

FRENTE 1

AULAS 19 E 20

Movimento circular uniformemente variado e transmissão de movimento circular

Movimento circular uniformemente variado (MCUV)

A aceleração escalar instantânea é constante e diferente de zero.

- Função horária do espaço angular no MCVU:

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{1}{2} \gamma \cdot t^2$$

- Função horária da velocidade angular no MCVU:

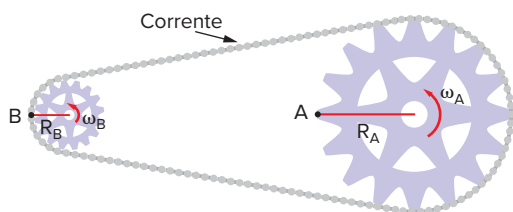
$$\omega = \omega_0 + \gamma \cdot t$$

- Equação de Torricelli no MCVU:

$$\omega^2 = \omega_0^2 + 2 \cdot \gamma \cdot \Delta\theta$$

Transmissão de movimento circular

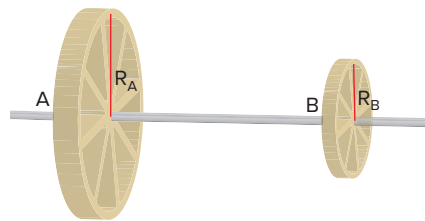
- **Correia comum a duas rodas:**



Relações entre grandezas lineares e relações entre grandezas angulares para duas rodas com correia comum:

| | Grandezas lineares iguais | Grandezas angulares dadas pelas relações |
|------------|---------------------------|---|
| Espaço | $\Delta s_A = \Delta s_B$ | $\Delta\theta_A \cdot R_A = \Delta\theta_B \cdot R_B$ |
| Velocidade | $v_A = v_B$ | $\omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B$ |
| Aceleração | $a_A = a_B$ | $\gamma_A \cdot R_A = \gamma_B \cdot R_B$ |

- **Eixo de rotação comum a duas rodas:**



Relações entre grandezas lineares e relações entre grandezas angulares para duas rodas com eixo comum:

| | Grandezas lineares dadas pelas relações | Grandezas angulares iguais |
|------------|---|-----------------------------------|
| Espaço | $\frac{\Delta s_A}{R_A} = \frac{\Delta s_B}{R_B}$ | $\Delta\theta_A = \Delta\theta_B$ |
| Velocidade | $\frac{v_A}{R_A} = \frac{v_B}{R_B}$ | $\omega_A = \omega_B$ |
| Aceleração | $\frac{a_A}{R_A} = \frac{a_B}{R_B}$ | $\gamma_A = \gamma_B$ |

Exercícios de sala

1. Um móvel parte do repouso e percorre uma circunferência de raio 10 cm em MCVU. Após 2 s, sua velocidade angular vale 6 rad/s. Determine:
 - a) a aceleração angular;
 - b) a aceleração linear;
 - c) a função horária da velocidade angular;
 - d) a função horária do espaço angular;
 - e) o número de voltas percorridas nesse intervalo de tempo.

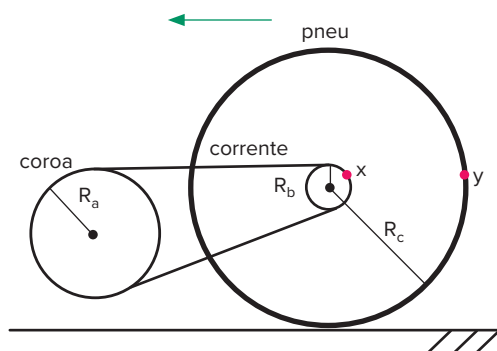
2. Famerp-SP 2021 Em julho de 2020, Estados Unidos, China e Emirados Árabes lançaram missões espaciais não tripuladas a Marte.

- a) Para chegar ao planeta, as naves devem percorrer uma distância aproximada de $4,80 \cdot 10^8$ km em cerca de 200 dias terrestres. Quantas horas demorará a viagem das naves da Terra até Marte? Qual é a velocidade média, em km/h, desenvolvida pelas naves nessa viagem?
- b) O período de translação de Marte em torno do Sol é de 1,9 anos terrestres. Considerando as órbitas no mesmo plano e aproximadamente circulares, e que os planetas se movem no mesmo sentido com velocidades angulares constantes, calcule o menor intervalo de tempo, em meses terrestres, entre dois instantes de máxima aproximação entre Marte e Terra.

3. FCMSCSP 2021 Duas pessoas se deslocam por uma avenida, uma de bicicleta, com velocidade de 30 km/h, e a outra de patinete, com velocidade de 20 km/h. Se os diâmetros dos pneus da bicicleta e da patinete são, respectivamente, 66 cm e 22 cm, a relação entre as velocidades angulares dos pneus da patinete, ω_P , e dos pneus da bicicleta, ω_B , é

- a) $\omega_P = \omega_B$
b) $\omega_P = 3\omega_B$
c) $\omega_P = 4\omega_B$
d) $\omega_P = 6\omega_B$
e) $\omega_P = 2\omega_B$

4. **UFU-MG 2018 (Adapt.)** Assuma que as dimensões das engrenagens e do pneu de uma bicicleta sejam as indicadas a seguir.



► **Dados:** $R_a = 18$ cm; $R_b = 6$ cm; $R_c = 20$ cm (figura fora de escala).

- a) Considerando-se os pontos x e y indicados na figura, qual deles terá menor velocidade linear? Explique sua resposta.
- b) Pedalando em uma bicicleta com as dimensões descritas, um ciclista foi instruído de que, para vencer uma corrida, deve se manter à velocidade constante de 65 km/h durante toda a prova. Qual o número de pedaladas por segundo que ele deve dar para manter a velocidade indicada? Considere $\pi = 3,14$.

Guia de estudos

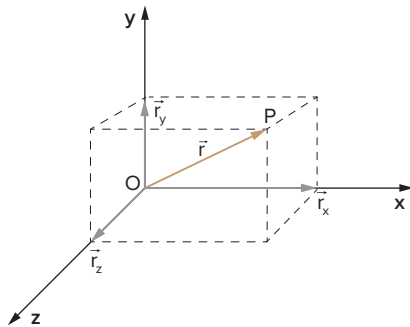
Física • Livro 1 • Frente 1 • Capítulo 5

- I. Leia as páginas **111** e **112** e os exercícios resolvidos **4, 6** e **7** nas páginas **113** e **114**.
- II. Faça os exercícios **4, 6** e **7** da seção “Revisando”.
- III. Faça os exercícios propostos **20, 22, 28** e de **31 a 40**.

Cinemática vetorial

Cinemática vetorial

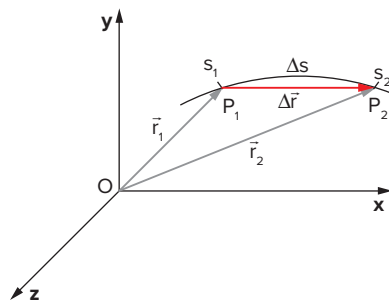
- **Vetor posição:** o vetor posição \vec{r} de um ponto P em relação a um referencial O é dado pelo vetor com origem em O e extremidade em P.



$$\vec{r} = r_x \hat{i} + r_y \hat{j} + r_z \hat{k}$$

- **Vetor deslocamento:**

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



- **Relação entre Δs e $\Delta \vec{r}$:**

$$|\Delta \vec{r}| \leq |\Delta s|$$

$$|\Delta \vec{r}| = |\Delta s| \text{ quando a trajetória é retilínea.}$$

- **Velocidade vetorial média:**

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

- **Relação entre v_m e \vec{v}_m :**

$$|\vec{v}_m| \leq |v_m|$$

$$|\vec{v}_m| = |v_m| \text{ quando a trajetória é retilínea.}$$

- **Velocidade vetorial instantânea:**

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{v}_m \Rightarrow \vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

- **Direção de \vec{v} :** tangente à trajetória.
- **Sentido de \vec{v} :** o mesmo do movimento.
- **Módulo de \vec{v} :** igual ao módulo da velocidade escalar instantânea.
- **Relação entre v e \vec{v} :**

$$|\vec{v}| = |v|$$

- **Aceleração vetorial média:**

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- **Relação entre a_m e \vec{a}_m :**

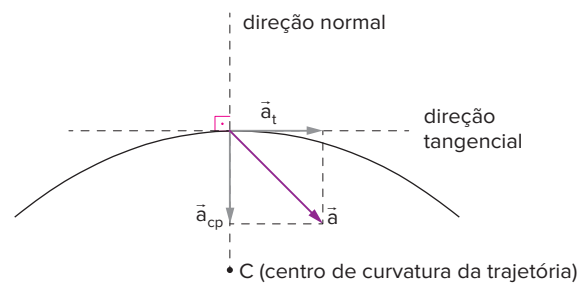
$$|\vec{a}_m| \geq |a_m|$$

$$|\vec{a}_m| = |a_m| \text{ quando a trajetória é retilínea.}$$

- **Aceleração vetorial instantânea:**

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \vec{a}_m \Rightarrow \vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

- **Decomposição da aceleração vetorial instantânea:**



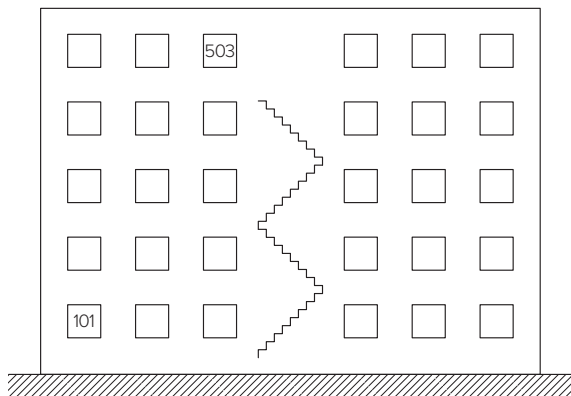
- **Direção de \vec{a}_t :** tangente à trajetória.
- **Sentido de \vec{a}_t :** o mesmo de \vec{v} quando o movimento for acelerado, e oposto ao de \vec{v} quando o movimento for retardado.
- **Módulo de \vec{a}_t :** igual ao módulo da aceleração escalar.
- **Direção de \vec{a}_{cp} :** perpendicular à trajetória.
- **Sentido de \vec{a}_{cp} :** para o centro de curvatura.
- **Módulo de \vec{a}_{cp} :** $|\vec{a}_{cp}| = \frac{v^2}{R}$

– Velocidade e aceleração vetorial para vários movimentos:

| Movimento | Trajetória | | | |
|----------------------|------------|-------------|----------------|----------------------------|
| | Retilínea | | Curvilínea | |
| | Uniforme | Variado | Uniforme | Variado |
| Módulo de \vec{v} | constante | variável | constante | variável |
| Direção de \vec{v} | constante | constante | variável | variável |
| \vec{a}_t | nula | não nula | nula | não nula |
| \vec{a}_{cp} | nula | nula | não nula | não nula |
| \vec{a} | 0 | \vec{a}_t | \vec{a}_{cp} | $\vec{a}_t + \vec{a}_{cp}$ |

Exercícios de sala

1. Um hotel dispõe de 30 quartos. Cada andar tem um pé-direito de 2,5 metros de altura, a mesma distância entre duas portas que estão lado a lado no mesmo andar. O hóspede do quarto 101 deseja ir ao 503 e, para isso, gasta 5 minutos entre sair de seu cômodo, subir as escadas e parar em frente à porta de seu colega.



Logo, podemos afirmar que:

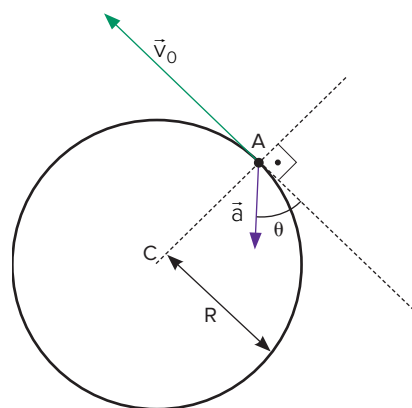
- a) a velocidade vetorial média é menor que 0,05 km/h.
 b) a velocidade escalar média é menor que 0,05 km/h.
 c) a velocidade vetorial média está entre 0,05 km/h e 0,1 km/h.
 d) a velocidade escalar média está entre 0,05 km/h e 0,1 km/h.
 e) a velocidade escalar média é maior que 0,1 km/h.

2. Um corpo descreve um movimento circular uniforme de raio 2,5 m com velocidade angular igual a 1 rad/s. Determine:

- a) o tempo que o corpo leva para percorrer um quarto de circunferência entre os pontos A e B;
 b) o módulo do vetor deslocamento do corpo entre A e B;
 c) o módulo da velocidade vetorial média do corpo entre A e B;
 d) o módulo da aceleração centrípeta do corpo;
 e) o módulo da aceleração vetorial média do corpo entre A e B.

3. Uma trajetória circular, de 2 m de raio, é descrita por uma partícula em MUV, a partir do repouso, com aceleração escalar de 8 m/s^2 . Determine, para a partícula:
- o módulo da aceleração tangencial;
 - o módulo da velocidade vetorial após 5 s de movimento;
 - o módulo da aceleração centrípeta após 5 s de movimento;
 - o intervalo de tempo necessário, a partir do repouso, para que o ângulo formado entre a aceleração vetorial e a direção tangencial seja igual a 45° .

4. Mackenzie-SP 2019



No instante apresentado na figura dada, a partícula (A), que realiza um deslocamento com taxa de variação da velocidade constante, tem o seu movimento classificado como retrógrado retardado. Sabe-se que, no momento representado, o módulo da aceleração vetorial da partícula vale 10 m/s^2 e o da velocidade vetorial, v_0 . Sendo seis metros o raio (R) da trajetória circular da figura e adotando-se $\cos \theta = 0,80$, pode-se afirmar corretamente que, no segundo seguinte ao da representação da figura, os valores da velocidade e da aceleração tangencial são, respectivamente, em unidades do SI (Sistema Internacional de Unidades)

- $-14; 6,0$
- $8,0; 6,0$
- $6,0; 7,0$
- $2,0; 8,0$
- $-6,0; 8,0$

Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 1 • Capítulo 6

- Leia as páginas de **12 a 16**.
- Faça os exercícios **5 e 6** da seção "Revisando".

- Faça os exercícios propostos **14**, de **17 a 21**, **23**, **25**, **26**, **29**, **30** e de **33 a 39**.

FRENTE 1

AULAS 23 E 24

Composição de movimentos

Composição de movimentos

Relação entre velocidades em uma composição de movimentos:

$$\vec{v}_{AB} = \vec{v}_{AC} + \vec{v}_{CB}$$

em que:

\vec{v}_{AB} = velocidade de A em relação a B.

\vec{v}_{AC} = velocidade de A em relação a C.

\vec{v}_{CB} = velocidade de C em relação a B.

Possíveis casos:

$$\begin{cases} A - \text{chuva} \\ B - \text{solo} \\ C - \text{carro} \end{cases} \quad \begin{cases} A - \text{avião} \\ B - \text{solo} \\ C - \text{ar} \end{cases} \quad \begin{cases} A - \text{barco} \\ B - \text{solo} \\ C - \text{água} \end{cases}$$

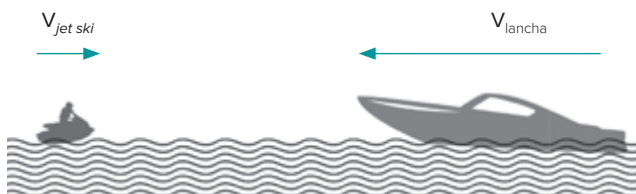
Relação entre deslocamentos vetoriais e entre acelerações vetoriais:

$$\vec{d}_{AB} = \vec{d}_{AC} + \vec{d}_{CB}$$

$$\vec{a}_{AB} = \vec{a}_{AC} + \vec{a}_{CB}$$

Exercícios de sala

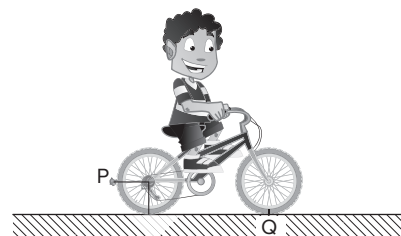
- UFJF-MG 2018** Durante as férias, Caíque visitou os parentes que moram perto de um grande lago navegável. Pela primeira vez ele experimentou pilotar um *jet ski* e gostou da aventura. Durante o passeio, ele observou vários barcos que andavam paralelamente à sua trajetória. Um primo que estava na margem do lago filmando Caíque no *jet ski* verificou que ele percorreu 900 m em 3 minutos sem alterar sua velocidade. Durante esse tempo, Caíque viu à frente uma lancha se aproximando com velocidade constante. Seu primo constatou que a lancha gastava um terço do tempo para percorrer a mesma distância. Com base nesses dados, marque a afirmativa correta:
- Um barco desce 24 km de um rio em 2 h e sobe o mesmo trecho em 4 h. Sabendo que a potência do motor do barco é constante, tanto ao subir quanto ao descer o rio, determine:
 - a velocidade do barco em relação ao rio;
 - a velocidade do rio em relação às margens;
 - o tempo que o barco leva para descer o mesmo trecho com o motor desligado.



- Os módulos das velocidades do *jet ski* e da lancha em relação à margem eram de 30,0 m/s e de 10,0 m/s, respectivamente.
- O módulo da velocidade da lancha em relação ao *jet ski* era de 20,0 m/s.
- O módulo da velocidade da lancha registrado pelo primo de Caíque foi de 5,0 m/s.
- O módulo da velocidade do *jet ski* em relação à lancha era de 10,0 m/s.
- O módulo da velocidade da lancha era o dobro do módulo da velocidade do *jet ski*.

3. Um barco navega em um rio de 800 m de largura. A velocidade do barco em relação ao rio é igual a 8 m/s, e a velocidade da correnteza é de 6 m/s. Determine:
- o módulo da velocidade do barco em relação às margens quando ele desce o rio;
 - o módulo da velocidade do barco em relação às margens quando ele sobe o rio;
 - o menor tempo de travessia do rio;
 - o local que o barco atinge na outra margem, no caso do item **c**;
 - o módulo da velocidade do barco em relação às margens, no caso do item **c**.

4. Uma criança anda em uma bicicleta que rola sem deslizar e possui velocidade constante de 4 m/s. Os pneus são iguais e têm 50 cm de diâmetro. Na figura, uma pedrinha se desprende da bicicleta no ponto P.



Determine:

- a velocidade da criança em relação ao solo;
- a velocidade do ponto Q em relação ao solo;
- o tempo que o pneu gasta para efetuar uma rotação completa;
- a velocidade da pedrinha no ponto P em relação à criança;
- a velocidade da pedrinha no ponto P em relação ao solo.

Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 1 • Capítulo 6

- Leia as páginas de **16** a **20**.
- Faça os exercícios de **7** a **9** da seção “Revisando”.

- Faça os exercícios propostos de **41** a **47**, **49**, **50**, **52** e de **54** a **58**.

Lançamento oblíquo no vácuo

A resistência do ar é desprezada, e o corpo fica sujeito a um campo gravitacional considerado uniforme (direção, sentido e módulo do vetor aceleração constantes).

- **Movimento vertical:** movimento retilíneo uniformemente variado.

- **Função horária do espaço:**

$$y = (v_0 \cdot \sin \theta)t - \frac{1}{2}gt^2$$

- **Função horária da velocidade:**

$$v_y = v_0 \cdot \sin \theta - gt$$

- **Função horária da aceleração:**

$$a_y = -g$$

- **Equação de Torricelli:**

$$v_y^2 = v_0^2 \cdot \sin^2 \theta - 2 \cdot g \cdot \Delta y$$

- **Movimento horizontal:** movimento retilíneo uniforme.

- **Função horária do espaço:**

$$x = (v_0 \cdot \cos \theta)t$$

- **Função horária da velocidade:**

$$v_x = v_0 \cdot \cos \theta$$

- **Função horária da aceleração:**

$$a_x = 0$$

- **Composição dos movimentos vertical e horizontal:** a partir da composição dos movimentos, são deduzidas importantes relações.

