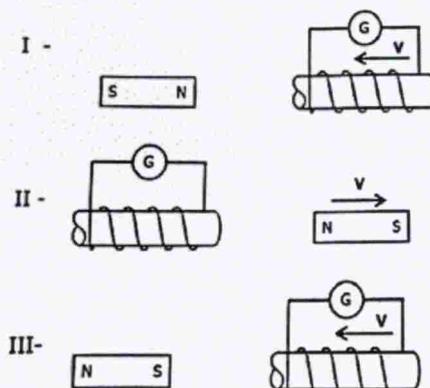
A potência dissipada entre os pontos onde estão instalados  $V_1$  e  $V_2$ , na linha de transmissão esquematizada, é

- A) 1,0kW
- B) 2,0kW
- C) 2,5kW
- D) 4,0kW
- E) 20,0kW

**458. UFRGS.** A figura abaixo representa um experimento em que um ímã está sendo aproximado com velocidade  $V$  de uma bobina em repouso, ligada em série com um galvanômetro G.



A seguir, três variantes do mesmo experimento estão representadas nas figuras I, II e III.

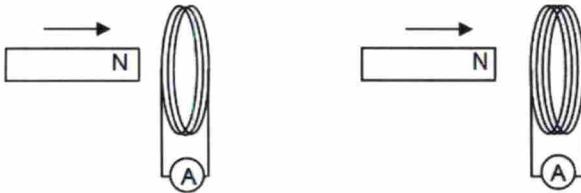


Assinale a alternativa que indica corretamente as variantes que possuem corrente elétrica induzida igual àquela produzida no experimento original.



- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) I, II e III.

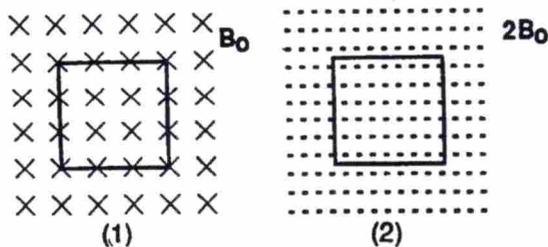
**459. UFRGS.** Um ímã se desloca com uma velocidade  $\vec{v}$  ao encontro da bobina X e depois com a mesma velocidade  $\vec{v}$  ao encontro da bobina Y, conforme as figuras. Os diâmetros das bobinas são iguais, mas Y tem um número de espiras maior do que X.



Nessas condições, a força eletromotriz induzida na bobina X é ..... força eletromotriz induzida na bobina Y, e os sentidos das correntes elétricas são ..... Qual a alternativa que preenche corretamente as lacunas acima ?

- A) menor do que a – iguais
- B) menor do que a – contrários
- C) maior do que a – iguais
- D) igual à – contrários
- E) igual à – iguais.

**460. PUCRS.** Duas espiras iguais estão posicionadas em campos magnéticos uniformes, cujas linhas de indução são perpendiculares aos planos das espiras. Na situação 1 a intensidade inicial do campo é  $B_0$ , e na situação 2 a intensidade inicial é  $2 B_0$ . Os campos serão reduzidos uniformemente a zero no mesmo intervalo de tempo, originando nas espiras correntes induzidas  $i_1$  e  $i_2$ , respectivamente nas situações 1 e 2, como indica a figura.



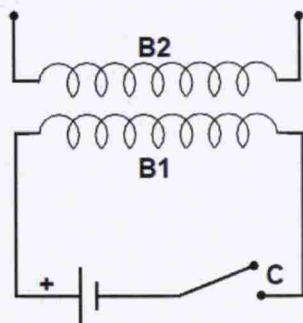
Com relação as correntes induzidas, pode-se afirmar que possuem sentidos

- A) iguais, sendo  $i_1 = i_2$
- B) iguais, sendo  $i_1 = 2 i_2$
- C) horários, sendo  $i_1 > i_2$
- D) contrários, sendo  $i_1 = 2 i_2$
- E) contrários, sendo  $i_1 = 0,5 i_2$



**INSTRUÇÃO:** Responder à questão 461 com base na figura e nas afirmações a seguir.

Considerando o circuito representado na figura, se a chave C for periodicamente fechada e aberta, a força eletromotriz induzida nas extremidades da bobina B<sub>2</sub>



- I. depende do número de espiras de B<sub>2</sub>.
- II. não depende do número de espiras de B<sub>2</sub>.
- III. será variável e de polaridade variável.
- IV. será variável e de mesma polaridade.

**461. PUCRS.** Pela análise das afirmações, conclui-se que somente estão corretas

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



**462. UFRGS.** Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

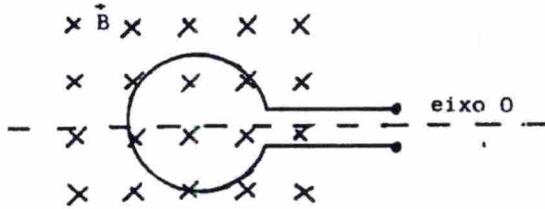
Em um certo transformador ideal alimentado por uma fonte de tensão elétrica de 12 V, o número de espiras no enrolamento secundário é o dobro do número de espiras existentes no enrolamento primário. Nesse caso, a voltagem no enrolamento secundário será \_\_\_\_\_ se a fonte for contínua e será \_\_\_\_\_ se a fonte for alternada.