- **Tempo de subida:**

$$t_s = \frac{v_0 \cdot \sin \theta}{g}$$

- **Tempo total de movimento:**

$$T = \frac{2 \cdot v_0 \cdot \sin \theta}{g}$$

- **Altura máxima:**

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

- **Alcance:**

$$A = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$$

- **Alcance máximo:**

$$A_{\text{máx}} = \frac{v_0^2}{g}$$

- **Equação da trajetória:**

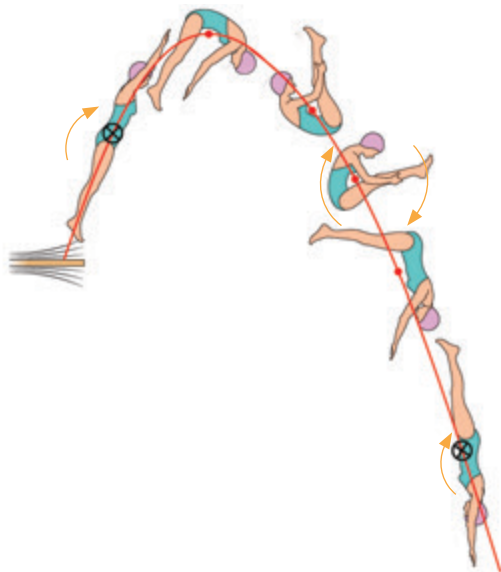
$$y = \tan \theta \cdot x - \frac{g}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \theta} x^2$$

Exercícios de sala

Considere, quando necessário, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1. Uma esfera é arremessada horizontalmente do alto de uma casa, com velocidade igual a 6 m/s. Sabendo que o alcance do lançamento é 4,8 m, determine:
 - a) a altura da casa;
 - b) o módulo da velocidade da esfera imediatamente antes de atingir o solo;
 - c) o ângulo que o vetor velocidade forma com a vertical, 0,2 s antes de atingir o solo.

2. **FCMSCSP 2022** Como mostra a imagem, em uma competição de saltos ornamentais, uma atleta salta de uma plataforma e realiza movimentos de rotação. Porém, seu centro de massa, sob ação exclusiva da gravidade, descreve uma trajetória parabólica, após ter sido lançado obliquamente da plataforma.

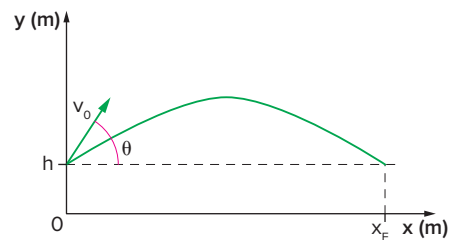


(<https://sites.google.com>. Adaptado.)

Considere que a aceleração gravitacional seja igual a 10 m/s^2 , que, no momento em que a atleta saltou para cima, seu centro de massa estava a 11 m da superfície da água e que o centro de massa da saltadora chegou à água $2,0 \text{ s}$ após o salto. A componente vertical da velocidade do centro de massa dessa atleta no momento em que ela deixou a plataforma era

- $4,5 \text{ m/s}$.
- $1,5 \text{ m/s}$.
- $0,5 \text{ m/s}$.
- $2,5 \text{ m/s}$.
- $8,5 \text{ m/s}$.

3. **EEAR-SP 2020** Um jogador de basquete lança manualmente de uma altura “ h ” uma bola com uma velocidade de módulo igual a v_0 e com um ângulo em relação a horizontal igual a θ , conforme o desenho. No mesmo instante, o jogador sai do repouso e inicia um movimento horizontal, retilíneo uniformemente variado até a posição final x_F , conforme o desenho.



Considere que, durante todo o deslocamento, a bola não sofre nenhum tipo de atrito e que nesse local atua uma gravidade de módulo igual a “ g ”. A aceleração horizontal necessária que o jogador deve ter para alcançar a bola quando a mesma retorna a altura de lançamento “ h ” com a qual iniciou, é corretamente expressa por _____.

- $\frac{2v_0^2}{x_F}$
- $\frac{2v_0 \cos \theta}{x_F}$
- $\frac{v_0^2 \cos^2 \theta}{x_F}$
- $\frac{2v_0^2 \cos^2 \theta}{x_F}$

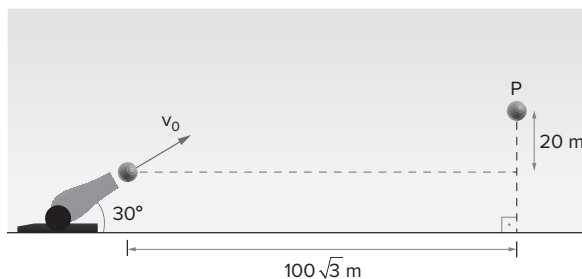
4. **PUC-PR 2017** Durante a preparação do país para receber a Copa do Mundo de 2014 e os Jogos Olímpicos de 2016, muitas construções foram demolidas para que outras fossem construídas em seu lugar. Um dos métodos utilizados nessas demolições é a implosão. Em 2011, a prefeitura do Rio de Janeiro, por exemplo, implodiu uma antiga fábrica para ampliar o Sambódromo. Na ocasião, para evitar que qualquer pessoa fosse atingida por detritos provenientes diretamente da explosão, os engenheiros responsáveis pela operação solicitaram a remoção temporária dos moradores em um certo raio medido a partir do ponto de implosão.

Desprezando os efeitos de resistência do ar e considerando que a máxima velocidade com que um detrito pode ser arremessado a partir do ponto da implosão é de 108 km/h, o raio mínimo de segurança que deveria ser adotado para remoção dos moradores de tal forma que eles não fossem atingidos diretamente por nenhum detrito é de:

► **Dado:** considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) 60 m.
- b) 90 m.
- c) 150 m.
- d) 180 m.
- e) 210 m.

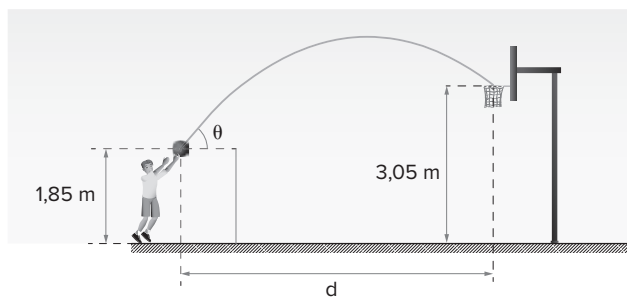
5. O canhão da figura dispara um projétil com velocidade inicial de módulo igual a v_0 , atingindo um alvo estacionário situado em P.



Desprezando as influências do ar e as dimensões do canhão, determine:

- a) o tempo que o projétil leva para atingir o alvo;
- b) o valor de v_0 .

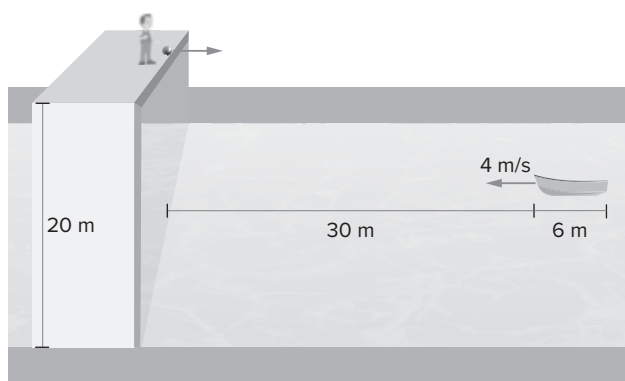
6. Na figura, um jogador faz um arremesso certo com velocidade inicial de $5\sqrt{2}$ m/s.



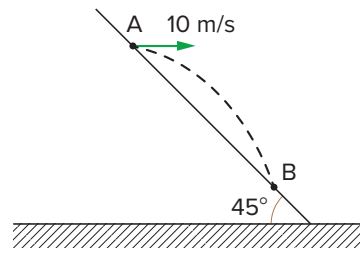
Sabendo que a bola fica 0,6 s no ar, determine:

- o ângulo θ de arremesso;
- a distância d ;
- a altura máxima atingida pela bola em relação ao piso.

7. Do alto de uma ponte de 20 m de altura, um jovem deseja lançar horizontalmente uma bola, de modo que ela caia dentro de um barco, de 6 m de comprimento, que se move em um lago, com velocidade de 4 m/s, conforme indicado na figura. Determine o intervalo de velocidades com que a bola pode ser lançada.

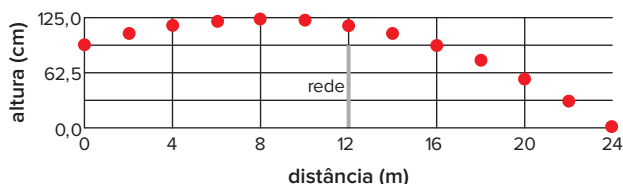


8. De um ponto A de uma superfície inclinada de 45° , uma partícula é lançada horizontalmente com velocidade 10 m/s . Se a partícula atinge novamente a superfície no ponto B, determine a distância AB.



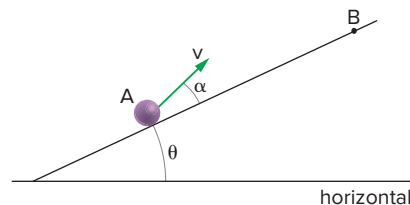
9. Um corpo é lançado de um plano horizontal com velocidade de 20 m/s , formando um ângulo θ com a horizontal. Determine:
- o valor de θ para que o alcance seja máximo;
 - o alcance, na situação do item **a**;
 - a altura máxima, na situação do item **a**.

10. **Unicamp-SP (Adapt.)** Uma bola de tênis rebatida numa das extremidades da quadra descreve a trajetória representada na figura a seguir, atingindo o chão na outra extremidade da quadra. O comprimento da quadra é de 24 m.



- Calcule o tempo de voo da bola, antes de atingir o chão. Desconsidere a resistência do ar nesse caso.
- Qual é a velocidade horizontal da bola no caso acima?
- Quando a bola é rebatida com efeito, o corpo fica sujeito a uma aceleração resultante igual a $4g$, vertical, de cima para baixo. Quais serão as velocidades iniciais horizontal e vertical da bola, rebatida com efeito para uma trajetória idêntica à da figura?

11. **UFC-CE** Uma partícula pontual é lançada de um plano inclinado conforme esquematizado na figura a seguir. O plano tem um ângulo de inclinação θ em relação à horizontal, e a partícula é lançada, com velocidade de módulo v , numa direção que forma um ângulo de inclinação α em relação ao plano inclinado. Despreze qualquer efeito da resistência do ar. Considere que a aceleração da gravidade local é constante (módulo igual a g , direção vertical, sentido para baixo).



- Considerando o eixo x na horizontal, o eixo y na vertical e a origem do sistema de coordenadas cartesianas no ponto de lançamento, determine as equações horárias das coordenadas da partícula, assumindo que o tempo é contado a partir do instante de lançamento.
- Determine a equação da trajetória da partícula no sistema de coordenadas definido no item **a**.
- Determine a distância, ao longo do plano inclinado, entre o ponto de lançamento (ponto A) e o ponto no qual a partícula toca o plano inclinado (ponto B).

► **Dado:** considere $\alpha = \frac{\pi}{12}$ rad e $\theta = \frac{\pi}{4}$ rad.

Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 1 • Capítulo 7

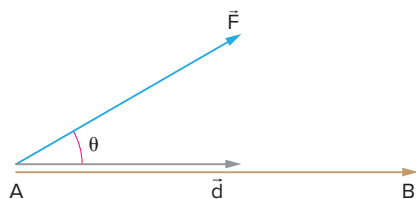
- Leia as páginas de **46 a 51**.
- Faça os exercícios de **1 a 6** da seção “Revisando”.

- Faça os exercícios propostos de **1 a 8**, de **10 a 13**, de **18 a 21**, **23**, **24**, de **27 a 29**, **32**, de **34 a 36**, **38**, **39** e de **41 a 43**.

Trabalho e potência

Trabalho

- **Trabalho de uma força constante:**

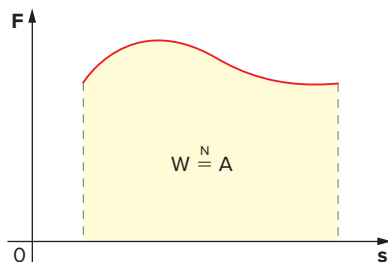


$$W = |\vec{F}| \cdot |\vec{d}| \cdot \cos \theta$$

Na equação acima:

- W é o trabalho da força \vec{F} .
- \vec{F} é a força constante que atua sobre o corpo.
- \vec{d} é o vetor deslocamento do corpo.
- θ é o ângulo entre os vetores \vec{F} e \vec{d} .
 - Se $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$: $W > 0$ (trabalho motor)
 - Se $\theta = 90^\circ$: $W = 0$ (trabalho nulo)
 - Se $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$: $W < 0$ (trabalho resistente)

- **Trabalho de uma força variável:** numericamente igual à área do gráfico $F \times s$.



No gráfico acima:

- F é o módulo da decomposição da força na direção da trajetória descrita pelo corpo.
- s é a posição do corpo ao longo da trajetória.

- **Trabalho da força peso:**

$$W_p = -m \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

Na equação acima:

- W_p é o trabalho realizado pela força peso que atua sobre um corpo.
- m é a massa do corpo.
- g é a aceleração da gravidade local.
- h_1 é a posição vertical inicial do corpo em relação a um referencial arbitrário.
- h_2 é a posição vertical final do corpo em relação a um referencial arbitrário.

- **Trabalho da força elástica:**

$$W_{F_{El}} = -\frac{1}{2}k \cdot (x_2^2 - x_1^2)$$

Na equação acima:

- $W_{F_{El}}$ é o trabalho realizado pela força elástica que a mola aplica sobre um corpo.
- k é a constante elástica da mola.
- x_1 é a deformação da mola em sua posição inicial.
- x_2 é a deformação da mola em sua posição final.

Potência

- **Potência média:**

$$P_m = \frac{W}{\Delta t}$$

Quando a força \vec{F} é constante:

$$P_m = |\vec{F}| \cdot |\vec{v}_m| \cdot \cos \theta$$

Nas equações acima:

- P_m é a potência média de uma força \vec{F} .
- W é o trabalho realizado pela força \vec{F} .
- Δt é o intervalo de tempo em que o trabalho é realizado.
- \vec{F} é a força aplicada sobre um corpo.
- \vec{v}_m é o vetor velocidade média do corpo.
- θ é o ângulo entre os vetores \vec{F} e \vec{v}_m .

- **Potência instantânea:**

$$P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} P_m \Rightarrow P = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{W}{\Delta t}$$

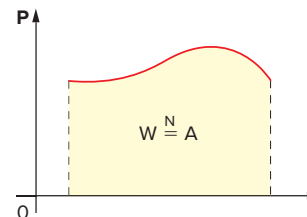
Quando a força \vec{F} é constante:

$$P = |\vec{F}| \cdot |\vec{v}| \cdot \cos \theta$$

Na equação acima:

- P é a potência instantânea de uma força \vec{F} .
- \vec{v} é o vetor velocidade instantânea do corpo.
- θ é o ângulo entre os vetores \vec{F} e \vec{v} .

- **Trabalho:** numericamente igual à área do gráfico $P \times t$.



- **Rendimento:**

$$\eta = \frac{P_U}{P_T}$$

Na equação acima:

- η é o rendimento de uma máquina.
- P_U é a potência útil da máquina.
- P_T é a potência total da máquina.

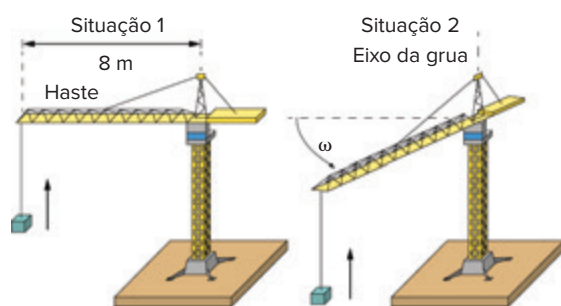
Exercícios de sala

Considere, quando necessário, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1. **FICSAE-SP 2022** Gruas são equipamentos utilizados na construção civil para movimentar objetos tanto na direção vertical como na horizontal. As figuras mostram uma grua em duas situações.

Situação 1: com a haste horizontal da grua parada, um bloco de 200 kg é puxado verticalmente para cima, em movimento uniforme, por um cabo de massa desprezível.

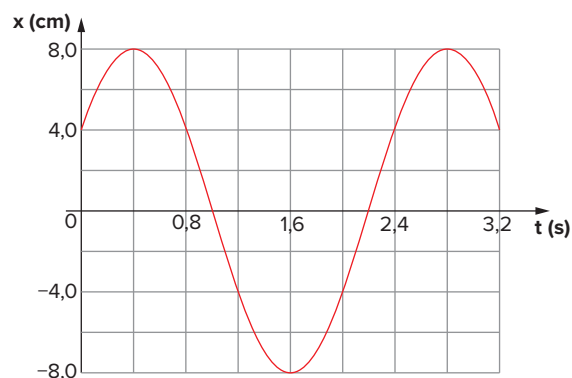
Situação 2: o cabo, que passa a 8 m do eixo da grua, puxa um bloco que sobe com velocidade vertical constante de 0,6 m/s, enquanto a haste horizontal da grua e o bloco giram com velocidade angular constante de 0,1 rad/s.



Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e desprezando a resistência do ar, calcule:

- na situação 1, o trabalho, em J, realizado pela força de tração que atua no bloco, quando ele subir 3 m;
- na situação 2, o módulo da velocidade vetorial instantânea do bloco, em m/s, em relação à Terra.

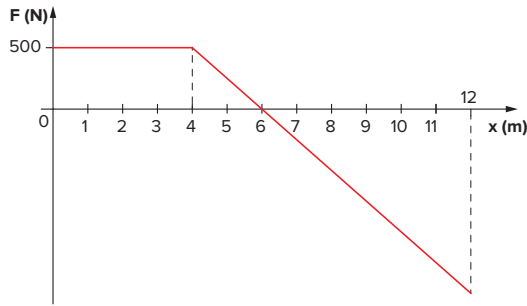
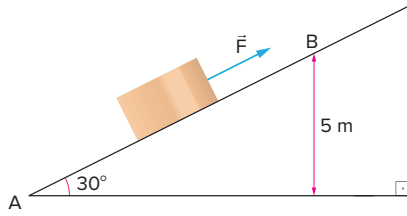
2. **FCMSCSP 2022** Um objeto realiza movimento harmônico simples sobre uma superfície horizontal e sem atrito. Esse objeto está preso a uma das extremidades de uma mola ideal de constante elástica $k = 2,0 \text{ N/m}$, a qual tem a outra extremidade presa a uma parede. O gráfico representa a elongação da mola em função do tempo.



O trabalho realizado pela força elástica da mola sobre o objeto entre os instantes 1,6 s e 2,4 s é igual a

- $6,4 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.
- $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.
- $9,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.
- $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.
- $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.

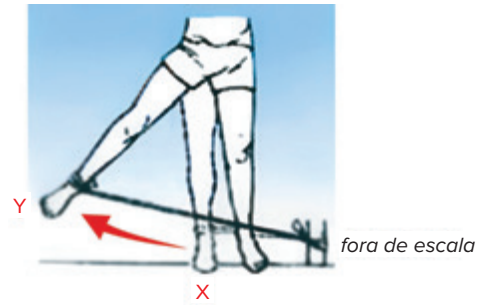
3. Na figura, um bloco de massa 4 kg é empurrado por uma força \vec{F} , paralela ao plano, de módulo variável, conforme o gráfico a seguir.



Sabendo que o coeficiente de atrito entre as superfícies do bloco e do plano vale 0,5 e que, no gráfico, x corresponde à posição ao longo do plano, com $x = 0$ no ponto A, determine o trabalho realizado entre A e B:

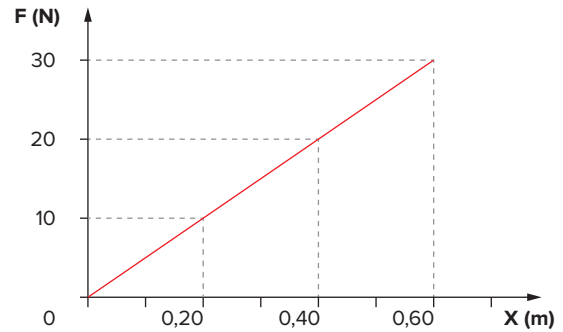
- pela força normal;
- pela força peso;
- pela força de atrito;
- pela força F .

4. **Famerp-SP 2021** Em uma sessão de fisioterapia, um paciente executa um movimento lateral com a perna, alongando uma fita elástica, como mostra a figura.



(www.clinicadeckers.com.br. Adaptado.)

A variação da força elástica exercida pela fita sobre a perna do paciente, em função da alongação da fita, é dada pelo gráfico a seguir.