- A) 0 V – 6 V
- B) 0 V – 24 V
- C) 12 V – 6 V
- D) 12 V – 24 V
- E) 24 V – 24 V



**463. PUCRS.** Um campo magnético uniforme  $B = 0,4 \text{ T}$  e uma espira metálica de  $0,6 \text{ m}^2$  de área são representados na figura abaixo.





As linhas de fluxo do campo magnético são perpendiculares ao plano da espira. Se a espira for girada de 90 graus em torno do eixo 0 num tempo de 0,1 s, entre seus extremos se induzirá uma força eletromotriz média de

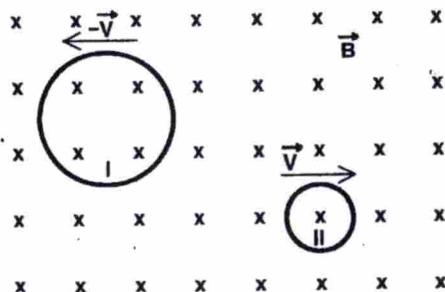
- A) 0,4 V
- B) 0,6 V
- C) 1,0 V
- D) 1,4 V
- E) 2,4 V

**464. UFRGS.** Um campo magnético cuja intensidade varia no tempo atravessa uma bobina de 100 espiras e de resistência elétrica desprezível. A esta bobina está conectada em série uma lâmpada cuja resistência elétrica é de  $10,0 \Omega$  e que está dissipando 10,0 W. A variação temporal do fluxo magnético através de cada espira é, em módulo, de



- A) 0,01 Wb/s.
- B) 0,10 Wb/s.
- C) 1,0 Wb/s.
- D) 10,0 Wb/s.
- E) 100,0 Wb/s.

**465. UFRGS.** A figura abaixo representa as espiras I e II, ambas com a mesma resistência elétrica, movendo-se no plano da página com velocidades de mesmo módulo, em sentidos opostos. Na mesma região, existe um campo magnético uniforme que aponta perpendicularmente para dentro da página, cuja intensidade está aumentando à medida que o tempo decorre. Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas no parágrafo a seguir.

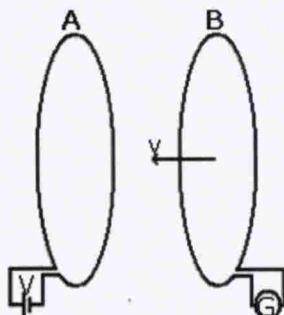


A intensidade da corrente induzida na espira I é ..... que a intensidade da corrente induzida na espira II, e as duas correntes têm .....



- A) a mesma - sentidos opostos
- B) a mesma - o mesmo sentido
- C) menor - sentidos opostos
- D) maior - sentidos opostos
- E) maior - o mesmo sentido

**466. UFRGS.** Observe a figura. Esta figura representa dois circuitos, cada um contendo uma espira de resistência elétrica não nula. O circuito A está em repouso e é alimentado por uma fonte de tensão constante  $V$ . O circuito B aproxima-se com velocidade constante de módulo  $v$ , mantendo-se paralelos os planos das espiras.



Durante a aproximação, uma força eletromotriz (f.e.m.) induzida aparece na espira do circuito B, gerando uma corrente elétrica que é medida pelo galvanômetro G. Sobre essa situação, são feitas as seguintes afirmações.

- I - A intensidade da f.e.m. induzida depende de  $v$ .
- II - A corrente elétrica induzida em B também gera campo magnético.
- III - O valor da corrente elétrica induzida em B independe da resistência elétrica deste circuito.

Quais estão corretas?

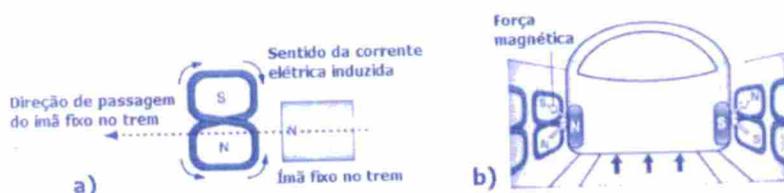
- A) Apenas I.
- B) Apenas II.
- C) Apenas III.
- D) Apenas I e II.
- E) I, II e III.

**467. UFRGS.** O aumento da concentração populacional nas áreas urbanas impõe o desenvolvimento de transportes de massa mais eficientes. Um candidato bastante promissor para esse trabalho é o trem MAGLEV, abreviatura inglesa de Magnetic Levitation, que significa levitação Magnética. Diferentemente dos trens convencionais, os trens MAGLEV não possuem motores, sendo assim mais leves, e a principal forma de atrito encontrada durante seu movimento é a resistência do ar, o que lhes permite alcançar velocidades maiores do que 500 km/h.