Suponha que a força aplicada pela fita seja sempre perpendicular à superfície da perna do paciente. No deslocamento da posição X, na qual a fita tem alongação 20 cm, até a posição Y, em que a fita tem alongação 60 cm, o valor absoluto do trabalho realizado pela força elástica da fita sobre a perna do paciente é igual a

- 2,0 J.
- 12 J.
- 8,0 J.
- 4,0 J.
- 18 J.

5. Um carro de 1000 kg parte do repouso em movimento uniformemente variado e sobe 100 m em 5 s, ao longo de uma rampa inclinada de θ em relação à horizontal. Sabendo que $\sin \theta = 0,2$ e que a resistência do ar pode ser desprezada, determine:
- a potência média da força resultante nesses 5 s;
 - a potência média da força peso nesses 5 s;
 - a potência instantânea do motor quando estiver no ponto médio do percurso.
6. Uma bomba hidráulica de 10 hp consegue encher, em 20 min, uma caixa-d'água de 9000 L, de um edifício, situada a 20 m de altura. Sabendo que $1 \text{ hp} \cong 750 \text{ W}$ e que a massa específica da água é igual a 1 g/cm^3 , determine:
- o rendimento dessa bomba;
 - o tempo necessário para encher a mesma caixa-d'água se ela estivesse localizada a 15 m de altura e o rendimento da bomba fosse de 75%.
7. Um elevador é projetado para se mover, em qualquer situação, a uma velocidade constante de 5 m/s. Os trilhos aplicam ao elevador uma força de atrito igual a 20% da soma de seu peso e do peso de seus ocupantes, contrária ao sentido do movimento. Sabendo que a potência máxima do motor que move o elevador é igual a 105 kW, que a massa do elevador é de 1000 kg e que a massa média de cada pessoa que o utiliza é de 75 kg, determine:
- a potência consumida pelo motor para que o elevador suba vazio;
 - a potência cedida pelo motor para que o elevador desça vazio;
 - a máxima ocupação do elevador para que ele possa se movimentar em qualquer sentido.

Guia de estudos

Física • Livro 3 • Frente 1 • Capítulo 10

- Leia as páginas de **48 a 57** e os exercícios resolvidos de **1 a 5** nas páginas de **57 a 59**.
- Faça os exercícios de **1 a 6** da seção "Revisando".
- Faça os exercícios propostos de **1 a 23 e 28**.

FRENTE 1

AULAS 34 A 36

Energia

Energia

- **Energia cinética:**

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Na equação anterior, E_C é a energia cinética de um corpo de massa m e velocidade de módulo v .

- **Teorema da energia cinética:**

$$W_R = \Delta E_C$$

Na equação anterior, W_R é o trabalho da resultante de forças que atuam sobre um corpo.

- **Energia potencial gravitacional:**

$$E_{PG} = m \cdot g \cdot h$$

Na equação anterior:

- E_{PG} é a energia potencial gravitacional de um corpo de massa m .
- g é a aceleração da gravidade local.
- h é a posição vertical do corpo em relação a um referencial arbitrário.

Trabalho da força peso:

$$W_P = -\Delta E_{PG}$$

- **Energia potencial elástica:**

$$E_{PEL} = \frac{1}{2} k \cdot x^2$$

Na equação anterior:

- E_{PEL} é a energia potencial elástica de uma mola de constante elástica k .
- x é a deformação da mola.

Trabalho da força elástica:

$$W_{FEL} = -\Delta E_{PEL}$$

- **Energia mecânica:**

$$E_M = E_C + E_P$$

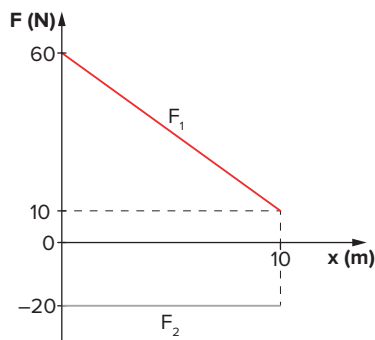
Na equação anterior:

- E_M é a energia mecânica de um sistema.
- E_C é a energia cinética do sistema.
- E_P é a energia potencial do sistema.

Exercícios de sala

Considere, quando necessário, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1. No gráfico a seguir, estão representadas as forças que atuam em um corpo de massa igual a 4 kg, que possui velocidade igual a 1 m/s em $x = 0$.



Determine:

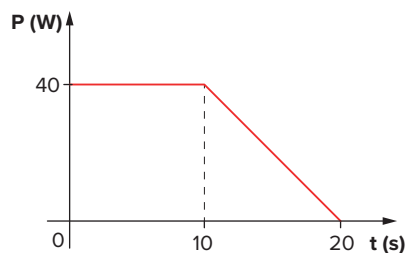
- a) a velocidade quando $x = 10 \text{ m}$;
- b) a posição em que a velocidade é máxima;
- c) a velocidade máxima.

2. **UFG-GO** Nas usinas hidroelétricas, a energia potencial gravitacional de um reservatório de água é convertida em energia elétrica através de turbinas. Uma usina de pequeno porte possui vazão de água de $400 \text{ m}^3/\text{s}$, queda de 9 m , eficiência de 90% e é utilizada para o abastecimento de energia elétrica de uma comunidade cujo consumo *per capita* mensal é igual a 360 kWh .

Calcule:

- a) a potência elétrica gerada pela usina;
- b) o número de habitantes que ela pode atender.

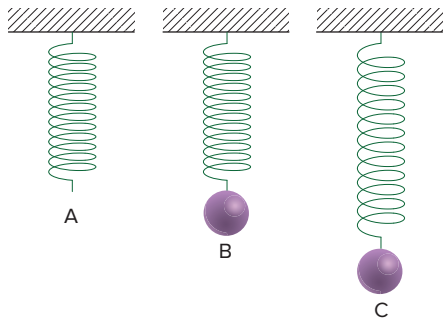
3. O gráfico a seguir mostra como varia a potência consumida por um motor de rendimento 60% . Metade da energia gerada pelo motor será utilizada para ligar 3 aparelhos de 10 W cada. A outra metade vai acelerar um carrinho de brinquedo de massa $2,5 \text{ kg}$, que partirá do repouso.



Determine, após 20 s de funcionamento do motor:

- a) por quanto tempo os 3 aparelhos conseguem ficar ligados;
- b) a velocidade final do carrinho.

4. Uma mola ideal, de constante elástica 100 N/m, possui comprimento natural igual a 50 cm e está presa ao teto por uma de suas extremidades, conforme a posição A. Uma pessoa pendura à extremidade livre da mola um corpo de massa 6 kg e o sistema é solto por ela suavemente na posição B, de modo que atinja o equilíbrio, mostrado na posição C.

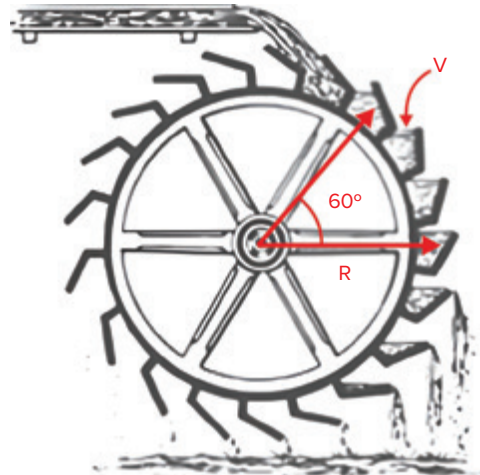


Determine:

- a energia cinética nas posições B e C;
- o trabalho da resultante entre as posições B e C;
- a energia potencial gravitacional nas posições B e C, tomando como origem do referencial a posição B;
- o trabalho da força peso entre as posições B e C;
- a energia potencial elástica nas posições B e C;
- o trabalho da força elástica entre as posições B e C;
- o trabalho da força realizada pela pessoa entre as posições B e C;
- a energia mecânica nas posições B e C;
- a variação da energia mecânica entre as posições B e C.

5. **Famerp-SP 2022** Uma roda-d'água, que gira a uma velocidade angular constante, possui 20 reservatórios de volume $V = 5 \text{ L}$ cada e um raio $R = \frac{\sqrt{3}}{3} \text{ m}$.

Sobre a roda está instalada uma calha que despeja água, de densidade igual a 1 kg/L, a uma taxa de 1,25 L por segundo, conforme ilustrado na figura. Considere que essa taxa é a mesma com que os reservatórios são preenchidos e que eles ficam completamente cheios ao passarem pela queda-d'água.



(<https://openclipart.org>. Adaptado.)

- Qual é o tempo, em segundos, necessário para se encher cada reservatório? Sabendo que a roda leva 80 s para completar uma volta, qual a sua velocidade angular, em radianos por segundo?
- Um reservatório, após ser completamente cheio, percorre um trajeto que corresponde a um ângulo de 60° , cujo seno vale $\frac{\sqrt{3}}{2}$, sem despejar água.

A partir disso, esse reservatório estará alinhado com o eixo da roda e começará a despejar água. Qual é a variação, em módulo, da energia potencial gravitacional do volume V de água, dada em Joules, considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$, durante esse trajeto? Considerando que essa energia possa ser convertida em energia elétrica, quantas voltas a roda deve dar para gerar 50 kWh de energia?

Guia de estudos

Física • Livro 3 • Frente 1 • Capítulo 10

- Leia as páginas de **48 a 61** e os exercícios resolvidos de **6 a 14** nas páginas de **59 a 63**.
- Faça os exercícios de **7 a 12** da seção "Revisando".
- III. Faça os exercícios propostos **24, 26, 27**, de **29 a 40** e de **42 a 51**.

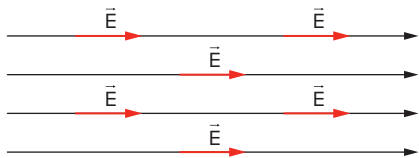
FRENTE 2

AULAS 19 E 20

Campo elétrico uniforme

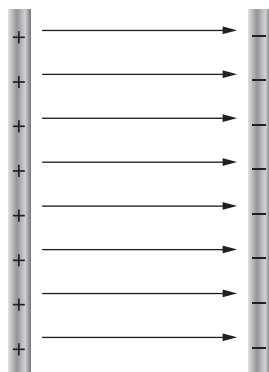
Define-se como campo elétrico uniforme aquele cujo vetor campo elétrico apresenta a **mesma intensidade, direção** e em todos os pontos do espaço.

Em um campo elétrico uniforme, as linhas de forças são sempre paralelas entre si e igualmente espaçadas, conforme representado a seguir:



Para que o campo elétrico na imediação de uma superfície seja uniforme, a densidade superficial de cargas elétricas deve ser constante.

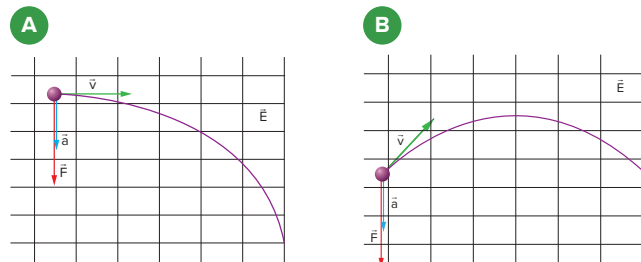
Uma maneira prática de se obter um campo elétrico uniforme é a partir de uma montagem em que duas placas metálicas finas e igualmente carregadas, com cargas de sinais opostos, são colocadas paralelamente uma à outra, posicionadas a uma distância muito menor que suas dimensões.



Quando uma carga é abandonada em uma região de campo elétrico uniforme, desprezando a interação gravitacional, ficará sujeita somente à força eletrostática e apresentará uma aceleração dada por:

$$a = \frac{q \cdot E}{m}$$

Quando uma carga elétrica de massa m é lançada com velocidade inicial não nula, obliquamente à direção do campo elétrico uniforme, seu movimento será parabólico, como no exemplo abaixo:



(A) trajetória parabólica parcial devido ao lançamento inicial perpendicular ao campo; (B) trajetória parabólica completa devido ao lançamento inicial oblíquo

As coordenadas de posição ao longo do tempo serão dadas genericamente por:

$$y = y_0 + v_{0y} \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2} \Rightarrow y_0 + v_0 \cdot \text{sen} \alpha \cdot t - \frac{q \cdot E}{2 \cdot m} \cdot t^2$$

$$x = x_0 + v_{0x} \cdot t \Rightarrow x = x_0 + v_0 \cdot \text{cos} \alpha \cdot t$$

! Atenção

ajustes de sinais e orientação devem ser feitos em cada caso.

Uma carga elétrica q sujeita, simultaneamente, ao campo gravitacional e a um campo elétrico uniforme permanecerá em equilíbrio se a condição abaixo for estabelecida:

$$F_R = 0 \\ F_R = F_{\text{elet}} \Rightarrow m \cdot g = q \cdot E$$

Em um campo elétrico uniforme, as linhas equipotenciais também são paralelas entre si e o potencial vai diminuindo ao longo das linhas de força.

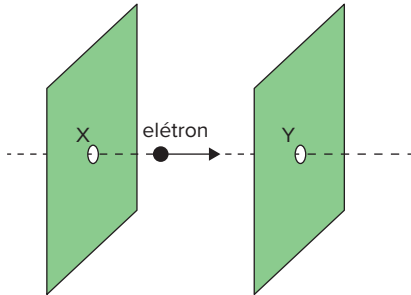
Entre dois pontos quaisquer, dentro de um campo elétrico uniforme, vale a relação:

$$\pm E \cdot d = U$$

Onde U é a diferença de potencial elétrico entre esses dois pontos.

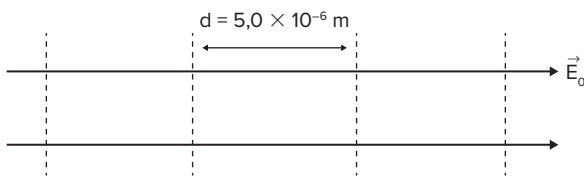
Exercícios de sala

1. **Famerp-SP 2018** A figura representa um elétron atravessando uma região onde existe um campo elétrico. O elétron entrou nessa região pelo ponto X e saiu pelo ponto Y, em trajetória retilínea. Sabendo que na região do campo elétrico a velocidade do elétron aumentou com aceleração constante, o campo elétrico entre os pontos X e Y tem sentido



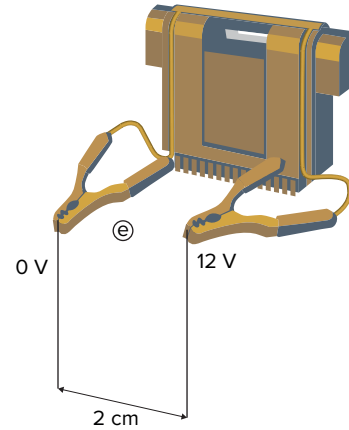
- de Y para X, com intensidade maior em Y.
- de Y para X, com intensidade maior em X.
- de Y para X, com intensidade constante.
- de X para Y, com intensidade constante.
- de X para Y, com intensidade maior em X.

2. **Unicamp-SP 2022** As máscaras de proteção N95 e PFF2 se tornaram ferramentas importantes no combate à disseminação do novo coronavírus durante a pandemia da Covid-19. Essas máscaras possuem fibras compostas de um material com campo elétrico permanente e são capazes de realizar uma filtragem eletrostática das partículas ou gotículas dispersas no ar. Considere um campo elétrico uniforme de módulo $E_0 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ V/m}$ em uma região do espaço. A diferença de potencial elétrico entre duas linhas tracejadas paralelas entre si e perpendiculares à direção desse campo elétrico, separadas por uma distância d , conforme mostra a figura a seguir, é igual a:



- $1,6 \times 10^{-10} \text{ V}$
- $2,0 \times 10^{-7} \text{ V}$
- $0,8 \times 10^{-6} \text{ V}$
- $1,2 \times 10^{-4} \text{ V}$

3. **UFTM-MG** Um elétron é abandonado entre duas placas paralelas, eletrizadas por meio de uma bateria, conforme o esquema representado.



A distância entre as placas é 2 cm e a tensão fornecida pela bateria é 12 V. Sabendo que a carga do elétron é $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, determine:

- a intensidade do vetor campo elétrico gerado entre as placas.
- o valor da força elétrica sobre o elétron.

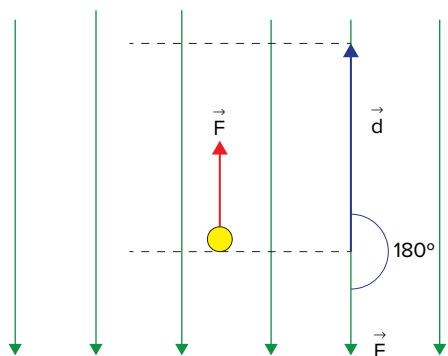
4. **UFRGS** Entre 1909 e 1916, o físico norte-americano Robert Milikan (1868-1953) realizou inúmeras repetições de seu famoso experimento da “gota de óleo”, a fim de determinar o valor da carga do elétron. O experimento, levado a efeito no interior de uma câmara a vácuo, consiste em contrabalançar o 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 Milikan 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:

- $5,0 \times 10^2 \text{ V/m}$
- $2,5 \times 10^3 \text{ V/m}$
- $5,0 \times 10^3 \text{ V/m}$
- $2,5 \times 10^4 \text{ V/m}$
- $5,0 \times 10^4 \text{ V/m}$

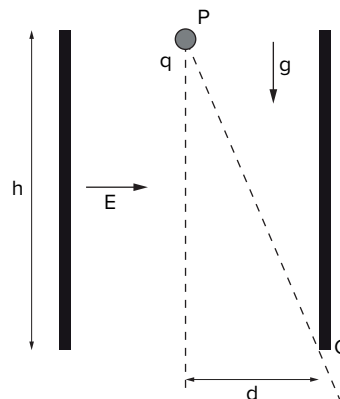
5. **Famema-SP 2018** Raios cósmicos constantemente arrancam elétrons das moléculas do ar da atmosfera terrestre. Esses elétrons se movimentam livremente, ficando sujeitos às forças eletrostáticas associadas ao campo elétrico existente na região que envolve a Terra. Considere que, em determinada região da atmosfera, atue um campo elétrico uniforme de intensidade $E = 100 \text{ N/C}$, conforme representado na figura.



Se um elétron de carga $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ e de massa desprezível, sujeito a uma força constante, se movimentar verticalmente para cima nessa região, percorrendo uma distância $d = 500 \text{ m}$, a variação de energia potencial elétrica sofrida por ele, nesse trajeto, será de

- $-1,5 \times 10^{-14} \text{ C}$
- $-8,0 \times 10^{-15} \text{ C}$
- $-1,6 \times 10^{-15} \text{ C}$
- $-9,0 \times 10^{-15} \text{ C}$
- $-1,2 \times 10^{-14} \text{ C}$

6. **Unesp** Em um seletor de cargas, uma partícula de massa m e eletrizada com carga q é abandonada em repouso em um ponto P, entre as placas paralelas de um capacitor polarizado com um campo elétrico E . A partícula sofre deflexão em sua trajetória devido à ação simultânea do campo gravitacional e do campo elétrico e deixa o capacitor em um ponto Q, como registrado na figura



Deduz a razão $\frac{q}{m}$, em termos do campo E e das distâncias d e h .

Guia de estudos

Física • Livro 1 • Frente 2 • Capítulo 4

- Leia as páginas de **246** a **252**.
- Faça os exercícios de **1** a **5** da seção "Revisando".
- Faça os exercícios propostos **1, 2, 5, 9, 10, 12, 14** e **17**.
- Faça os exercícios complementares **1, de 3 a 5, 10, 12** e **15**.

Condutores em equilíbrio eletrostático

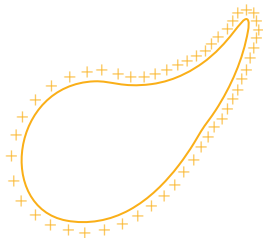
A densidade superficial de cargas é definida por:

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

Onde Q é a quantidade de carga elétrica distribuída pela superfície do corpo; A é a área dessa superfície.

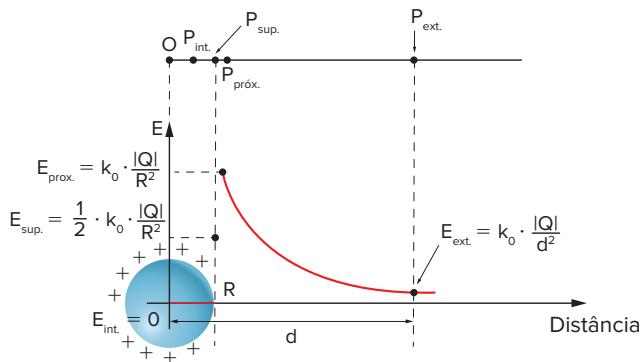
No sistema internacional de unidades, temos $[\sigma] = \frac{C}{m^2}$.

Corpos pontudos apresentam densidade superficial de cargas variável, sendo que a maior densidade de cargas se encontra nas extremidades pontiagudas.



Em uma esfera condutora em equilíbrio, as cargas elétricas distribuem-se de maneira uniforme (densidade superficial de cargas constante) em sua superfície mais externa e apresentam movimento não ordenado.

O campo elétrico gerado pela esfera tem intensidade que varia de acordo com o apresentado no gráfico a seguir:



Variação da intensidade do campo elétrico para uma esfera carregada com carga Q, em função da distância ao seu centro.

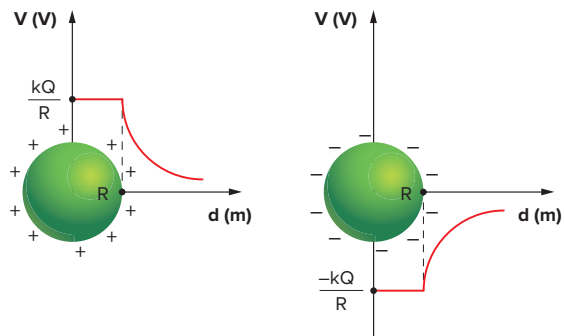
A gaiola de Faraday é um dispositivo que utiliza a propriedade do campo elétrico interno ao condutor ser nulo.



Peter Menzel/Science Photo Library/Fotorena

A gaiola de Faraday impede que a pessoa sofra algum dano devido à intensa faísca elétrica do aparelho.

O potencial elétrico gerado por uma esfera condutora em equilíbrio tem valores conforme apresentados nos gráficos a seguir:



Variação do potencial elétrico em função da distância ao centro de um condutor esférico eletrizado para cargas positivas e negativas, respectivamente.

Quando esferas condutoras são postas em contato, sendo pelo menos uma delas eletrizada, as cargas elétricas tendem a se redistribuir, de forma que os potenciais elétricos ao final sejam todos iguais. Ou seja, só haverá movimentação de cargas visando a redistribuição entre os corpos enquanto houver uma diferença de potencial elétrico entre elas.

No caso de duas esferas condutoras, o potencial elétrico final de cada uma pode ser obtido por meio da relação:

$$V = \frac{V_A \cdot R_A + V_B \cdot R_B}{R_A + R_B}$$

Ou seja, o potencial elétrico final será dado pela média ponderada dos potenciais elétricos iniciais de cada esfera, tendo o raio de cada esfera como fator preponderante. Esse resultado pode ser generalizado para qualquer quantidade de esferas.

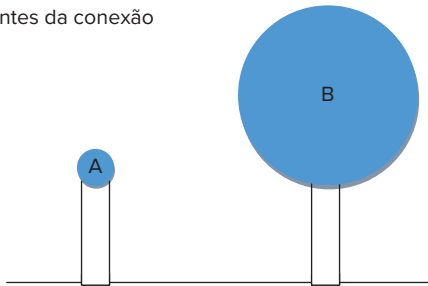
Exercícios de sala

1. **Unisa-SP** Uma esfera metálica oca, de 9,0 m de raio, recebe a carga de 45,0 nC. O potencial a 3,0 m do centro da esfera é:
- zero.
 - 135 volts.
 - 45 volts.
 - 90 volts.
 - 120 volts.

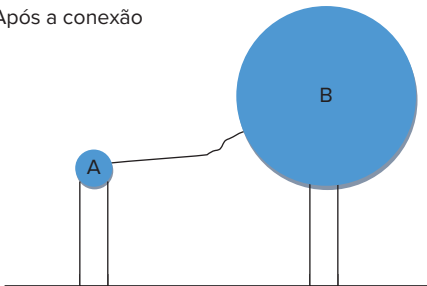
► **Dado:** Constante eletrostática do meio:
 $K = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$.

2. As esferas condutoras A e B, de raios respectivamente iguais a R e 5R, possuem cargas elétricas iniciais iguais a 9Q e $-4Q$ e são mantidas isoladas apoiadas sobre os suportes isolantes mostrados na imagem.

Antes da conexão



Após a conexão



Um fio condutor muito fino é conectado às esferas e após algum tempo o equilíbrio eletrostático é atingido. Calcule a carga elétrica final de cada esfera.

3. **FCMSCSP 2022** Uma esfera metálica homogênea, de raio 30 cm e eletricamente isolada, foi eletrizada até que seu potencial elétrico atingisse o valor de $3,0 \times 10^5 \text{ V}$, considerando-se nulo o potencial no infinito. Após a eletrização, faz-se contato dessa esfera com outra esfera idêntica, inicialmente neutra e também eletricamente isolada. Considerando a constante eletrostática igual a $9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$, a quantidade final de carga elétrica em excesso em cada esfera, depois do contato, é de
- 8,0 μC .
 - 10,0 μC .
 - 5,0 μC .
 - 1,0 μC .
 - 2,0 μC .

4. **Enem 2020** Há muitos mitos em relação a como se proteger de raios, cobrir espelhos e não pegar em facas, garfos e outros objetos metálicos, por exemplo. Mas, de fato, se houver uma tempestade com raios, alguns cuidados são importantes, como evitar ambientes abertos. Um bom abrigo para proteção é o interior de um automóvel, desde que este não seja conversível.

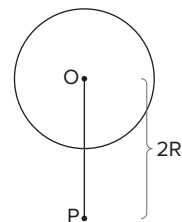
OLIVEIRA, A. Raios nas tempestades de verão.
Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br>.
Acesso em: 10 dez. 2014 (adaptado).

Qual o motivo físico da proteção fornecida pelos automóveis, conforme citado no texto?

- Isolamento elétrico dos pneus.
- Efeito de para-raios da antena.
- Blindagem pela carcaça metálica.
- Escoamento da água pela lataria.
- Aterramento pelo fio terra da bateria.

5. **Unifenas-MG** Duas cargas elétricas, $Q_A = Q$ e $Q_B = 2Q$, estão, respectivamente, em duas esferas A e B. As esferas são idênticas e foram colocadas em contato. Após o equilíbrio eletrostático, as esferas A e B adquirem potenciais V_A e V_B e cargas elétricas Q_A' e Q_B' , respectivamente. Tem-se:
- $V_A > V_B$ e $Q_A' > Q_B'$.
 - $V_A < V_B$ e $Q_A' < Q_B'$.
 - $V_A < V_B$ e $Q_A' = Q_B' = 3Q$.
 - $V_A = V_B$ e $Q_A' > Q_B'$.
 - $V_A = V_B$ e $Q_A' = Q_B' = 1,5Q$.

6. **PUC-Campinas** Uma esfera condutora de raio R , eletrizada com carga $2\pi R^2 \times 10^{-9}$ C, gera um campo elétrico à sua volta. O campo elétrico tem intensidade E no ponto P, representado na figura.



Sendo a constante eletrostática igual a $9 \cdot 10^9 \text{ N} \frac{\text{m}^2}{\text{C}^2}$,

o potencial eletrostático no ponto P, em volts é igual a:

- $2\pi R$
- $3\pi R$
- $9\pi R$
- $2\pi R^2$
- $9\pi R^2$

Guia de estudos

Física • Livro 1 • Frente 2 • Capítulo 4

- Leia as páginas de **222 a 256**
- Leia as páginas de **6 a 10** da seção “Revisando”.
- Faça os exercícios propostos de **19 a 21, 24, 25, 27, 30 e 31**.
- Faça os exercícios complementares **19, 20, 22, 23, 26, 28 e 32**.

Corrente elétrica, tensão, potência e energia consumida

Corrente elétrica

A corrente elétrica está sempre associada a uma ddp entre dois pontos de um meio condutor.

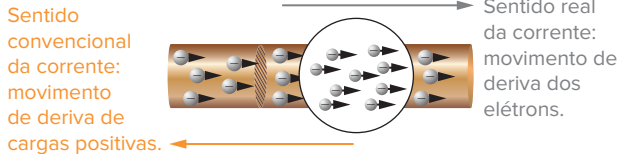
Um gerador elétrico é um dispositivo capaz de criar e manter uma ddp por um intervalo de tempo determinado, tornando possível uma corrente elétrica mais duradoura.

Em condutores sólidos metálicos, a corrente elétrica é formada por elétrons livres (corrente eletrônica).

A intensidade de corrente elétrica pode ser calculada por:

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

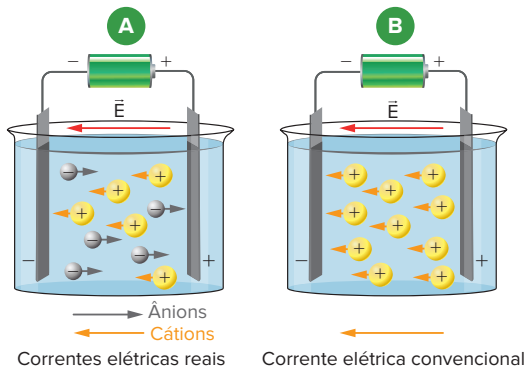
O sentido oficial da corrente elétrica é sempre o mesmo do movimento das cargas positivas, que equivale ao sentido do campo elétrico externo.



Sentido convencional \times sentido real da corrente em condutores sólidos metálicos.

Em meios líquidos e gasosos, a corrente elétrica é composta de íons (corrente iônica), podendo haver também elétrons livres.

O sentido oficial da corrente iônica é o do movimento dos íons positivos (cátions), que equivale ao sentido do campo elétrico externo.

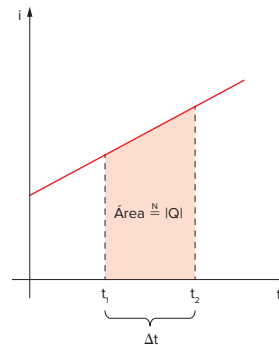


(A) Corrente elétrica real em uma solução de sal em água; (B) Corrente elétrica convencional, note que apenas o movimento dos portadores de carga positiva é considerado.

A intensidade da corrente iônica é dada por:

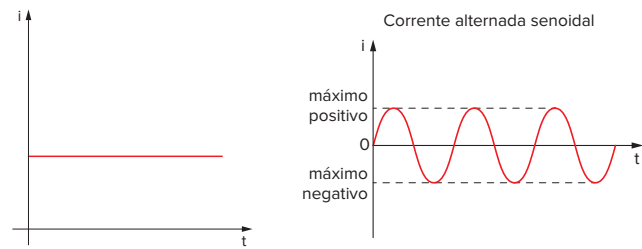
$$i = \frac{|Q_{\text{cátions}}| + |Q_{\text{ânions}}|}{\Delta t}$$

A intensidade da corrente elétrica pode ser apresentada em função do tempo, na forma de um gráfico chamado “forma de onda”. A área de um trecho desse gráfico corresponde ao módulo da quantidade de carga elétrica que atravessa uma determinada seção do condutor.



A área entre o eixo horizontal e a curva fornece o módulo da carga elétrica no intervalo de tempo considerado.

As duas formas de onda mais significativa, por envolverem muitas situações cotidianas, são a chamada corrente contínua constante e corrente alternada senoidal.



Forma de onda da corrente elétrica contínua e de intensidade constante.

Corrente elétrica alternada com variação senoidal e de frequência bem definida.

Energia elétrica e potência

A potência elétrica associada a uma corrente elétrica é dada por:

$$P = U \cdot i$$

A energia associada a uma dada corrente elétrica num determinado intervalo de tempo pode ser calculada por meio da expressão

$$\Delta E = U \cdot i \cdot \Delta t$$

O quilowatt-hora (kWh) é uma unidade de energia utilizada para caracterizar a utilização de aparelhos elétricos residenciais, por exemplo.

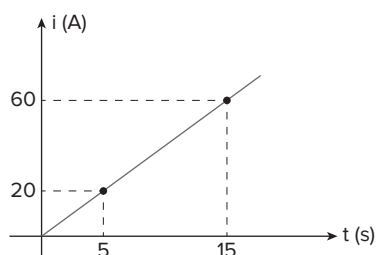
Exercícios de sala

1. **Unicamp-SP 2019** Considere um drone que utiliza uma bateria com carga total $q = 900 \text{ mAh}$. Se o drone operar por um intervalo de tempo igual a $\Delta t = 90 \text{ min}$, a corrente média fornecida pela bateria nesse intervalo de tempo será igual a

► **Dados:** Se necessário, use aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$, aproxime $\pi = 3,0$ e $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$.

- a) 10 mA.
- b) 600 mA.
- c) 1350 mA.
- d) 81000 mA.

2. **Uerj 2018** O gráfico abaixo indica o comportamento da corrente elétrica em função do tempo em um condutor.



A carga elétrica, em coulombs, que passa por uma seção transversal desse condutor em 15 s é igual a:

- a) 450.
- b) 600.
- c) 750.
- d) 900.

3. **FMJ-SP 2021** O otoscópio é um instrumento médico utilizado para visualizar e examinar o canal auditivo externo e a membrana timpânica. Nele há uma fonte de luz para iluminar a região a ser visualizada e uma lente que produz uma imagem aumentada. A propaganda de certo otoscópio informa que ele possui uma lâmpada LED de 2,5 V, que fornece luz branca, e uma lente que permite obter um aumento de três vezes.

A lâmpada do otoscópio, quando acesa, é percorrida por uma corrente elétrica de intensidade 20 mA. Nessa situação, a energia consumida por ela durante 40 segundos é

- a) 1,0 J.
- b) 1,6 J.
- c) 1,2 J.
- d) 2,0 J.
- e) 0,80 J.

4. **UEG-GO 2019** Quatro estudantes recém-aprovados no vestibular se mudam para um apartamento antigo, cuja tensão elétrica é de 110 V. Em sua primeira semana de aula resolvem fazer um lanche com os colegas e ligam ao mesmo tempo três aparelhos elétricos: uma torradeira de 770 W, uma cafeteira de 660 W e um forno elétrico de 1320 W. Porém, ao ligarem todos os aparelhos juntos, o fusível de proteção do apartamento queimou, pois eles não sabiam que a corrente elétrica máxima suportada pelo fusível era de 20 A. Qual é o percentual de corrente a mais que fez o fusível queimar?

- a) 30%
- b) 25%
- c) 20%
- d) 5%
- e) 10%

5. **Unesp 2021** Procurando economizar energia, Sr. Artur substituiu seu televisor de LCD de 100 W por um de LED de 60 W, pelo qual pagou R\$ 1.200,00. Considere que o Sr. Artur utilizará seu novo televisor, em média, durante cinco horas por dia e que 1 kWh de energia elétrica custe R\$ 0,50. O valor pago pelo novo televisor corresponderá à energia elétrica economizada devido à troca dos televisores em, aproximadamente,
- a) 450 meses.
 - b) 400 meses.
 - c) 600 meses.
 - d) 550 meses.
 - e) 500 meses.

6. **FICSAE-SP 2020** Em um hospital, existem três salas cirúrgicas onde são utilizadas lâmpadas halógenas para a iluminação do ambiente durante os procedimentos operatórios. A tabela informa quantas lâmpadas há em cada sala, a potência elétrica de cada uma e o tempo de utilização diário dessas lâmpadas.

| Sala cirúrgica | Quantidade de lâmpadas | Potência de cada lâmpada (W) | Tempo de utilização (h/dia) |
|----------------|------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 2 | 300 | 4 |
| 2 | 4 | 120 | 5 |
| 3 | 8 | 50 | 4 |

A energia elétrica consumida pelas lâmpadas que iluminam essas três salas em um dia, devido às cirurgias realizadas nesse hospital, é

- a) 5,6 kWh.
- b) 4,8 kWh.
- c) 2,2 kWh.
- d) 3,5 kWh.
- e) 6,4 kWh.

Guia de estudos

Física • Livro 1 • Frente 2 • Capítulo 5

- I. Leia as páginas de **132 a 141**.
- II. Faça os exercícios de **1 a 3 e 5** da seção “Revisando”.
- III. Faça os exercícios propostos de **2 a 4, 8, 9, 11, 15 e 16**.
- IV. Faça os exercícios complementares **4, 5, 7, 8, 10, 12, 13 e 16**.

Resistores elétricos

Resistência elétrica e as leis de Ohm

A **resistência elétrica** é uma característica inerente a qualquer condutor elétrico.

A **1ª lei de Ohm** para condutores metálicos mostra a relação entre a ddp e a intensidade de corrente elétrica, permitindo uma determinação do valor da resistência elétrica por meio da expressão:

$$U = R \cdot i$$

Condutores que apresentam resistência elétrica constante são denominados “ôhmicos”.

A **2ª lei de Ohm** permite a determinação da resistência elétrica de um determinado condutor a partir de uma análise mais refinada, envolvendo inclusive parâmetros geométricos, sendo dada pela expressão:

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

A resistência elétrica de um determinado condutor proporciona a transformação de parte da energia elétrica em energia térmica. É o chamado **Efeito Joule**.

Resistores são bipolos elétricos que apresentam resistência que pode ser considerada significativa nos contextos em que são inseridos. Essa resistência provoca alterações significativas nos circuitos elétricos, além de liberar calor por Efeito Joule.

A resistência elétrica de um condutor ou resistor em geral aumenta com a temperatura, principalmente devido ao aumento de sua resistividade, dado por

$$\rho(\theta) = \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta)$$

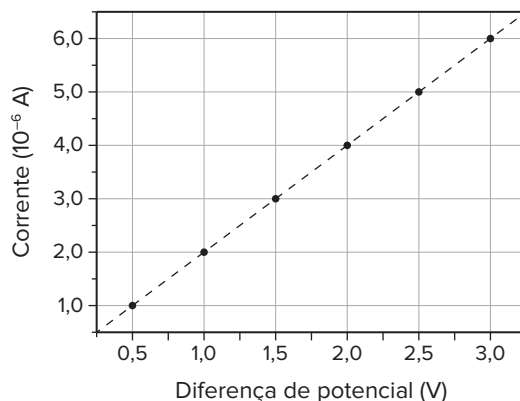
A potência elétrica dissipada por um resistor, percorrido por corrente elétrica, na forma de calor é dada por:

$$P = \frac{U^2}{R} = R \cdot i^2$$

Exercícios de sala

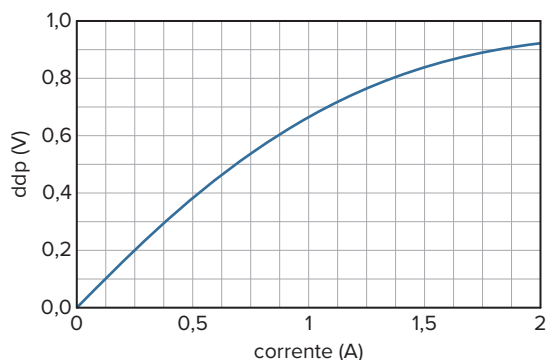
1. **Enem 2017** Dispositivos eletrônicos que utilizam materiais de baixo custo, como polímeros semicondutores, tem sido desenvolvidos para monitorar a concentração de amônia (gás tóxico e incolor) em granjas avícolas. A polianilina é um polímero semicondutor que tem o valor de sua resistência elétrica 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) $2,0 \times 10^6$

2. **Fuvest-SP 2022** Um componente eletrônico tem curva característica mostrada no gráfico a seguir:



A resistência elétrica do componente na região em que ele se comporta como um resistor ôhmico vale aproximadamente:

- a) $0,4 \Omega$
- b) $0,6 \Omega$
- c) $0,8 \Omega$
- d) $1,0 \Omega$
- e) $1,2 \Omega$

3. **UEM/PAS-PR 2021** Assinale o que for correto.

- 01 O gráfico da tensão pela corrente elétrica para um condutor ôhmico é uma reta que passa pela origem, e o coeficiente angular dessa reta é igual à resistência elétrica desse condutor.
- 02 No gráfico da tensão pela corrente elétrica para um condutor ôhmico o coeficiente angular é sempre positivo.
- 04 A resistência elétrica de um condutor ôhmico não depende do material de que ele é feito, mas sim da sua geometria.
- 08 Para uma mesma área de secção transversal, quanto maior for o comprimento de um condutor ôhmico, maior será sua resistência elétrica.
- 16 No Sistema Internacional de Unidades (S.I.) as unidades de resistência, de corrente e de tensão elétricas são, respectivamente, Ohm, Ampère e Volt.