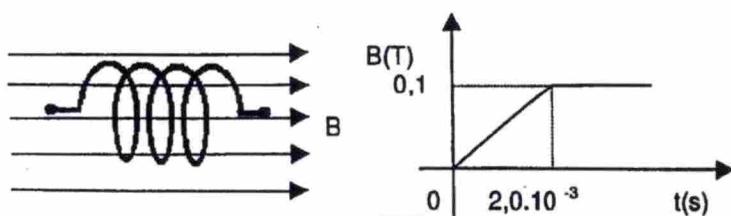
O princípio de funcionamento é relativamente simples e um dos sistemas em uso, a chamada Suspensão Eletrodinâmica (ou levitação por repulsão), emprega correntes elétricas induzidas em condutores submetidos a fluxos magnéticos variáveis. A figura abaixo ilustra o processo básico: campos magnéticos intensos, criados por bobinas fixas no trem, induzem forças eletromotrices variáveis nas bobinas em forma de "8", fixas nos trilhos. As correntes elétricas resultantes nessas bobinas originam campos magnéticos com polaridades invertidas, conforme mostra a figura a). Assim, as bobinas fixas no trem será atraídas pelas metades superiores e repelidas pelas metades inferiores nas bobinas dos trilhos (figura b), promovendo a levitação.



Com base na descrição acima, podemos afirmar corretamente que o trem MAGLEV é uma aplicação direta do Eletromagnetismo, em particular da

- A) lei de Coulomb
- B) lei de Ohm
- C) lei de Ampère
- D) lei de Faraday-Lenz
- E) Lei de Biot-Savart

**468. PUCRS.** Um fio condutor em forma de solenóide encontra-se no interior de um campo magnético uniforme, variável no tempo segundo a função  $B(t)$  abaixo representada.



Supondo se que o fio tem 10 espiras e cada espira tem área de  $0,002\text{m}^2$ , perpendicular às linhas do campo, o valor absoluto da diferença de potencial induzida entre os extremos do fio durante o intervalo de zero a  $2,0 \times 10^{-3}$  s vale



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

**469. UFRGS.** Um aparelho de rádio portátil pode funcionar tanto ligado a um conjunto de pilhas que fornece uma diferença de potencial de 6 V quanto a uma tomada elétrica de 120 V e 60 Hz. Isso se deve ao fato de a diferença de potencial de 120 V ser aplicada ao primário de um transformador existente no aparelho, que reduz essa diferença de potencial para 6 V. Para esse transformador, pode-se afirmar que a razão  $N_1 / N_2$ , entre o número  $N_1$  de espiras no primário e o número  $N_2$  de espiras no secundário, é, aproximadamente,



- A) 1 / 20.
- B) 1 / 10.
- C) 1.
- D) 10.
- E) 20.

**470. UFRGS.** O fogão mostrado na figura 1 abaixo não produz chamas nem propaga calor. O cozimento ou aquecimento dos alimentos deve ser feito em panelas de ferro ou de aço e ocorre devido à existência de campos magnéticos alternados, produzidos em bobinas, conforme representado no esquema da figura 2. Os campos magnéticos penetram na base das panelas, criando correntes elétricas que as aquecem.

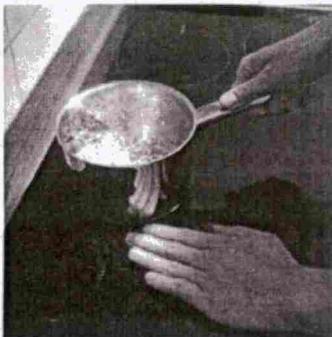


Figura 1

Disponível em: <<http://asko.co.n2>>. Acesso em: 10 out. 2018.

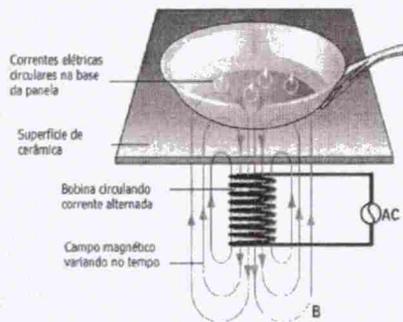


Figura 2

Adaptado de: <<http://kitchenapparatus.com>>. Acesso em: 10 out. 2018.

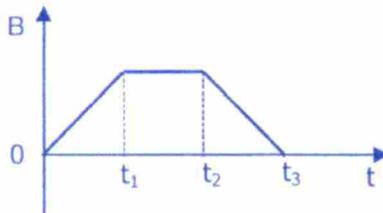
Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

O processo físico que fundamenta essa aplicação tecnológica é conhecido como.....e é regido pela lei de .....

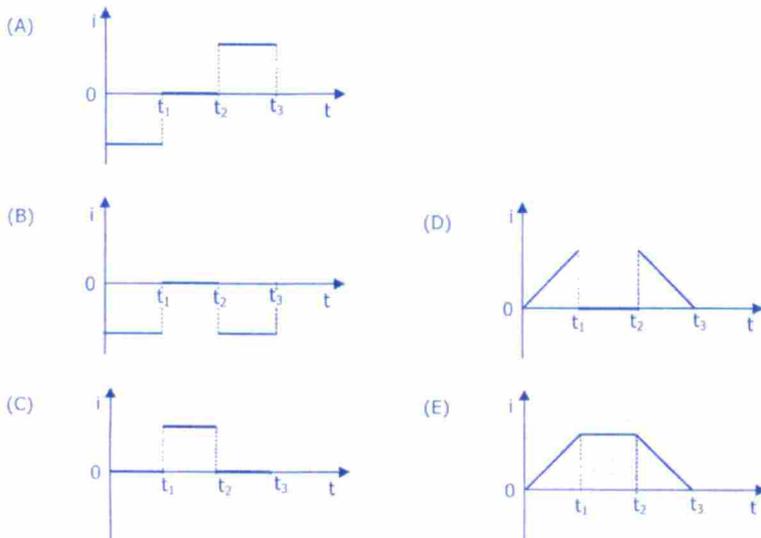


- A) convecção - Faraday-Lenz
- B) indução - Faraday-Lenz
- C) indução - Ampère
- D) radiação - Gauss
- E) radiação - Ampère

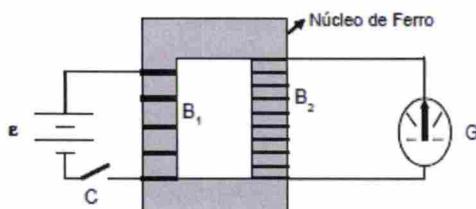
**471. UFRGS.** Um fio condutor enrolado em forma de solenoide encontra-se em repouso no interior de um campo magnético uniforme cuja intensidade ( $B$ ) varia, em função do tempo ( $t$ ), do modo indicado no gráfico abaixo.



O campo magnético é perpendicular às espiras do solenóide. Nessas condições, indique qual dos seguintes gráficos melhor representa a corrente elétrica ( $i$ ), induzida no solenóide, como função do tempo ( $t$ ).



**472. PUCRS.** A figura a seguir representa um esquema de uma das experiências que Michael Faraday (século 19) realizou para demonstrar a indução eletromagnética.





Nessa figura, uma bateria de tensão constante  $\varepsilon$  é conectada a uma chave interruptora C e a uma bobina  $B_1$ , que, por sua vez, está enrolada a um núcleo de ferro doce, ao qual também se enrola uma outra bobina  $B_2$ , está conectada a um galvanômetro G, que poderá indicar a passagem de corrente elétrica.

Quando a chave C fecha o circuito com a bobina  $B_1$ , o ponteiro do galvanômetro G

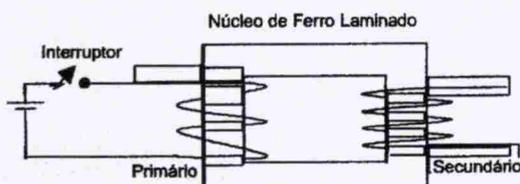
- A) não registra qualquer alteração, porque a fonte de corrente do circuito da bobina  $B_1$  é contínua.
- B) não registra qualquer alteração, porque a fonte de corrente do circuito só inclui a bobina  $B_1$ .
- C) indica a passagem de corrente permanente pela bobina  $B_2$ .
- D) indica a passagem de corrente pela bobina  $B_2$  por um breve momento, e logo volta à posição original.
- E) gira alternadamente para a direita e para a esquerda, indicando a presença de corrente alternada circulando pela bobina  $B_2$ .

**473. PUCRS.** Uma espira circular com área de  $1 \times 10^{-2} \text{ m}^2$  se encontra totalmente dentro de um campo magnético uniforme, com suas linhas de indução perpendiculares ao plano da espira e saindo do plano. O valor inicial do campo magnético é 0,50 tesla. Se o campo magnético for reduzido a zero, o valor do fluxo magnético inicial, em weber, através da espira, e o sentido da corrente induzida na espira serão, respectivamente,

- A)  $5,0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$  e horário.
- B)  $5,0 \times 10^{-3} \text{ Wb}$  e anti-horário.
- C)  $2,5 \times 10^{-2} \text{ Wb}$  e horário.
- D)  $2,5 \times 10^{-2} \text{ Wb}$  e anti-horário.
- E)  $1,0 \times 10^{-2} \text{ Wb}$  e horário.



**474. PUCRS.** A figura abaixo mostra simplificada um pequeno transformador. O primário pode ser conectado a uma bateria de 6 V pôr uma chave interruptora.



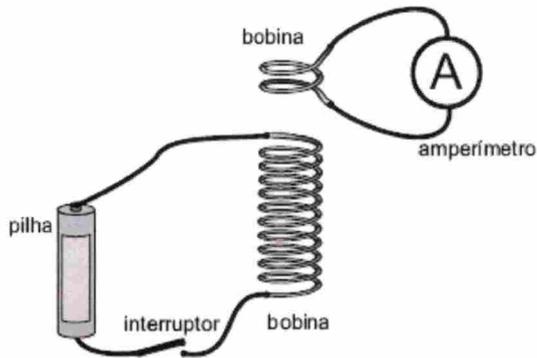
Partindo dessa situação, é correto afirmar que

- A) haverá corrente elétrica constante no secundário, se a chave permanecer ligada.
- B) haverá força eletromotriz constante no secundário, se a chave permanecer ligada.
- C) não haverá há fluxo magnético no secundário, se a chave permanecer ligada.
- D) o núcleo de ferro conduzirá a corrente elétrica, do primário para o secundário, se a chave estiver ligada.
- E) a polaridade de força eletromotriz induzida no secundário mudará periodicamente, se a chave for ligada e desligada também periodicamente.