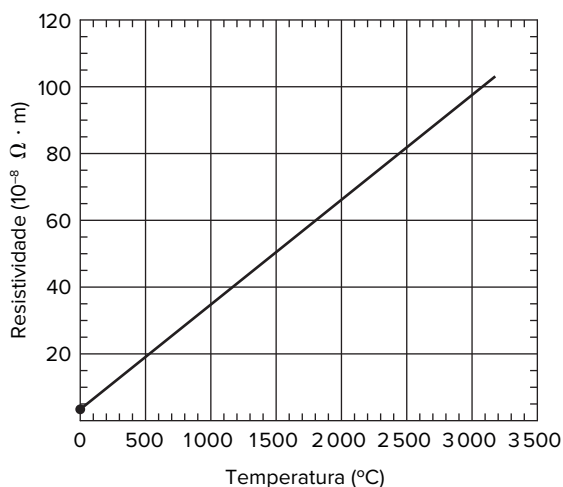
Soma:

4. **Famerp-SP 2021** O turbilhão, aparelho utilizado em fisioterapia, consiste em um tanque no qual se coloca água ligeiramente aquecida e se produz um turbilhão, similar ao de uma banheira de hidromassagem. No aparelho de determinado fabricante, o aquecimento da água é feito por meio de um elemento resistivo, de resistência elétrica R , que é submetido a uma diferença de potencial U , de modo semelhante ao que ocorre em um chuveiro elétrico. Para reduzir o tempo de aquecimento, o fabricante deseja dobrar a potência empregada no aquecimento. Para isso, ele pode
- a) duplicar o valor de U e reduzir o valor de R à metade.
 - b) duplicar os valores de U e de R .
 - c) duplicar o valor de U e manter o valor de R .
 - d) manter o valor de U e dividir por quatro o valor de R .
 - e) manter o valor de U e duplicar o valor de R .

5. **FCMMG 2020** As lâmpadas incandescentes de filamento foram substituídas no mercado devido a sua baixa eficiência energética. A maior parte da energia elétrica que essas lâmpadas transformavam se dissipava na forma de calor, e pouco era aproveitado como fonte de luz. Entretanto, elas são usadas hoje como item de decoração, como mostra a figura.



O gráfico mostra a relação entre a resistividade do filamento da lâmpada e sua temperatura.



O comprimento do filamento de uma lâmpada de 40 W – 120V é de 30 cm e o diâmetro de seu fio cilíndrico é de 0,03 mm. Considerando $\pi = 3$, a temperatura do filamento, quando a lâmpada está acesa, é de, aproximadamente:

- 700 °C.
- 1500 °C.
- 2000 °C
- 2500 °C

6. **UFJF/Pism-MG 2021** Considere dois resistores cilíndricos de comprimento L_0 . O primeiro possui área da seção reta A_1 e resistividade uniforme ρ_1 . O segundo, uma área da seção reta $A_2=2A_1$ e resistividade uniforme ρ_2 . Para que a potência dissipada nesse segundo resistor dobre de valor, quando submetida a mesma corrente que o primeiro, qual será o valor de ρ_2 quando comparado com ρ_1 ?

- $2\rho_1$.
- $\left(\frac{1}{2}\right)\rho_1$.
- $4\rho_1$.
- $\left(\frac{1}{4}\right)\rho_1$.
- ρ_1 .

Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 2 • Capítulo 5

- Leia as páginas de **141 a 148**.
- Faça os exercícios de **6 a 9** da seção “Revisando”.
- Faça os exercícios propostos **19, 20, 22, 23, 25, 26, 30 e 32**.
- Faça os exercícios complementares de **22 a 24, 27, 28 e de 30 a 32**.

FRENTE 2

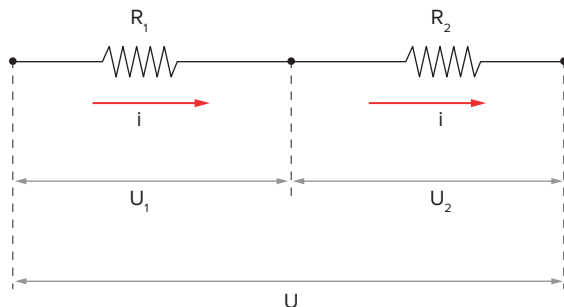
AULAS 27 E 28

Associação de resistores

Associação de resistores

Associação em série

Resistores são considerados em série quando, em um mesmo circuito elétrico, são atravessados exatamente pelo mesmo fluxo de cargas elétricas i e compartilham partes da ddp total entre si, de forma diretamente proporcional às suas resistências elétricas.



Representação de trecho de um circuito com dois resistores em série.

$$i_1 = i_2 = \dots = i \therefore i = \text{cte}$$

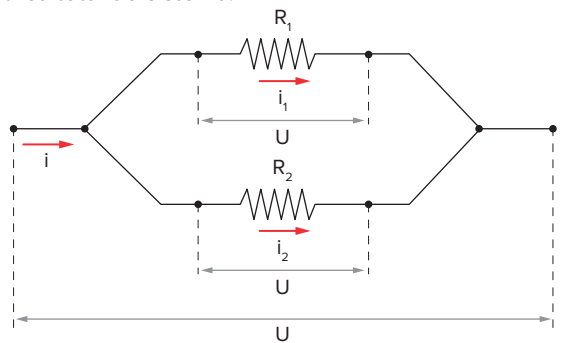
$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \therefore U = \sum_{a=1}^n U_a$$

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n \Rightarrow R_s = \sum_{a=1}^n R_a$$

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n \Rightarrow P_{\text{total}} = \sum_{a=1}^n P_a$$

Associação em paralelo

Resistores conectados em paralelo, em um mesmo circuito elétrico, estão submetidos à mesma ddp (U), de tal maneira que as diferenças de potenciais parciais têm o mesmo valor da ddp total e são percorridos por correntes independentes, de modo que cada corrente, de cada ramo do sistema, contribui com valores parciais de fluxo de cargas, no valor da corrente elétrica total do sistema.



Representação de trecho de um circuito com dois resistores em paralelo.

$$U_1 = U_2 = \dots = U \therefore U = \text{cte}$$

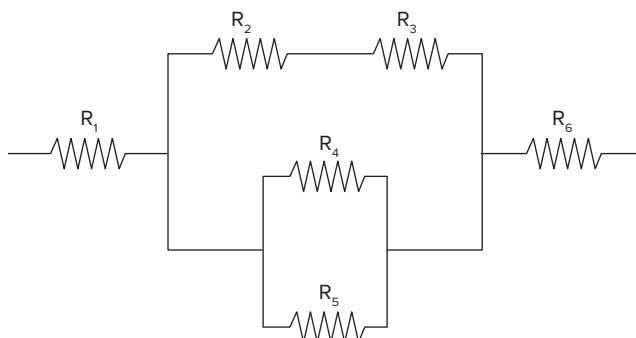
$$i_{\text{total}} = i_1 + i_2 + \dots + i_n \therefore i_{\text{total}} = \sum_{a=1}^n i_a$$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \therefore \frac{1}{R_p} = \sum_{a=1}^n \frac{1}{R_a}$$

$$P_{\text{total}} = P_1 + P_2 + \dots + P_n \therefore P_{\text{total}} = \sum_{a=1}^n P_a$$

Associação mista de resistores

Por meio das associações básicas de resistores elétricos, podemos fazer diversas combinações para obter os mais variados valores de resistores equivalentes, conforme a necessidade de uma montagem ou um projeto.



Representação do trecho de um circuito com resistores ligados em série e em paralelo.

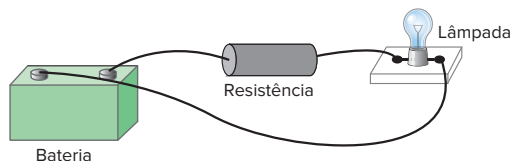
A resistência equivalente dessa configuração poderia ser escrita da seguinte maneira:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + [(R_2 + R_3) // (R_4 // R_5)] + R_6$$

em que, para relacionar resistores conectados em série, usamos o sinal de soma (+) e, para resistores conectados em paralelo, usamos o símbolo (//).

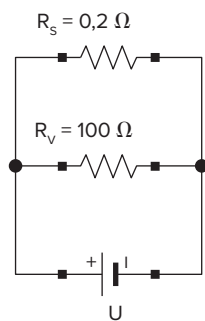
Exercícios de sala

1. **Fuvest-SP** Uma estudante quer utilizar uma lâmpada (dessas de lanterna de pilhas) e dispõe de uma bateria de 12 V. A especificação da lâmpada indica que a tensão de operação é 4,5 V e a potência elétrica utilizada durante a operação é de 2,25 W. Para que a lâmpada possa ser ligada à bateria de 12 V, será preciso colocar uma resistência elétrica, em série, de aproximadamente



- a) 0,5 . c) 9,0 . e) 15 .
b) 4,5 . d) 12 .

2. **Unicamp-SP 2018** Nos últimos anos, materiais exóticos conhecidos como isolantes topológicos se tornaram objeto de intensa investigação científica em todo o mundo. De forma simplificada, esses materiais se caracterizam por serem isolantes elétricos no seu interior, mas condutores na sua superfície. Desta forma, se um isolante topológico for submetido a uma diferença de potencial U , teremos uma resistência efetiva na superfície diferente da resistência do seu volume, como mostra o circuito equivalente da figura abaixo.



Nessa situação, a razão $F = \frac{i_s}{i_v}$ entre a corrente i_s que atravessa a porção condutora na superfície e a corrente i_v que atravessa a porção isolante no interior do material vale

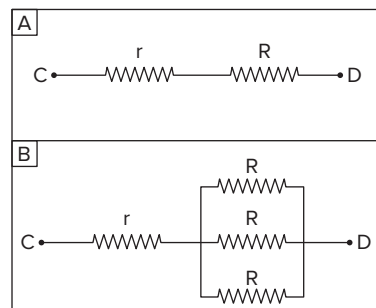
- a) 0,002 c) 00,2
b) 0,2 d) 500

3. **Enem Digital 2020** O adaptador de tomada tipo T (Figura 1) é um acessório utilizado em domicílios para ligar vários aparelhos eletrodomésticos em uma única tomada. Conectar três aparelhos de alta potência em um mesmo adaptador pode superaquecê-lo e, conseqüentemente, provocar um incêndio. O circuito da Figura 2A representa um aparelho de resistência elétrica R ligado ao adaptador de resistência elétrica r . Na Figura 2B está representado um circuito com três aparelhos de resistência elétrica R ligados ao mesmo adaptador. Em ambos os circuitos, os pontos C e D são os terminais de uma mesma tomada elétrica. Considere todos os resistores ôhmicos.

Figura 1



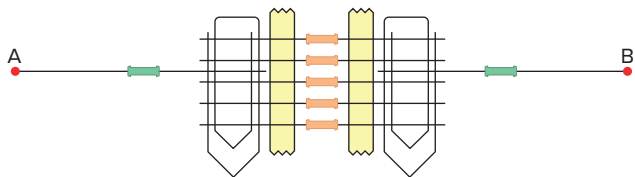
Figura 2



Comparando-se a Figura 2B com a Figura 2A, verifica-se que o possível superaquecimento do adaptador de tomada acontece em decorrência do aumento da

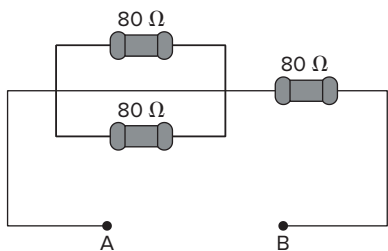
- a) tensão em R .
b) corrente em R .
c) tensão entre C e D.
d) corrente entre C e D.
e) resistência equivalente entre C e D.

4. **Famema-SP 2019** Um estudante de eletrônica, desejando medir valores de resistências elétricas, montou uma associação de resistores sem realizar soldagens. Para tanto, prendeu cinco resistores de $1000\ \Omega$ com fita adesiva e isolante, conectando as extremidades desses resistores a dois cliques de papel, idênticos e de resistências elétricas desprezíveis. Para finalizar, conectou um resistor de $200\ \Omega$ a cada clipe, obtendo o arranjo ilustrado.



O valor do resistor equivalente, medido entre os pontos A e B, será

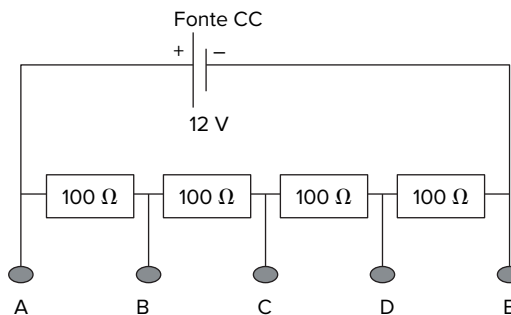
- a) $400\ \Omega$ c) $100\ \Omega$ e) $200\ \Omega$
b) $500\ \Omega$ d) $600\ \Omega$
5. **Unesp-SP 2016** Em um trecho de uma instalação elétrica, três resistores ôhmicos idênticos e de resistência $80\ \Omega$ cada um são ligados como representado na figura. Por uma questão de segurança, a maior potência que cada um deles pode dissipar, separadamente, é de $20\ \text{W}$.



Dessa forma, considerando desprezíveis as resistências dos fios de ligação entre eles, a máxima diferença de potencial, em volts, que pode ser estabelecida entre os pontos A e B do circuito, sem que haja riscos, é igual a

- a) 30 c) 20 e) 60
b) 50 d) 40

6. **Enem 2020** Um estudante tem uma fonte de tensão com corrente contínua que opera em tensão fixa de $12\ \text{V}$. Como precisa alimentar equipamentos que operam em tensões menores, ele emprega quatro resistores de $100\ \Omega$ para construir um divisor de tensão. Obtém-se este divisor associando os resistores, como exibido na figura. Os aparelhos podem ser ligados entre os pontos A, B, C, D e E, dependendo da tensão especificada.



Ele tem um equipamento que opera em $9,0\ \text{V}$ com uma resistência interna de $10\ \text{k}\Omega$.

Entre quais pontos do divisor de tensão esse equipamento deve ser ligado para funcionar corretamente e qual será o valor da intensidade da corrente nele estabelecida?

- a) Entre A e C; $30\ \text{mA}$.
b) Entre B e E; $30\ \text{mA}$.
c) Entre A e D; $1,2\ \text{mA}$.
d) Entre B e E; $0,9\ \text{mA}$.
e) Entre A e E; $0,9\ \text{mA}$.

Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 2 • Capítulo 6

- I. Leia as páginas de **172 a 179**.
II. Faça os exercícios de **1 a 5** da seção "Revisando".
III. Faça os exercícios propostos de **1 a 4, 6, 7, 10, 13, 15 e 19**.
IV. Faça os exercícios complementares **4, 7, 9 e 10**.

Análise de circuitos elétricos

Associações de resistores mais avançadas

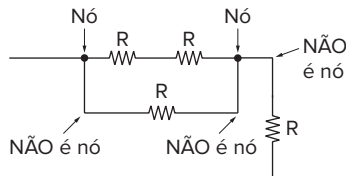
Análise dos potenciais elétricos em nós

A análise nodal (dos nós) de um circuito elétrico é um método que permite planejar circuitos elétricos. Esse método, apelidado de “regra do varal”, é um algoritmo que permite reorganizar circuitos mais complexos, para depois resolvê-los.

Passos:

1ª) determinar e nominar os extremos do circuito elétrico, que seriam a entrada e a saída da corrente total, no circuito a ser planejado. Podemos chamar os potenciais de entrada de V_A ou V_{in} e os potenciais de saída de V_B ou V_{out} .

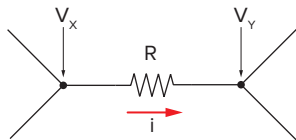
2ª) marcar todos os nós do circuito, destacando cada um deles e tomando cuidado para não confundir uma bifurcação de fluxo (que é um nó) com uma simples dobra do circuito elétrico.



Trecho de circuito elétrico com a identificação de pontos de nó.

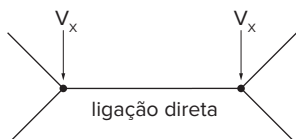
3ª) nomear os nós do circuito de acordo com seus potenciais elétricos, V_A, V_B, V_C, V_D, V_E , etc, seguindo duas regras básicas:

- I. Se entre dois nós de um circuito elétrico existir um resistor funcional, devemos nomear os nós com potenciais diferentes:



Nesse caso, a ddp nos extremos do resistor é $U_{XY} = V_X - V_Y$ ou ainda $U_{XY} = R \cdot i$, que pode ser calculada quando for conveniente.

- II. Se entre dois nós de um circuito elétrico existir um fio ideal fazendo uma ligação direta, devemos manter o mesmo potencial (equipotencial) e os nós terão o mesmo nome:

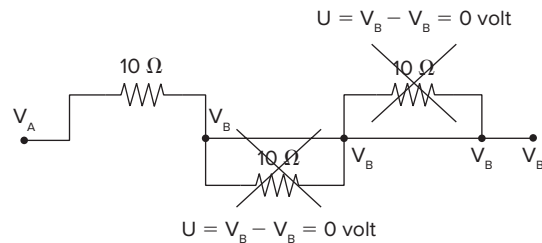


4ª) montar o “varal” de potenciais, utilizando somente um nó de cada tipo (V_A, V_B, V_C , etc.) e tomando cuidado para deixar os extremos nas pontas da montagem, respeitando, assim, a entrada (V_A) e a saída (V_B) do circuito.

5ª) finalmente, “pendurar” os resistores no “varal”, re-desenhando e planejando o circuito, respeitando a ddp de cada elemento.

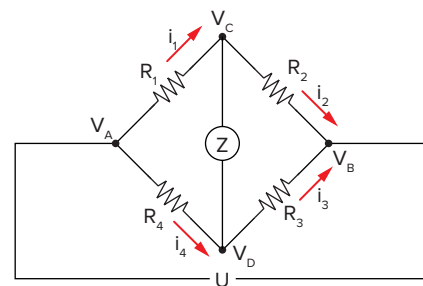
Curtos-circuitos técnicos

Resistores são considerados curto-circuitados quando sua ddp (U) passa a valer zero volt, devido a um fio ideal com ligação direta que conecta as extremidades do aparelho, colocando-o em equilíbrio elétrico, ou seja, o trabalho realizado entre esses dois pontos será nulo, de tal maneira que nesse ramo deixa de existir um fluxo de cargas elétricas que formaria uma corrente elétrica.



Ponte de Wheatstone

Considere o arranjo a seguir:



Representação gráfica da ponte de Wheatstone.

A ponte do circuito é o aparelho “Z”, que conecta os pontos V_C e V_D , e que pode ser um galvanômetro, um amperímetro, um voltímetro, uma lâmpada ou até mesmo um resistor.

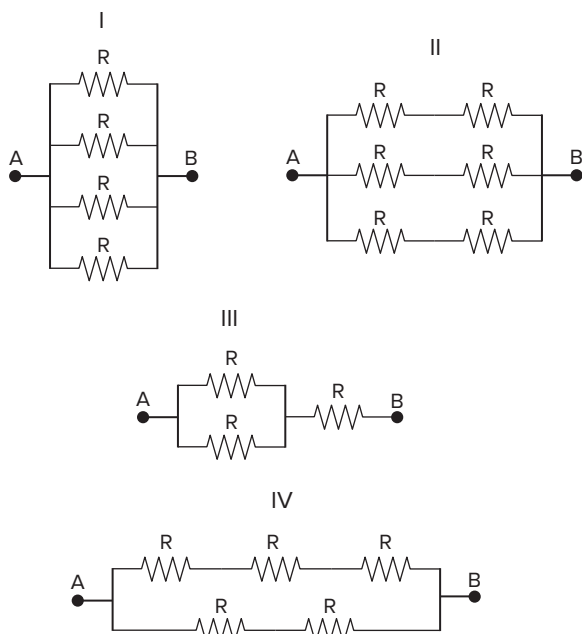
No caso da ponte equilibrada, com $Z=0$, podemos dizer que $i_2 = 0A$, logo $i_1 = i_2$ e $i_4 = i_3$; $U_z = 0$ volt, logo $V_C = V_D = V$.

Nesse caso:

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$$

Exercícios de sala

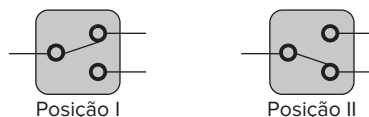
1. Uerj 2019 Resistores ôhmicos idênticos foram associados em quatro circuitos distintos e submetidos à mesma tensão $U_{A,B}$. Observe os esquemas:



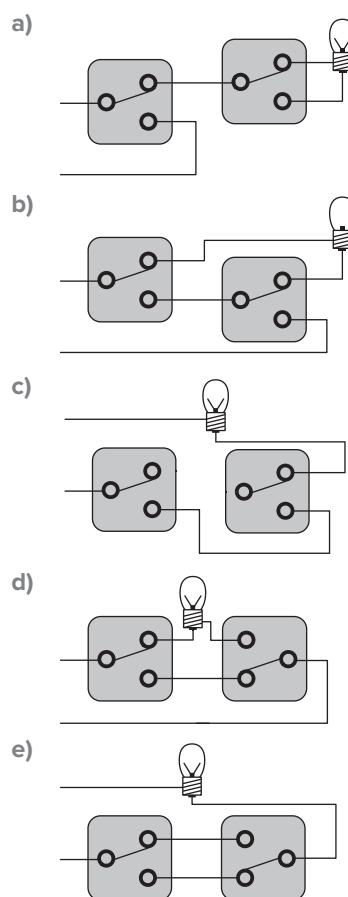
Nessas condições, a corrente elétrica de menor intensidade se estabelece no seguinte circuito:

- a) I c) III
b) II d) IV

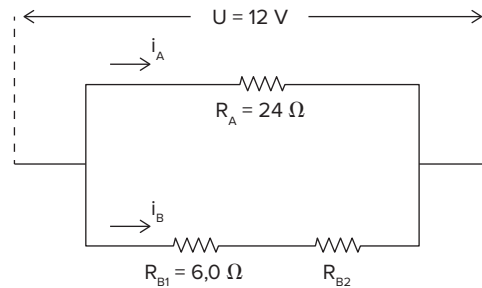
2. Enem Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma 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:



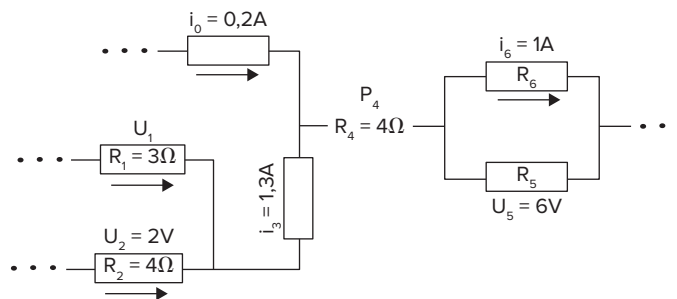
3. **Unicamp-SP 2021** A diferença de potencial elétrico, U , é proporcional à corrente elétrica, i , em um trecho de um circuito elétrico resistivo, com constante de proporcionalidade dada pela resistência equivalente, R_{eq} , no trecho do circuito. Além disso, no caso de resistores dispostos em série, a resistência equivalente é dada pela soma das resistências ($R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots$). A corrente elétrica, i_B no trecho B do circuito abaixo é três vezes maior que a corrente elétrica no trecho A, ou seja, $\frac{i_B}{i_A} = 3$.



Quanto vale a resistência R_{B2} ?

- a) $2,0 \Omega$ b) 14Ω c) 18Ω d) 66Ω

4. **UFPR 2016** De um trecho de um circuito mais complexo, em que as setas indicam o sentido convencional da corrente elétrica, são conhecidas as informações apresentadas na figura abaixo. Quanto aos valores que podem ser calculados no circuito, identifique as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F):

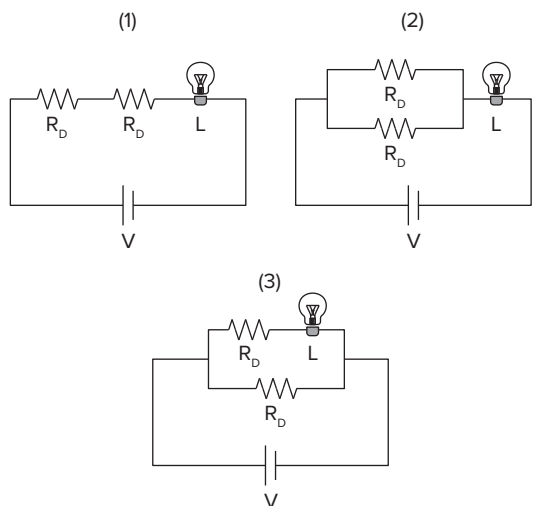


- A resistência elétrica no resistor R_5 é de 3Ω .
- A tensão elétrica no resistor R_1 é de 2 V .
- A potência dissipada pelo resistor R_4 é de 9 W .
- O valor da resistência elétrica R_6 é de 6Ω .

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

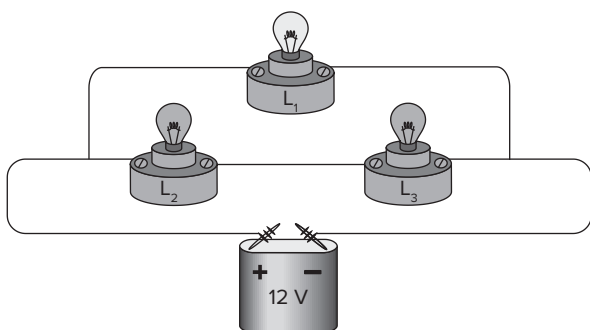
- a) V - F - V - F. c) F - F - V - V. e) V - F - V - V.
 b) V - V - F - V. d) F - V - F - F.

5. **Fuvest-SP 2020** Um fabricante projetou resistores para utilizar em uma lâmpada de resistência L . Cada um deles deveria ter resistência R . Após a fabricação, ele notou que alguns deles foram projetados erroneamente, de forma que cada um deles possui uma resistência $R_D = R/2$. Tendo em vista que a lâmpada queimará se for percorrida por uma corrente elétrica **superior** a $V/(R + L)$, em qual(is) dos circuitos a lâmpada queimará?



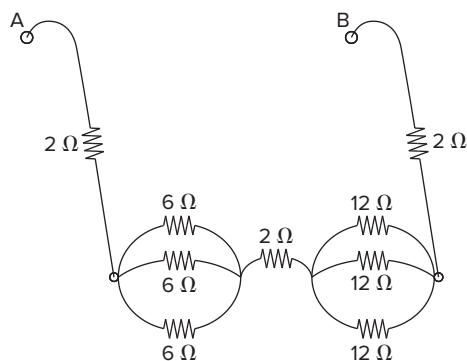
- a) 1, apenas. d) 2 e 3, apenas.
b) 2, apenas. e) 1, 2 e 3.
c) 1 e 3, apenas.

6. **Unesp 2016** Três lâmpadas idênticas (L_1 , L_2 e L_3), de resistências elétricas constantes e valores nominais de tensão e potência iguais a 12 V e 6 W, compõem um circuito conectado a uma bateria de 12 V. Devido à forma como foram ligadas, as lâmpadas L_2 e L_3 não brilham com a potência para a qual foram projetadas.



Considerando desprezíveis as resistências elétricas das conexões e dos fios de ligação utilizados nessa montagem, calcule a resistência equivalente, em ohms, do circuito formado pelas três lâmpadas e a potência dissipada, em watts, pela lâmpada L_2 .

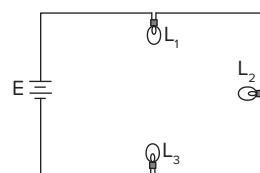
7. **Uefs-BA 2018** Para decorar a fachada de sua ótica, o proprietário construiu uma peça com elementos resistivos que, quando percorridos por corrente elétrica, emitem luz. A peça de decoração pronta corresponde à associação de resistores entre os pontos A e B, indicada na figura.



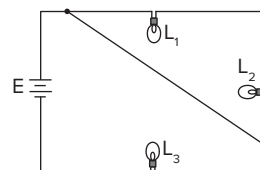
A resistência equivalente entre os pontos A e B é

- a) 6 Ω c) 12 Ω e) 24 Ω
b) 10 Ω d) 18 Ω

8. **Uerj 2013** Em uma experiência, três lâmpadas idênticas (L_1 , L_2 , L_3) foram inicialmente associadas em série e conectadas a uma bateria E de resistência interna nula. Cada uma dessas lâmpadas pode ser individualmente ligada à bateria E sem se queimar. Observe o esquema desse circuito, quando as três lâmpadas encontram-se acesas:



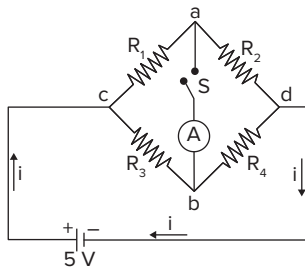
Em seguida, os extremos não comuns de L_1 e L_2 foram conectados por um fio metálico, conforme ilustrado abaixo:



A afirmativa que descreve o estado de funcionamento das lâmpadas nessa nova condição é:

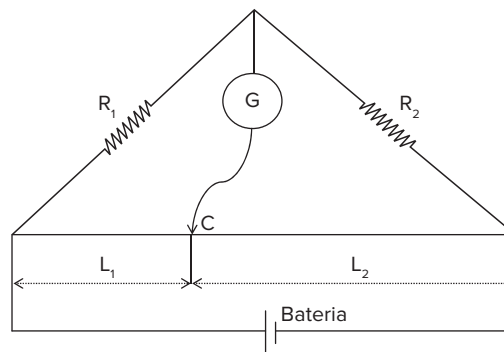
- a) As três lâmpadas se apagam.
b) As três lâmpadas permanecem acesas.
c) L_1 e L_2 se apagam e L_3 permanece acesa.
d) L_3 se apaga e L_1 e L_2 permanecem acesas.

9. **Famerp-SP 2022** Um circuito semelhante ao da imagem pode ser encontrado em alguns termômetros digitais. Nele, estão ligados uma bateria de 5 V, um amperímetro, A, e 4 resistores, R_1 , R_2 , R_3 e R_4 , de resistências elétricas 5Ω , 10Ω , 25Ω e 50Ω , respectivamente. Quando a chave S é ligada, o circuito é chamado de ponte de Wheatstone.



- a) Com a chave S desligada, qual é a resistência equivalente, em ohms, do circuito? Qual é a intensidade da corrente total, i , que o atravessa, em ampères?
- b) Considere que esses resistores foram trocados por outros 4 resistores de valores desconhecidos e que a chave S foi ligada. Percebeu-se, então, que o amperímetro mediu uma corrente de valor nulo, ou seja, que não passava corrente entre os pontos a e b do circuito. Prove que, nesta nova condição, os valores dos novos resistores estão relacionados por $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$.

10. **Mackenzie-SP 2015**



A ponte de fio mostrada acima é constituída por uma bateria, um galvanômetro G, dois resistores, um de resistência elétrica $R_1 = 10,0 \Omega$ e outro de resistência elétrica $R_2 = 40,0 \Omega$ um fio condutor homogêneo de resistividade r , área de secção transversal A e comprimento $L = 100,0 \text{ cm}$ e um cursor C que desliza sobre o fio condutor. Quando o cursor é colocado de modo a dividir o fio condutor em dois trechos de comprimentos L_1 e L_2 , a corrente elétrica no galvanômetro é nula.

Os comprimentos L_1 e L_2 valem, respectivamente,

- a) $50,0 \text{ cm}$ e $50,0 \text{ cm}$
 b) $60,0 \text{ cm}$ e $40,0 \text{ cm}$
 c) $40,0 \text{ cm}$ e $60,0 \text{ cm}$
 d) $80,0 \text{ cm}$ e $20,0 \text{ cm}$
 e) $20,0 \text{ cm}$ e $80,0 \text{ cm}$

Guia de estudos

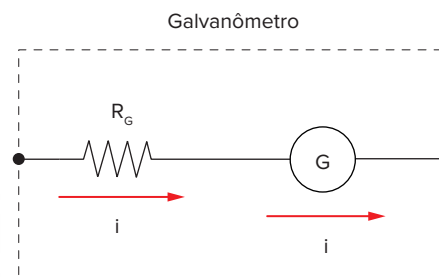
Física • Livro 2 • Frente 2 • Capítulo 6

- I. Leia as páginas de **175 a 185**.
 II. Faça os exercícios de **6 a 8** da seção "Revisando".
 III. Faça os exercícios propostos **20, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 32** e de **34 a 36**.
 IV. Faça os exercícios complementares **12, 13, 15, 20, 26 e 27**.

Aparelhos de medição

Medidas elétricas

Na prática cotidiana e de laboratório, é importante determinar diferença de potencial, corrente elétrica e resistência elétrica de diferentes dispositivos em um circuito utilizando instrumentos que medem essas grandezas. Os aparelhos que realizam essas medições são chamados de **galvanômetros**.

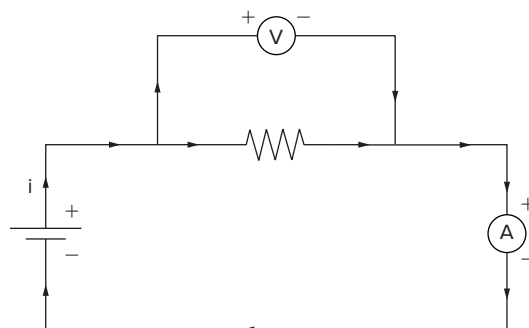


Fotografia de um galvanômetro analógico seguido de sua representação esquemática em circuitos elétricos.

O princípio de funcionamento desse aparelho consiste em um ponteiro que se deflete ao longo de uma escala graduada como consequência de fenômenos eletromagnéticos. Seu funcionamento é fisicamente explicado pelo surgimento de um campo magnético ao redor da bobina, atravessada por corrente elétrica, que interage com o ímã, fazendo com que a agulha de medição se movimente em uma escala devidamente calibrada que assume valores positivos ou negativos, informando o sentido da corrente. A máxima deflexão sofrida pelo ponteiro determina o final da escala, denominado de **fundo de escala**. O fio enrolado que forma a bobina apresenta uma resistência, conhecida como **resistência interna do galvanômetro**, R_G , não nula e de valor bastante baixo.

Medida de intensidade de corrente elétrica: para medir a intensidade de corrente elétrica que passa por um dispositivo em um circuito utilizamos um instrumento chamado de **amperímetro**. Esse aparelho precisa ser **conectado em série** no trecho do circuito elétrico, de modo que seja atravessado pela corrente elétrica. Uma vez que desejamos que toda a corrente passe pelo amperímetro, é preciso que sua resistência interna seja a menor possível.

Medida de diferença de potencial: o **voltímetro** é o instrumento que utilizamos para medir a diferença de potencial entre dois pontos de um circuito elétrico. Esse aparelho precisa ser **conectado em paralelo** ao trecho que desejamos medir a tensão. Dado que não queremos que a corrente elétrica que passa entre os dois pontos selecionados seja desviada, a resistência interna do voltmímetro deve ter o maior valor possível

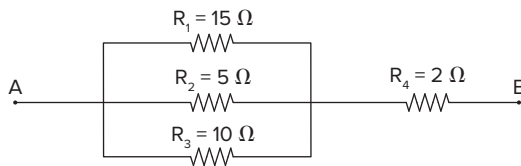


Representação esquemática de um circuito elétrico com a presença de um amperímetro, em série, e um voltmímetro, em paralelo.

Exercícios de sala

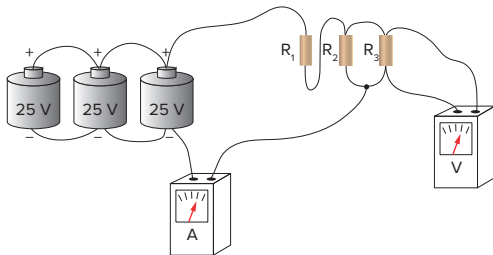
1. UEPG-PR 2022 A corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas. Em relação a essa grandeza, assinale o que for correto.

- 01** O aparelho chamado voltímetro, destinado a medir a d.d.p. entre dois pontos de um circuito, é construído basicamente utilizando-se um galvanômetro em série com uma resistência relativamente grande, chamada resistência multiplicadora, e deve ser utilizado também em série com o dispositivo do qual se quer medir a tensão.
- 02** Todos os resistores de uma associação em paralelo suportam a mesma tensão elétrica.
- 04** O aparelho destinado a medir o valor da corrente elétrica que atravessa dois pontos de um circuito é o amperímetro, o qual deve ser utilizado, para tal fim, em série com o dispositivo do qual se pretende medir a corrente.
- 08** A corrente elétrica que atravessa o resistor R_1 , no circuito figurado a seguir, vale 2 A. Logo, a d.d.p. entre os pontos A e B tem um valor igual a 22V.



Soma:

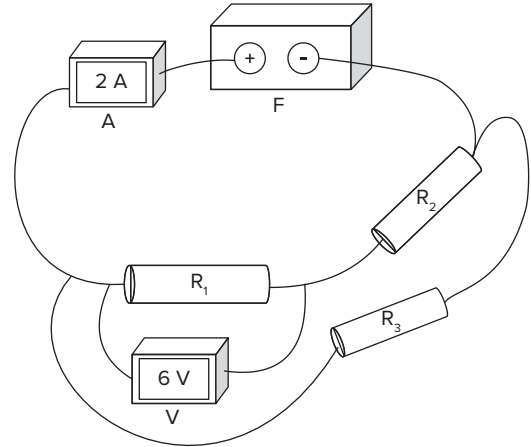
2. EsPCEX-SP 2019 No circuito desenhado abaixo, temos três pilhas ideais ligadas em paralelo que fornecem uma ddp igual a 25 V cada uma. Elas alimentam três resistores ôhmicos: $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = R_3 = 20 \Omega$. O amperímetro, o voltímetro e os fios condutores inseridos no circuito são todos ideais. As leituras indicadas no amperímetro (A) e no voltímetro (V) são, respectivamente,



Desenho ilustrativo fora de escala

- a) 5,00 A e 25,00 V.
 b) 0,50 A e 20,00 V.
 c) 2,50 A e 16,66 V.
 d) 1,25 A e 12,50 V.
 e) 3,75 A e 37,50 V.

3. Fuvest-SP 2016 O arranjo experimental representado na figura é formado por uma fonte de tensão F , um amperímetro A , um voltímetro V , três resistores, R_1 , R_2 e R_3 , de resistências iguais, e fios de ligação.



Quando o amperímetro mede uma corrente de 2 A, e o voltímetro, uma tensão de 6 V, a potência dissipada em R_2 é igual a

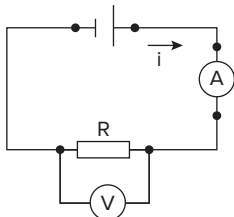
► **Dados:**

- A resistência interna do voltímetro é muito maior que a dos resistores (voltímetro ideal).
- As resistências dos fios de ligação devem ser ignoradas.

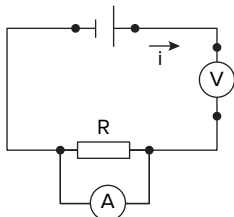
- a) 4 W
 b) 6 W
 c) 12 W
 d) 18 W
 e) 24 W

4. **UPF-RS 2015** 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?

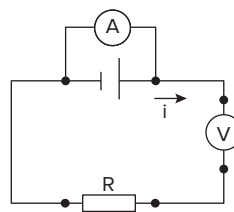
a) Esquema A



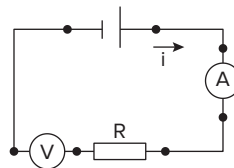
b) Esquema B



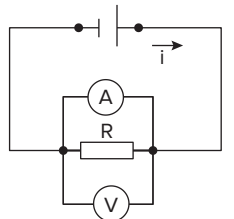
c) Esquema C



d) Esquema D



e) Esquema E

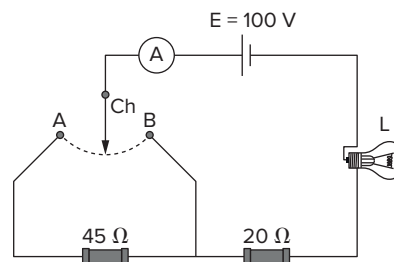


5. **IFSul-RS 2018** Os instrumentos de medidas elétricas que medem corrente elétrica, diferença de potencial elétrico e resistência elétrica são denominados, respectivamente, amperímetros, voltímetros e ohmímetros. Muitas vezes, eles são reunidos em um único aparelho, denominado multímetro, o qual tem uma chave que permite selecionar a função desejada.

Em relação à forma correta que esses medidores devem ser associados com um resistor em um circuito elétrico, um amperímetro ideal, quando associado

- em série, mede a corrente elétrica que circula nesse resistor.
- em paralelo, mede a corrente elétrica que circula nesse resistor.
- em série, mede a diferença de potencial elétrico a que o resistor está submetido.
- em paralelo, mede a diferença de potencial elétrico a que o resistor está submetido.