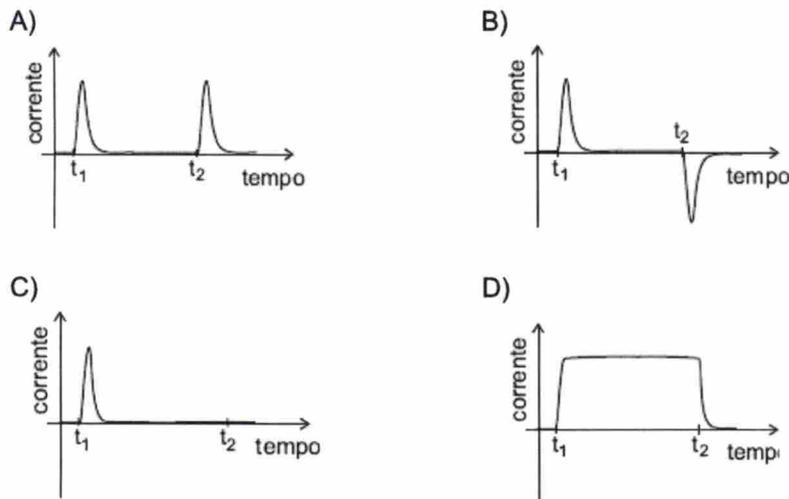




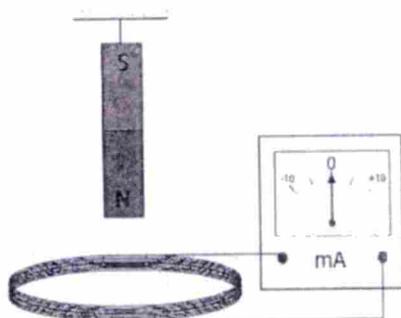
475. Um aluno utiliza duas bobinas, uma pilha, um interruptor e um amperímetro para fazer a montagem mostrada nesta figura. Ele liga uma das bobinas em série com a pilha e com o interruptor, inicialmente, desligado. A outra bobina, ele a conecta ao amperímetro e a coloca próxima à primeira.



Em seguida, Rafael liga o interruptor no instante  $t_1$  e desliga-o no instante  $t_2$ . Assinale a alternativa cujo gráfico melhor representa a corrente no amperímetro em função do tempo, na situação descrita.

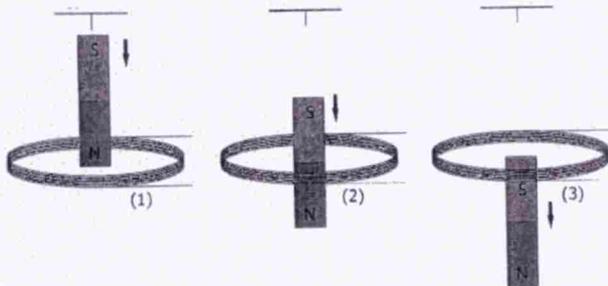


476. UFRGS. A figura representa um ímã suspenso verticalmente ao longo do eixo de uma bobina ligada a um galvanômetro.





A deflexão do ponteiro do galvanômetro para direita/esquerda indica que a corrente elétrica fluindo na espira, vista desde o ponto de suspensão do ímã, tem sentido horário/anti-horário.  
Em  $t = 0$ , o ímã é liberado e cai. Considere três instantes de queda, (1), (2) e (3), mostrados abaixo.



Escolha a alternativa que indica, aproximadamente, a posição do ponteiro do galvanômetro nos instantes mostrados acima.

(A)

(B)

(C)

(D)

(E)



### AULA 14

#### Eletrostática – Introdução

- 001 – C
- 002 – B
- 003 – A
- 004 – B
- 005 – E
- 006 – B
- 007 – E
- 008 – C
- 009 – E
- 010 – A
- 011 – E
- 012 – B
- 013 – A
- 014 – C
- 015 – D
- 016 – E
- 017 – E
- 018 – A
- 019 – B
- 020 – D
- 021 – A
- 022 – D
- 023 – E
- 024 – E
- 025 – A
- 026 – E
- 027 – E
- 028 – B
- 029 – C
- 030 – B
- 031 – D
- 032 – A
- 033 – C
- 034 – C
- 035 – C
- 036 – B
- 037 – B
- 038 – B
- 039 – D
- 040 – E
- 041 – A
- 042 – A
- 043 – E
- 044 – E
- 045 – B

### AULA 15

#### Campo elétrico

- 046 – D
- 047 – B
- 048 – E
- 049 – B
- 050 – E
- 051 – E
- 052 – A
- 053 – D
- 054 – D
- 055 – D
- 056 – A
- 057 – D
- 058 – B
- 059 – C
- 060 – A
- 061 – D
- 062 – D
- 063 – B
- 064 – A
- 065 – A
- 066 – A
- 067 – B
- 068 – E
- 069 – A
- 070 – C
- 071 – B
- 072 – B
- 073 – A
- 074 – E
- 075 – E
- 076 – A
- 077 – A
- 078 – A
- 079 – D
- 080 – C
- 081 – D
- 082 – D
- 083 – A
- 084 – A
- 085 – E
- 086 – B
- 087 – D
- 088 – E
- 089 – A
- 090 – B

### AULA 16

#### Potencial elétrico

- 091 – D
- 092 – D
- 093 – E
- 094 – E
- 095 – B
- 096 – B
- 097 – E
- 098 – B
- 099 – D
- 100 – E
- 101 – E
- 102 – B
- 103 – C
- 104 – C
- 105 – C
- 106 – B
- 107 – D
- 108 – E
- 109 – E
- 110 – E
- 111 – E
- 112 – E
- 113 – D
- 114 – B
- 115 – D
- 116 – D
- 117 – C
- 118 – A
- 119 – D
- 120 – E
- 121 – E
- 122 – A
- 123 – A
- 124 – B
- 125 – D
- 126 – A
- 127 – A
- 128 – A
- 129 – D
- 130 – A
- 131 – C
- 132 – C
- 133 – E
- 134 – D
- 135 – A

### AULA 17

#### Capacitância

- 136 – A
- 137 – E
- 138 – B
- 139 – D
- 140 – D
- 141 – B
- 142 – E
- 143 – C
- 144 – B
- 145 – C

## AULA 18

Corrente / Resistência

- 146 – E
- 147 – C
- 148 – D
- 149 – E
- 150 – B
- 151 – E
- 152 – B
- 153 – E
- 154 – C
- 155 – A
- 156 – C
- 157 – E
- 158 – C
- 159 – E
- 160 – D
- 161 – D
- 162 – D
- 163 – C
- 164 – B
- 165 – A
- 166 – D
- 167 – E
- 168 – A
- 169 – C
- 170 – A
- 171 – B
- 172 – E
- 173 – B
- 174 – D
- 175 – A
- 176 – D
- 177 – A
- 178 – C
- 179 – D
- 180 – B
- 181 – E
- 182 – A
- 183 – C
- 184 – C
- 185 – E
- 186 – E
- 187 – E
- 188 – E
- 189 – A
- 190 – A

## AULA 19

Resistores

- 191 – A
- 192 – B
- 193 – D
- 194 – E
- 195 – C
- 196 – E
- 197 – C
- 198 – B
- 199 – A
- 200 – B
- 201 – D
- 202 – D
- 203 – C
- 204 – C
- 205 – B
- 206 – A
- 207 – E
- 208 – B
- 209 – E
- 210 – A
- 211 – C
- 212 – C
- 213 – D
- 214 – D
- 215 – D
- 216 – A
- 217 – C
- 218 – C
- 219 – B
- 220 – D
- 221 – C
- 222 – B
- 223 – D
- 224 – B
- 225 – A
- 226 – B
- 227 – C
- 228 – E
- 229 – E
- 230 – A
- 231 – C
- 232 – E
- 233 – B
- 234 – D
- 235 – B

## AULA 20

Associação de  
Resistores

- 236 – A
- 237 – D
- 238 – B
- 239 – D
- 240 – A
- 241 – A
- 242 – D
- 243 – C
- 244 – E
- 245 – E
- 246 – D
- 247 – B
- 248 – E
- 249 – E
- 250 – A
- 251 – B
- 252 – B
- 253 – B
- 254 – C
- 255 – C
- 256 – D
- 257 – E
- 258 – E
- 259 – E
- 260 – E
- 261 – E
- 262 – E
- 263 – D
- 264 – A
- 265 – D
- 266 – D
- 267 – A
- 268 – B
- 269 – C
- 270 – B
- 271 – D
- 272 – B
- 273 – C
- 274 – A
- 275 – D
- 276 – A
- 277 – D
- 278 – D
- 279 – E
- 280 – A

## AULA 21

Circuitos  
Elétricos

- 281 – C
- 282 – A
- 283 – C
- 284 – E
- 285 – D
- 286 – C
- 287 – E
- 288 – A
- 289 – D
- 290 – D
- 291 – D
- 292 – E
- 293 – B
- 294 – A
- 295 – D
- 296 – C
- 297 – C
- 298 – B
- 299 – D
- 300 – E
- 301 – A
- 302 – B
- 303 – C
- 304 – A
- 305 – B
- 306 – B
- 307 – D
- 308 – B
- 309 – B
- 310 – B
- 311 – 10 = 2+8
- 312 – B
- 313 – C
- 314 – C
- 315 – C
- 316 – B
- 317 – B
- 318 – E
- 319 – 56 = 8+16+32
- 320 – E
- 321 – E
- 322 – C
- 323 – E
- 324 – C
- 325 – A

## AULA 22

### Geradores

- 326 - D
- 327 - D
- 328 - C
- 329 - C
- 330 - A
- 331 - B
- 332 - C
- 333 - D
- 334 - E
- 335 - E
- 336 - E
- 337 - B
- 338 - A
- 339 - E
- 340 - B

MAIS  
QUE  
UM  
CURSO

Extensivos 2022  
Livro 2  
Respostas 3/3

**alex** FÍSICA  
mossmann

### AULA 23

Campo  
Magnético

- 341 - D
- 342 - D
- 343 - A
- 344 - B
- 345 - B
- 346 - E
- 347 - A
- 348 - E
- 349 - D
- 350 - C
- 351 - D
- 352 - B
- 353 - E
- 354 - B
- 355 - C
- 356 - C
- 357 - C
- 358 - E
- 359 - B
- 360 - E
- 361 - C
- 362 - A
- 363 - D
- 364 - D
- 365 - C
- 366 - E
- 367 - C
- 368 - A
- 369 - D
- 370 - C
- 371 - A
- 372 - E
- 373 - B
- 374 - B
- 375 - E
- 376 - D
- 377 - D
- 378 - B
- 379 - A
- 380 - D
- 381 - D
- 382 - D
- 383 - C
- 384 - 19 = 1+2+16
- 385 - A