6. **Unesp 2014** O circuito representado na figura é utilizado para obter diferentes intensidades luminosas com a mesma lâmpada L. A chave Ch pode ser ligada ao ponto A ou ao ponto B do circuito. Quando ligada em B, a lâmpada L dissipa uma potência de 60 W e o amperímetro ideal indica uma corrente elétrica de intensidade 2 A.



Considerando que o gerador tenha força eletromotriz constante $E = 100 \text{ V}$ e resistência interna desprezível, que os resistores e a lâmpada tenham resistências constantes e que os fios de ligação e as conexões sejam ideais, calcule o valor da resistência R_L da lâmpada, em ohms, e a energia dissipada pelo circuito, em joules, se ele permanecer ligado durante dois minutos com a chave na posição A.

Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 2 • Capítulo 6

- Leia as páginas de 179 a 185.
- Faça os exercícios 9 e 10 da seção "Revisando".
- Faça os exercícios propostos 37, de 40 a 45, 47 e 48.
- Faça os exercícios complementares de 38 a 43 e de 46 a 48.

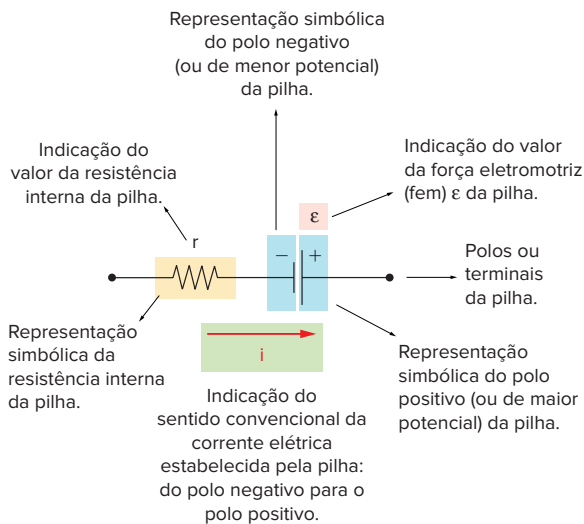
Geradores elétricos I

Geradores elétricos

Geradores elétricos são dispositivos que transformam algum tipo de energia em energia elétrica.

Pilhas, baterias e usinas geradoras são exemplos de geradores elétricos.

O símbolo do gerador apresenta todos os parâmetros necessários para a sua identificação:



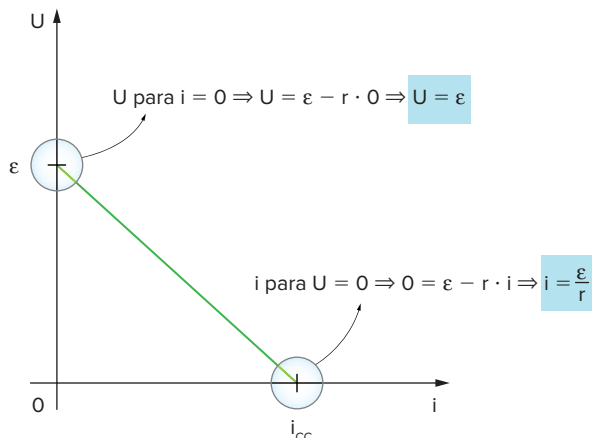
Representação esquemática do gerador elétrico.

Devido à presença de resistência elétrica interna, a ddp obtida nos terminais do gerador é menor do que a ddp promovida pelas reações químicas que ocorrem em seu interior, a chamada **força eletromotriz**.

Essa ddp externa pode ser obtida por meio da equação:

$$U_{\text{polos}} = \epsilon - r \cdot i$$

Essa relação pode ser apresentada na forma de um gráfico cartesiano:



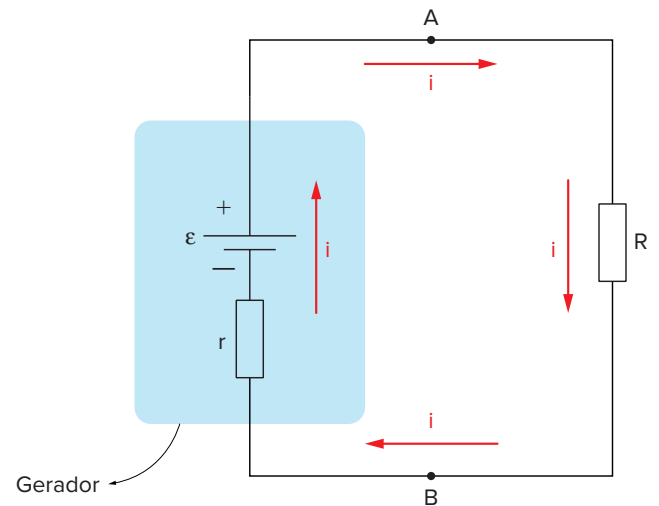
Curva característica do gerador elétrico.

Geradores ideais não apresentam resistência elétrica interna, de forma que $U = E$.

A máxima intensidade de corrente elétrica obtida em um gerador é chamada de corrente elétrica de curto-circuito e dada por:

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

Em um circuito simples contendo um gerador real e um resistor externo, podemos escrever:



Representação esquemática de um circuito gerador-resistor.

$$U_{\text{gerador}} = U_{\text{resistor}}$$

Escrevendo a equação do gerador e a 1ª lei de Ohm para o resistor, obtemos:

$$\epsilon - r \cdot i = R \cdot i$$

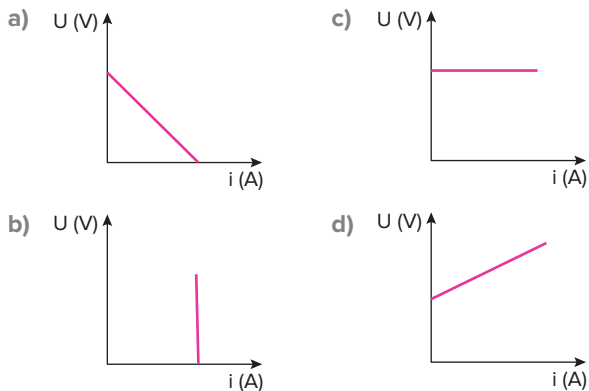
Assim, encontramos a intensidade da corrente elétrica nesse circuito através da relação conhecida como Lei de Ohm-Pouillet:

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

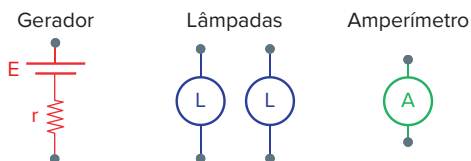
Exercícios de sala

1. Quando um voltímetro ideal é conectado aos terminais de uma pilha comum, ele assinala 12 V. Quando essa pilha é conectada a um fio sem resistência, circula por ela uma corrente elétrica de intensidade 2 A. Determine a equação desse gerador elétrico.

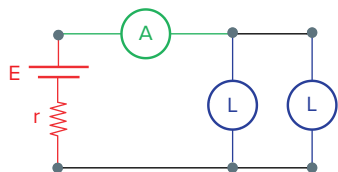
2. **Uerj 2021** Considere um circuito contendo um gerador de resistência interna r constante e não nula. O gráfico que representa a variação da tensão elétrica U em função da corrente i , estabelecida nesse circuito, é:



3. **Unesp 2021** Um estudante tinha disponíveis um gerador elétrico de força eletromotriz $E = 50$ V e resistência interna $r = 2$ Ω , duas lâmpadas iguais com valores nominais (60 V – 100 W) e um amperímetro ideal, como representado na figura.



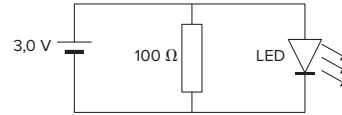
Com esses componentes, ele montou o seguinte circuito elétrico:



Considerando que as resistências dos fios de ligação e dos conectores utilizados sejam desprezíveis, o amperímetro desse circuito indicará o valor de

- a) 1,5 A. c) 2,5 A. e) 1,0 A.
b) 2,0 A. d) 3,0 A.

4. **FMJ-SP 2023** Um circuito elétrico é composto por uma bateria ideal de força eletromotriz igual a 3,0 V, um resistor ôhmico de resistência igual a 100 Ω e um LED, como mostrado na figura



Sabendo que a intensidade da corrente elétrica que atravessa a bateria é de 50 mA, a corrente elétrica que atravessa o LED tem intensidade igual a

- a) 40 mA. c) 10 mA. e) 30 mA.
b) 20 mA. d) 25 mA.

5. **Uece 2022** Um gerador elétrico, cuja resistência interna, segundo o fabricante, é de 30 Ω , pode ser utilizado para alimentar um circuito externo de resistência variável R (carga externa). Para uma escolha específica da carga externa R , o rendimento elétrico do gerador é de 75%. Nessa situação, a resistência elétrica do circuito externo é igual a

- a) 90 Ω b) 10 Ω c) 30 Ω d) 120 Ω

6. **FICSAE-SP 2023** Em uma aula de eletricidade, o professor pede a um dos estudantes que faça contato entre os dois polos de uma pilha utilizando um clip metálico de resistência elétrica desprezível, como mostrado na figura.



Depois de alguns segundos, o estudante nota que a pilha ficou bastante quente, a ponto de não conseguir segurá-la com suas mãos. Em seguida, o professor comenta que esse aquecimento é uma demonstração do efeito Joule que, nesse caso, foi bastante intenso porque, pela pilha, circulou a maior corrente elétrica que pode atravessá-la, chamada “corrente de curto-circuito”, uma vez que o clip metálico

- a) igualou a diferença de potencial entre os extremos da pilha à sua força eletromotriz.
b) inverteu as polaridades da pilha, transformando-a em um receptor elétrico.
c) tornou nula a diferença de potencial entre os extremos da pilha.
d) diminuiu a resistência interna da pilha a um valor desprezível.
e) elevou a força eletromotriz da pilha.

Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 2 • Capítulo 7

- I. Leia as páginas de 228 a 232.
- II. Faça o exercício 9 e 10 da seção “Revisando”.
- III. Faça os exercícios propostos de 51 a 59 e 64.
- IV. Faça os exercícios complementares 50, 51, 53, 54, 56, 59, 61 e 62.

Termodinâmica e máquinas térmicas

Máquinas térmicas

- **Motores térmicos:** transformam calor em trabalho mecânico.

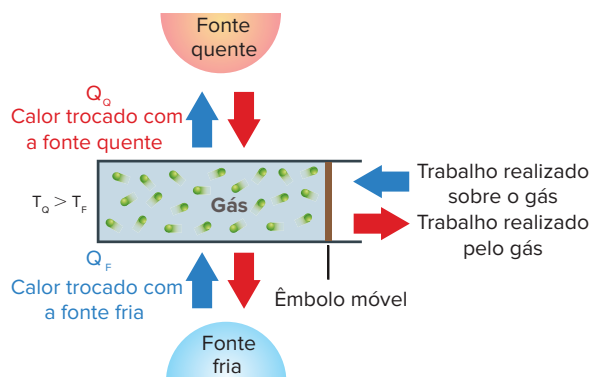
Rendimento (η) de uma máquina térmica: $\eta = \frac{W}{Q_Q}$ em

que W é o trabalho realizado e Q_Q a quantidade de calor recebida da fonte quente.

- **Bombas de calor:** recebem trabalho mecânico para inverter o fluxo espontâneo do calor entre duas fontes térmicas.

Eficiência (ϵ) de uma bomba de calor: $\epsilon = \frac{Q_F}{W}$ em que

W é o trabalho realizado e Q_F a quantidade de calor recebida da fonte fria.



Legenda

- Bombas de calor: refrigeradores, condicionadores de ar etc.
- Motores térmicos: turbinas, motores a combustão interna etc.

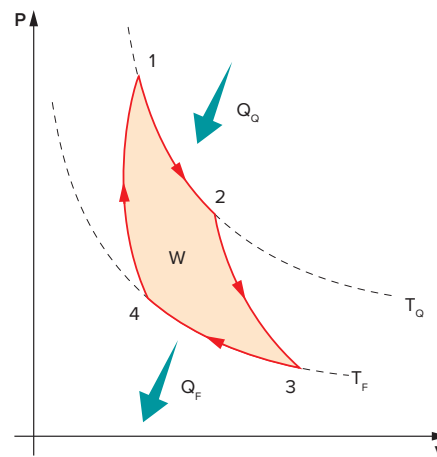
ELEMENTOS FORA DE PROPORÇÃO

CORES FANTASIA

- **Segunda lei da Termodinâmica:** É impossível a construção de uma máquina que, sem a intervenção de algum agente externo, seja capaz de transformar integralmente em trabalho mecânico todo o calor que recebe da fonte quente.

Ciclo de Carnot

- Modelo teórico cuja sequência de transformações (duas isotérmicas e duas adiabáticas, intercaladas) apresenta o maior rendimento possível para uma máquina hipotética trabalhando entre duas dadas temperaturas.

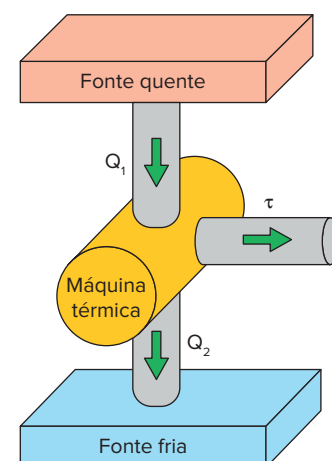


Rendimento do ciclo de Carnot:

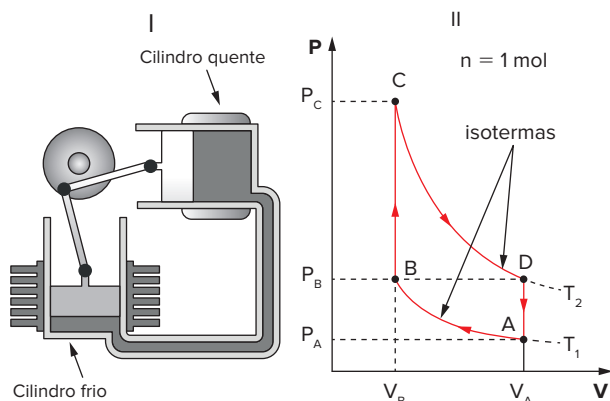
$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

Exercícios de sala

1. **Famerp-SP 2018** A figura representa o diagrama de fluxo de energia de uma máquina térmica que, trabalhando em ciclos, retira calor (Q_1) de uma fonte quente. Parte dessa quantidade de calor é transformada em trabalho mecânico (τ) e a outra parte (Q_2) transfere-se para uma fonte fria. A cada ciclo da máquina, Q_1 e Q_2 são iguais, em módulo, respectivamente, a $4 \cdot 10^3$ J e $2,8 \cdot 10^3$ J. Sabendo que essa máquina executa 3000 ciclos por minuto, calcule:
 - a) o rendimento dessa máquina.
 - b) a potência, em watts, com que essa máquina opera.



- 2. Fuvest-SP 2018** O motor Stirling, uma máquina térmica de alto rendimento, é considerado um motor ecológico, pois pode funcionar com diversas fontes energéticas. A figura I mostra esquematicamente um motor Stirling com dois cilindros. O ciclo termodinâmico de Stirling, mostrado na figura II, representa o processo em que o combustível é queimado externamente para aquecer um dos dois cilindros do motor, sendo que uma quantidade fixa de gás inerte se move entre eles, expandindo-se e contraindo-se. Nessa figura está representado um ciclo de Stirling no diagrama $P \times V$ para um mol de gás ideal monoatômico. No estado A, a pressão é $P_A = 4 \text{ atm}$, a temperatura é $T_1 = 27^\circ\text{C}$ e o volume é V_A . A partir do estado A, o gás é comprimido isotermicamente até um terço do volume inicial, atingindo o estado B. Na isoterma T_1 a quantidade de calor trocada é $Q_1 = 2640 \text{ J}$, e, na isoterma T_2 , é $Q_2 = 7910 \text{ J}$.



Determine

- o volume V_A , em litros;
- a pressão P_D , em atm, no estado D;
- a temperatura T_2 .

Considerando apenas as transformações em que o gás recebe calor, determine

- a quantidade total de calor recebido em um ciclo, Q_R , em J.

Note e adote:

Calor específico a volume constante: $C_V = \frac{3R}{2}$

Constante universal dos gases:

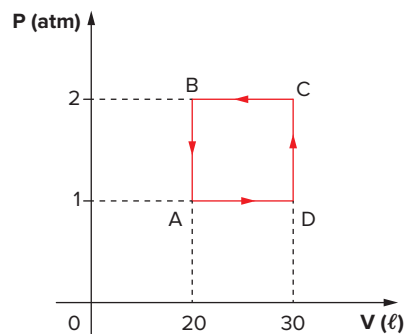
$R = 8 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) = 0,08 \text{ atm} \cdot \ell/(\text{mol} \cdot \text{K})$

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$

$1 \text{ m}^3 = 1000 \ell$

- 3.** Considere o seguinte diagrama $P \times V$ executado sobre $0,5 \text{ mol}$ de um gás monoatômico e responda ao que se pede.



- Identifique o tipo de máquina térmica.
- Qual é o trabalho necessário, em joules, para a máquina completar um ciclo?
- Obtenha o rendimento, se a máquina for um motor térmico, ou a eficiência térmica, se ela for uma bomba de calor.

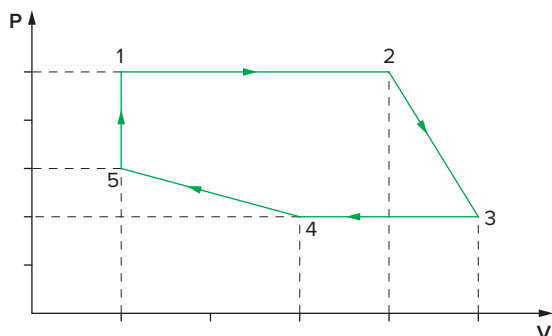
Dado: $1 \text{ atm} = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

- 4. UFRGS 2020** Uma máquina de Carnot apresenta um rendimento de 40% e a temperatura de sua fonte quente é 500 K . A máquina opera a uma potência de $4,2 \text{ kW}$ e efetua 10 ciclos por segundo.

Qual é a temperatura de sua fonte fria e o trabalho que a máquina realiza em cada ciclo?

- $200 \text{ K} - 42 \text{ J}$
- $200 \text{ K} - 420 \text{ J}$
- $200 \text{ K} - 42000 \text{ J}$
- $300 \text{ K} - 42 \text{ J}$
- $300 \text{ K} - 420 \text{ J}$

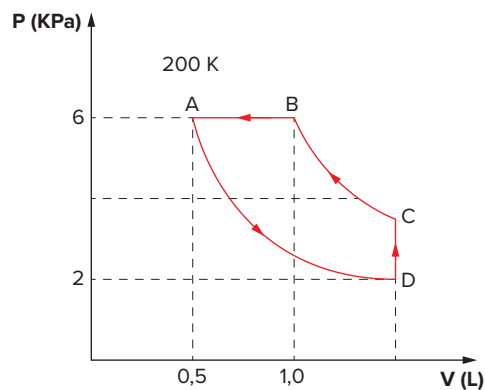
5. **Famerp-SP 2018** Certa massa de gás ideal sofre a transformação cíclica 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 1 representada no diagrama de pressão (P) e volume (V).



O trecho em que a força exercida pelo gás realiza o maior trabalho é

- 2 – 3
- 4 – 5
- 3 – 4
- 1 – 2
- 5 – 1

6. **FMJ-SP 2016** Um gás ideal, contido num recipiente dotado de êmbolo móvel, descreve um ciclo térmico ADCBA, como mostra o gráfico.



O processo entre A e D e entre C e B são isotérmicos. Com base no gráfico e sabendo que a temperatura em A é 200 K, determine:

- os trechos do ciclo ADCBA onde o processo é isocórico e onde é isobárico.
- o volume do gás ideal no ponto D e a temperatura da isoterma que liga os pontos B e C, em kelvin.

Guia de estudos

Física • Livro 1 • Frente 3 • Capítulo 6

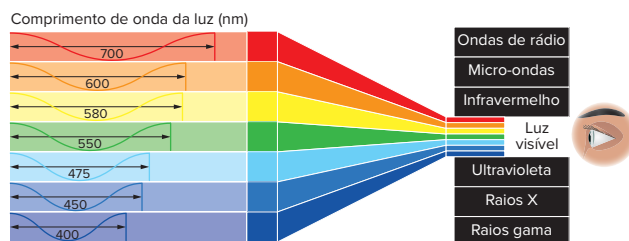
- Leia as páginas de **393** a **398**.
- Faça os exercícios propostos de **32** a **42**.