### AULA 24

Força  
Magnética

- 386 - C
- 387 - D
- 388 - E
- 389 - A
- 390 - C
- 391 - C
- 392 - B
- 393 - D
- 394 - A
- 395 - E
- 396 - E
- 397 - B
- 398 - A
- 399 - C
- 400 - E
- 401 - D
- 402 - D
- 403 - A
- 404 - A
- 405 - E
- 406 - A
- 407 - B
- 408 - D
- 409 - D
- 410 - C
- 411 - E
- 412 - C
- 413 - C
- 414 - C
- 415 - C
- 416 - A
- 417 - D
- 418 - E
- 419 - B
- 420 - D
- 421 - C
- 422 - A
- 423 - C
- 424 - E
- 425 - A
- 426 - B
- 427 - D
- 428 - B
- 429 - A
- 430 - C

### AULA 25

Indução  
Magnética

- 431 - E
- 432 - A
- 433 - B
- 434 - A
- 435 - D
- 436 - D
- 437 - C
- 438 - A
- 439 - E
- 440 - B
- 441 - A
- 442 - B
- 443 - C
- 444 - D
- 445 - A
- 446 - E
- 447 - E
- 448 - E
- 449 - A
- 450 - C
- 451 - D
- 452 - C
- 453 - E
- 454 - E
- 455 - C
- 456 - C
- 457 - A
- 458 - D
- 459 - A
- 460 - E
- 461 - A
- 462 - B
- 463 - E
- 464 - B
- 465 - E
- 466 - D
- 467 - D
- 468 - B
- 469 - E
- 470 - B
- 471 - A
- 472 - D
- 473 - B
- 474 - E
- 475 - B
- 476 - A



## Apêndice

### • UNIDADES USUAIS

grandeza	símbolo	unidade	símbolo
Massa	$m$	quilograma	kg
Distância, comprimento	$d, l$	metro	m
Tempo	$t$	segundo	s
Corrente elétrica	$i$	ampère	A
Quantidade de matéria	$n$	moles	mol
Temperatura	$T$	kelvin	K
Intensidade luminosa	$I$	candela	cd
Densidade	$d$	quilograma por metro cubico	$\text{kg.m}^3$
Carga elétrica	$q, Q$	coulomb	C
Período	$T$	segundo	s
Frequência	$f$	hertz	Hz
Velocidade	$v, c$	metro por segundo	$\text{m.s}^{-1}$
Velocidade angular	$\omega$	radiano por segundo	$\text{rad.s}^{-1}$
Aceleração	$a$	metro por segundo ao quadrado	$\text{m.s}^{-2}$
Força	$F$	newton	N
Energia	$E$	joule	J
Quantidade de calor	$Q$	joule	J
Trabalho	$W, \tau$	joule	J
Potência	$P$	watt	W
Pressão	$p, P$	pascal	Pa
Calor específico	$c$	joule por kelvin e por quilograma	$\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
Capacidade calorífica	$C$	joule por kelvin	$\text{J.K}^{-1}$
Calor latente	$L$	joule por quilograma	$\text{J.kg}^{-1}$
Tensão elétrica	$U, V$	volt	V
Resistência elétrica	$R, r$	ohm	$\Omega$
Resistividade	$\rho$	ohm metro	$\Omega.\text{m}$
Impedância	$Z$	ohm	$\Omega$
Campo magnético	$B$	tesla	T
Fluxo magnético	$\phi$	weber	Wb
Indutância	$L$	henry	H
Capacidade elétrica	$C$	farad	F



• ALFABETO GREGO

Alfa	A	α	Ni	N	ν
Beta	B	β	csi	Ξ	ξ
Gama	Γ	γ	Ômicron	O	ο
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsilon	E	ε	Rô	P	ρ
Dzeta	Z	ζ	Sigma	Σ	σ
Eta	H	ε	Tau	T	τ
Teta	Θ	θ	Ípsilon	Υ	υ
Iota	I	ι	Fi	Φ	φ
capa	K	κ	Qui	X	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
Mi	M	μ	Ômega	Ω	ω

• PREFIXOS

Múltiplo	Prefixo	Símbolo	Nome Comum
10 <sup>18</sup>	exa	E	quintilhão
10 <sup>15</sup>	peta	P	quadrilhão
10 <sup>12</sup>	tera	T	trilhão
10 <sup>9</sup>	giga	G	bilhão
10 <sup>6</sup>	mega	M	milhão
10 <sup>3</sup>	quilo	k	mil
10 <sup>2</sup>	hecto	h	cem
10 <sup>1</sup>	deca	da	dez
10 <sup>-1</sup>	deci	d	Décimo
10 <sup>-2</sup>	centi	c	Centésimo
10 <sup>-3</sup>	mili	m	Milésimo
10 <sup>-6</sup>	micro	μ	Milionésimo
10 <sup>-9</sup>	nano	n	Bilionésimo
10 <sup>-12</sup>	pico	p	Trilionésimo
10 <sup>-15</sup>	femto	f	Quadrilionésimo
10 <sup>-18</sup>	atto	a	Quintilionésimo

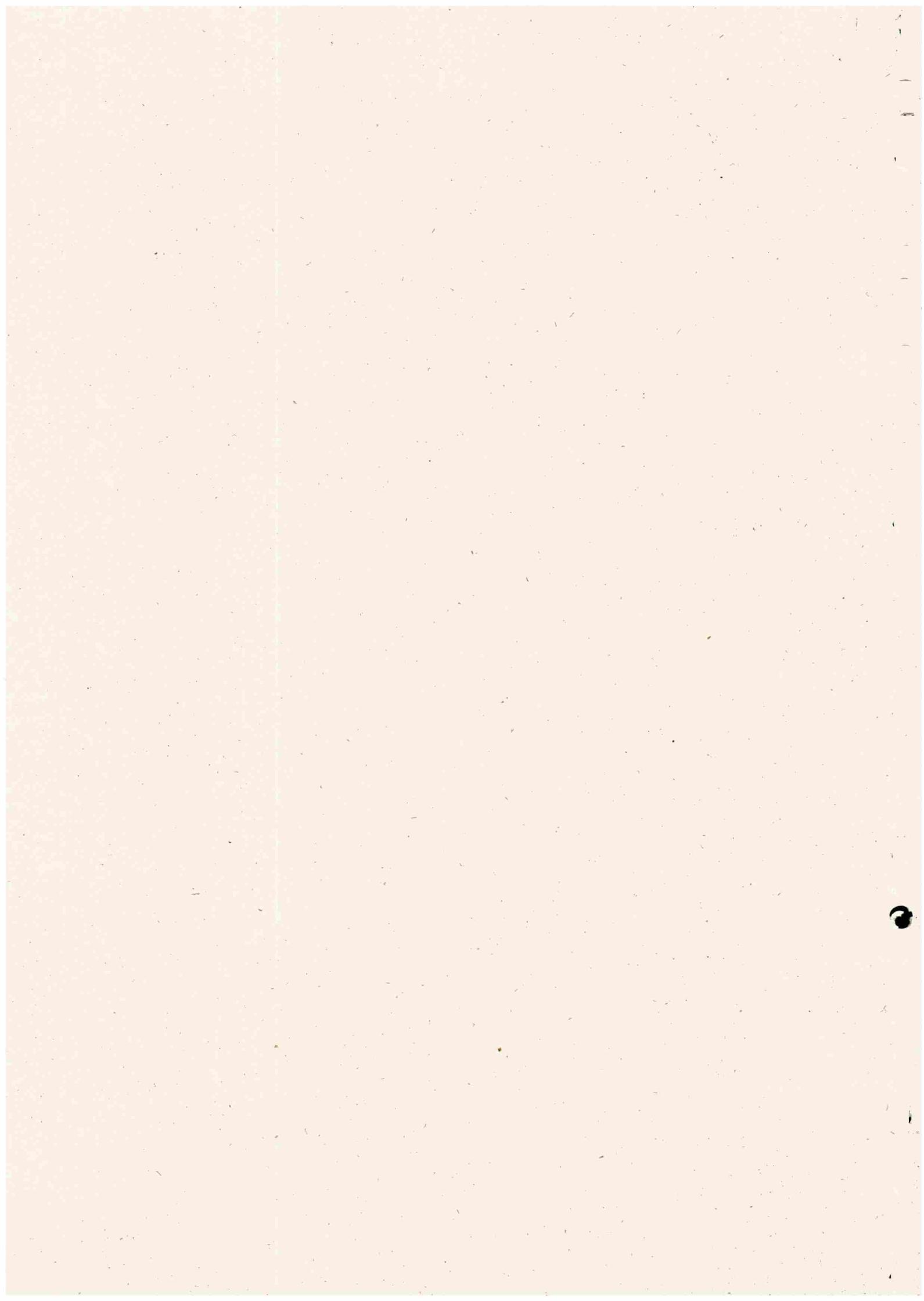


## • CONSTANTES FÍSICAS

Nome	Símbolo	Valor
Zero Absoluto	0 k	-273,15 °C
Aceleração da gravidade	g	9,8 m/s <sup>2</sup>
Constante Universal dos Gases	R	0,0821 atm.L/mol.K
Constante de Boltzmann	K	1,38 x 10 <sup>-23</sup> J/K
Número de Avogadro	N <sub>0</sub>	6,02 x 10 <sup>22</sup> moléculas/mol
Constante Eletrostática (vácuo)	K	9 x 10 <sup>9</sup> Nm <sup>2</sup> /C <sup>2</sup>
Carga Elementar	q	1,6 x 10 <sup>-19</sup> C
Constante Gravitacional	G	6,67 x 10 <sup>-11</sup> Nm <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
Permeabilidade magnética (vácuo)	μ <sub>0</sub>	4 x 10 <sup>-7</sup> T.m/A
Massa de Repouso do Elétron	m <sub>e</sub>	9,11 x 10 <sup>-31</sup> kg
Massa de Repouso do Próton	m <sub>p</sub>	1,67 x 10 <sup>-27</sup> kg
Constante de Planck	h	6,63 x 10 <sup>-34</sup> J.s
Velocidade da luz no vácuo	c	3 x 10 <sup>8</sup> m/s

## • UNIDADES FUNDAMENTAIS

Unidade	Símbolo	Grandeza
metro	m	comprimento
quilograma	kg	massa
segundo	s	tempo
ampère	A	intensidade de corrente elétrica
kelvin	K	temperatura termodinâmica
mol	mol	quantidade de matéria
candela	cd	intensidade luminosa



# alex **FÍSICA** mossmann

MAIS  
QUE  
UM  
CURSO



(51) 999115827



@alexmossmann



alexmossmann.com