- Faça os exercícios complementares de **31** a **38** e **41**.

Introdução à Óptica Geométrica

Conceitos iniciais

- A luz é uma forma de energia que se propaga no vácuo e em alguns meios materiais.
- Chamamos de **luz visível** o intervalo do espectro eletromagnético (considerando a luz como fenômeno ondulatório) com comprimento de onda entre 400 nm e 700 nm, aproximadamente.



Espectro eletromagnético com destaque para a faixa da luz visível.

Classificação das fontes de luz

- **Primárias** ou **luminosas**: produzem a luz que emitem. Exemplos: lanternas acesas, estrelas, velas acesas, lâmpadas, vaga-lumes etc.
- **Secundárias** ou **iluminadas**: apenas emitem a luz que recebem de uma fonte primária ou de outra fonte secundária. Exemplos: papéis, a Lua etc.
- **Monocromáticas**: emitem apenas luz de uma frequência específica ou uma única cor, se for luz visível. Exemplo: feixes de *laser*.
- **Policromáticas**: emitem mais de uma frequência de luz, ou mais de uma cor, se forem luzes visíveis. Exemplo: a luz solar.

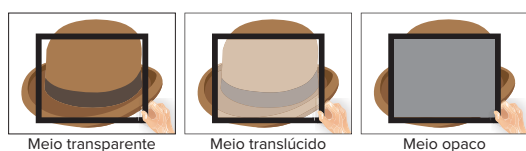
Luz branca

- A luz branca é percebida pela visão humana como o resultado da junção de todas as frequências de luz visíveis. A luz solar é considerada branca.

Meios de propagação da luz

Classificação dos materiais quanto à interação com a luz:

- **Transparentes**: a luz os atravessa sem distorção, permitindo visão nítida através deles.
- **Translúcidos**: a luz os atravessa com alguma distorção, reduzindo a nitidez da visão através deles.
- **Opacos**: a luz não os atravessa, impedindo a visão através deles.



Meio transparente

Meio translúcido

Meio opaco

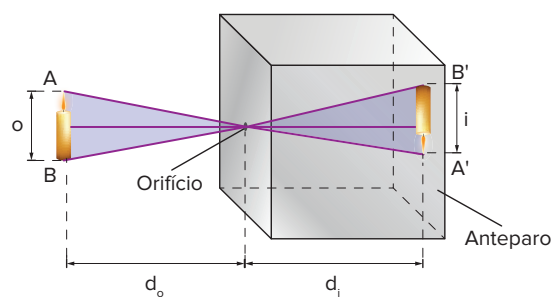
Princípios de propagação da luz

- **Princípio da propagação retilínea da luz**: a luz se propaga em linha reta, em meios transparentes, homogêneos e isotrópicos.
- **Princípio da independência dos raios de luz**: os raios de luz propagam-se de forma independente entre si de tal forma que, ao se cruzarem em seu trajeto, continuam após o cruzamento, como se nada tivesse ocorrido.
- **Princípio da reversibilidade dos raios de luz**: a trajetória percorrida pelos raios de luz em um sentido é a mesma quando o sentido é invertido.

Aplicações

- Por meio dos três princípios da Óptica Geométrica, é possível explicar diversos fenômenos, como a sombra e penumbra, os eclipses e a inversão das imagens no fundo de câmaras escuras, entre outros.
- Em uma **câmara escura**, o tamanho da imagem (*i*) formada no fundo da câmara dependerá do tamanho do objeto (*o*), mas também da distância do objeto à entrada da câmara (*d_o*) e do tamanho da câmara (*d_i*).

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



- **Eclipses**: fenômeno astronômico em que a Lua, a Terra e o Sol ficam alinhados.
 - **Eclipse lunar**: a Terra fica entre a Lua e o Sol. Sempre ocorre em fase de lua cheia.
 - **Eclipse solar**: a Lua fica entre a Terra e o Sol. Sempre ocorre em fase de lua nova.
- **Ângulo de visão**: é o nome dado à abertura angular que engloba determinado objeto observado por nossos olhos dando-nos a impressão de tamanho maior ou menor em função da distância que tal objeto se encontra de nós.

Exercícios de sala

1. **EEAR-SP 2017** Associe corretamente os princípios da Óptica Geométrica, com suas respectivas definições, constantes abaixo.

- I. Princípio da propagação retilínea da luz.
 - II. Princípio da independência dos raios de luz.
 - III. Princípio da reversibilidade dos raios de luz.
- Num meio homogêneo a luz se propaga em linha reta.
 - A trajetória ou caminho de um raio não depende do sentido da propagação.
 - Os raios de luz se propagam independentemente dos demais.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta para o preenchimento das lacunas acima:

- a) I, II e III.
- b) II, I e III.
- c) III, II e I.
- d) I, III e II.

2. **IFCE 2014** Considere as seguintes afirmativas.

- I. Os meios transparentes são meios em que a luz os percorre em trajetórias bem definidas, ou seja, a luz passa por esses meios regularmente.
- II. Nos meios translúcidos, a luz não se propaga. Esses meios absorvem e refletem essa luz, e a luz absorvida é transformada em outras formas de energia.
- III. Nos meios opacos, a luz não passa por eles com tanta facilidade como nos meios transparentes: sua trajetória não é regular.

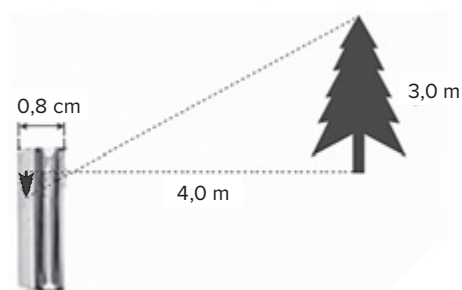
É(são) verdadeira(s):

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas III.
- d) I e III.
- e) II e III.

3. **Uece 2020** Uma pessoa observa a linha do horizonte no mar a partir de um edifício alto. O olho do observador está a uma altura h do solo e a Terra pode ser considerada, de modo simplificado, como uma esfera de raio R . Desprezando-se as limitações ópticas do olho humano, é correto concluir que a maior distância, na superfície do mar, que poderia ser vista pelo observador, medida em linha reta a partir de seu olho, é:

- a) $\sqrt{(h + R)^2 + R^2}$
- b) $\sqrt{h^2 - R^2}$
- c) $\sqrt{(h + R)^2 - R^2}$
- d) $\sqrt{h^2 + R^2}$

4. **IFBA 2016** A câmara de um celular, cuja espessura é de 0,8 cm, capta a imagem de uma árvore de 3,0 m de altura, que se encontra a 4,0 m de distância do orifício da lente, projetando uma imagem invertida em seu interior. Para simplificar a análise, considere o sistema como uma câmara escura. Assim, pode-se afirmar que a altura da imagem, em mm, no interior da câmara é, aproximadamente, igual a:



- a) 6,0
- b) 7,0
- c) 8,0
- d) 9,0
- e) 10,0

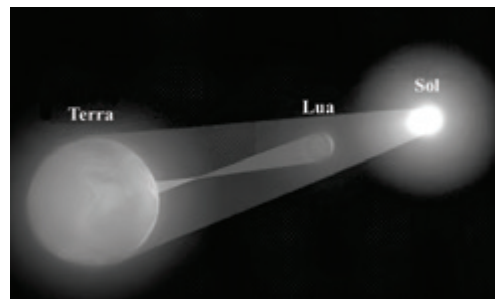
5. **Unioeste-PR 2019** No dia 27 de julho deste ano de 2018, aconteceu um fenômeno celeste denominado de “Lua de Sangue”. Considerado o eclipse lunar com maior duração já ocorrido no século 21, o fenômeno acontece devido à luz do Sol, que é refratada pela atmosfera da Terra e chega à superfície da Lua no espectro do vermelho (REVISTA GALILEU, 2018).

(Fonte: REVISTA GALILEU, *Lua de Sangue: por que o eclipse será o mais longo do século?* Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2018/07/lua-de-sangue-por-que-o-eclipse-sera-o-mais-longo-do-seculo.html>. Acesso em: 20 de agosto de 2018.

Sobre o fenômeno dos eclipses, a propagação da luz e as cores dos objetos, assinale a alternativa correta.

- O eclipse lunar ocorre quando a Lua se encontra entre o Sol e a Terra, em perfeito alinhamento, projetando sua sombra sobre a superfície do planeta.
- Eclipses são fenômenos que acontecem como consequência imediata do princípio de propagação retilínea da luz.
- O fenômeno da interferência explica a decomposição da luz branca nas diversas cores que formam o espectro da luz visível quando essa atravessa a atmosfera terrestre.
- Dentre as cores visíveis, a vermelha é a que possui maior energia, por isso ela consegue atravessar a atmosfera terrestre e atingir a superfície da Lua durante o eclipse.
- No fenômeno da “Lua de Sangue”, a Lua absorve apenas a frequência do vermelho e reflete as demais frequências da luz solar.

6. **IFSP** A figura ilustra, fora de escala, a ocorrência de um eclipse do Sol em determinada região do planeta Terra. Esse evento ocorre quando estiverem alinhados o Sol, a Terra e a Lua, funcionando, respectivamente, como fonte de luz, anteparo e obstáculo.



(J. Rodríguez – Observatório de Mallorca)

Para que possamos presenciar um eclipse solar, é preciso que estejamos numa época em que a Lua esteja na fase

- nova ou cheia.
- minguante ou crescente.
- cheia, apenas.
- nova, apenas.
- minguante, apenas.

Guia de estudos

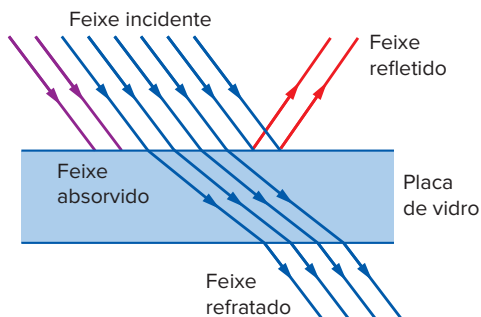
Física • Livro 2 • Frente 3 • Capítulo 7

- Leia as páginas de **262 a 272**.
- Faça os exercícios **2, 3, 5 e 8** da seção “Revisando”.
- Faça os exercícios propostos **1, 2, 4, 6, 8, 10, 11 e 14**.
- Faça os exercícios complementares de **1 a 3, 5, 9, 11, 13 e 14**.

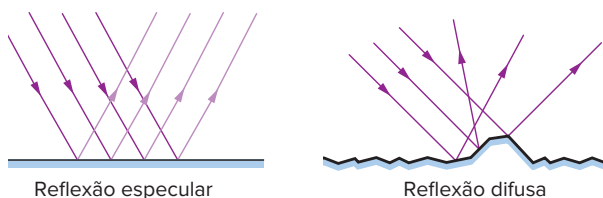
Reflexão da luz e espelhos planos

Reflexão

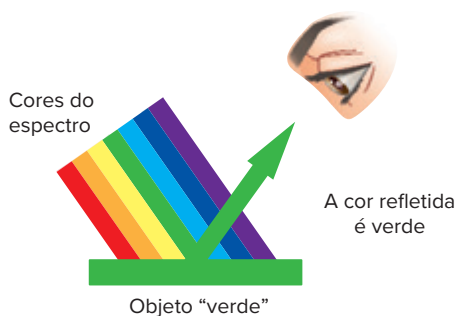
- Quando a luz incide em uma superfície, podem ocorrer três fenômenos: **reflexão**, **transmissão** e **absorção**.



- A reflexão pode ser **especular** ou **difusa**.



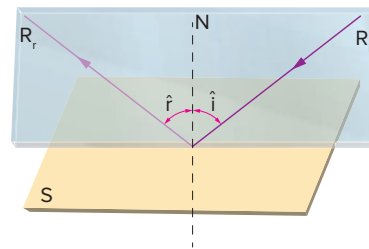
- A reflexão também pode ser seletiva em relação a cores. Assim, a cor que atribuímos a um objeto é em razão da cor de luz refletida por ele em direção aos nossos olhos.



Leis da reflexão

As duas leis da reflexão explicam a maneira como a luz se reflete em uma superfície.

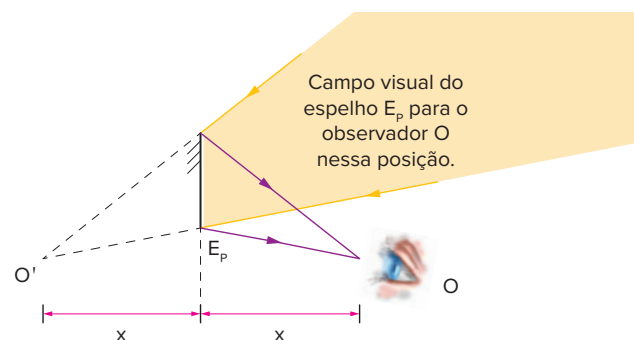
- 1ª lei da reflexão:** O raio incidente (R_i), a reta normal (N) e o raio refletido (R_r) pertencem ao mesmo plano, ou seja, são coplanares.
- 2ª lei da reflexão:** Os ângulos de incidência (\hat{i}) e de reflexão (\hat{r}) são congruentes, ou seja, sempre apresentam a mesma medida.



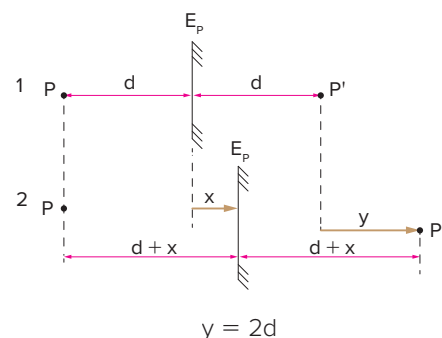
Espelhos planos

Espelhos planos são superfícies planas e altamente refletoras que possibilitam a formação de imagens nítidas com as seguintes propriedades:

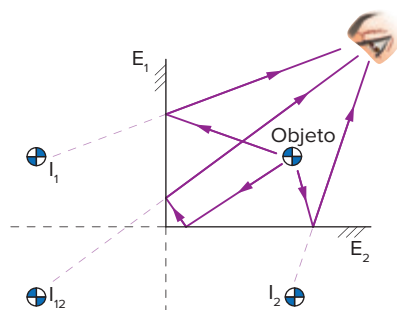
- Simetria:** imagem e objeto apresentam exatamente as mesmas dimensões, inclusive quanto à distância em relação ao espelho.
- As imagens em espelhos planos são sempre **virtuais**, aparentando localizarem-se atrás do espelho.
- Reversão:** imagem e objeto aparecem de lados trocados em relação à horizontal.
- Campo visual:** é a região à frente do espelho plano em que qualquer objeto ali localizado poderá ser visto por determinado observador. O campo visual depende da posição do observador em relação ao espelho.



- Translação:** quando um espelho plano se aproxima ou se afasta de um objeto colocado à sua frente (translação), sua imagem desloca-se sempre o dobro do deslocamento do espelho.



- **Rotação:** quando um espelho plano gira em torno de um eixo paralelo à sua superfície e que o contém, a luz refletida girará o dobro do ângulo de rotação do espelho.
- **Associação de dois espelhos planos:** permite a formação de múltiplas imagens do mesmo objeto, dependendo da posição do objeto em frente ao espelho e do ângulo entre os espelhos.



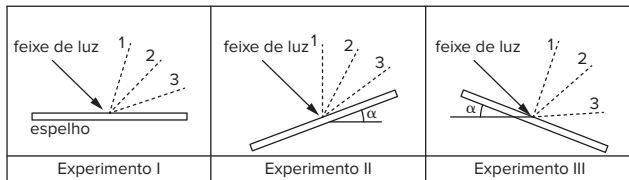
$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

- A posição do objeto é importante também para atestar a validade da equação anterior:
 - Se a divisão $\frac{360^\circ}{\alpha}$ resultar em número inteiro **par**, a equação é válida para objetos colocados em qualquer posição frente aos espelhos.
 - Se a divisão $\frac{360^\circ}{\alpha}$ resultar em número inteiro **ímpar**, a equação é válida somente se o objeto estiver sobre o plano diédrico, ou seja, o objeto tem que estar sobre o plano de simetria, equidistante, portanto, dos dois espelhos.

Exercícios de sala

1. **Unicamp-SP 2016** O Teatro de Luz Negra, típico da República Tcheca, é um tipo de representação cênica caracterizada pelo uso do cenário escuro com uma iluminação estratégica dos objetos exibidos. No entanto, o termo “luz negra” é fisicamente incoerente, pois a coloração negra é justamente a ausência de luz. A luz branca é a composição de luz com vários comprimentos de onda e a cor de um corpo é dada pelo comprimento de onda da luz que ele predominantemente reflete. Assim, um quadro que apresente as cores azul e branca quando iluminado pela luz solar, ao ser iluminado por uma luz monocromática de comprimento de onda correspondente à cor amarela, apresentará, respectivamente, uma coloração
 - a) amarela e branca.
 - b) negra e amarela.
 - c) azul e negra.
 - d) totalmente negra.
2. **Uece 2018** Dois espelhos planos são dispostos paralelos um ao outro e com as faces reflexivas viradas uma para outra. Em um dos espelhos incide um raio de luz com ângulo de incidência de 45° . Considerando que haja reflexão posterior no outro espelho, o ângulo de reflexão no segundo espelho é
 - a) 45° .
 - b) 180° .
 - c) 90° .
 - d) $22,5^\circ$.

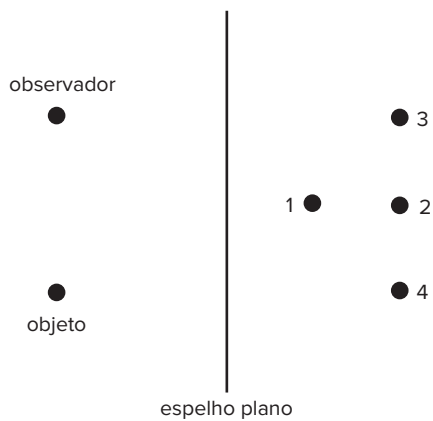
3. **Cefet-MG 2017** A figura abaixo mostra uma seqüência de experimentos em que um feixe de luz incide sobre um espelho plano. No experimento I, o espelho está na horizontal e, nos experimentos II e III, o espelho é inclinado de um ângulo α , para esquerda e para a direita, respectivamente. As linhas tracejadas mostram três possíveis trajetórias que o feixe pode seguir, após refletir-se no espelho.



As trajetórias corretas, observadas na seqüência dos experimentos I, II e III, após a reflexão, são, respectivamente,

- 1, 2 e 3.
- 2, 1 e 3.
- 2, 3 e 1.
- 2, 3 e 2.

4. **Cefet-MG 2015** Analise o esquema abaixo referente a um espelho plano.

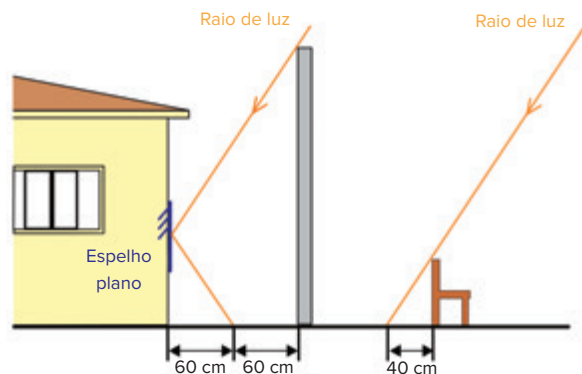


A imagem do objeto que será vista pelo observador localiza-se no ponto

- 1
- 2
- 3
- 4

5. **Mackenzie-SP 2016** Um objeto extenso de altura h está fixo, disposto frontalmente diante de uma superfície refletora de um espelho plano, a uma distância de 120,0 cm. Aproximando-se o espelho do objeto de uma distância de 20,0 cm, a imagem conjugada, nessa condição, encontra-se distante do objeto de
- 100,0 cm
 - 120,0 cm
 - 200,0 cm
 - 240,0 cm
 - 300,0 cm

6. **Famema-SP 2019** Tomando como referência a sombra gerada por uma cadeira de 60 cm de altura, uma pessoa decidiu determinar a altura de um muro construído próximo à lateral de sua casa por meio de métodos geométricos. A casa, o muro e a cadeira estavam sobre o mesmo chão horizontal e, como não era possível obter uma sombra completa do muro, a pessoa providenciou um espelho plano que prendeu paralelamente à lateral da casa, como mostra a figura, que representa os resultados obtidos em um mesmo instante.

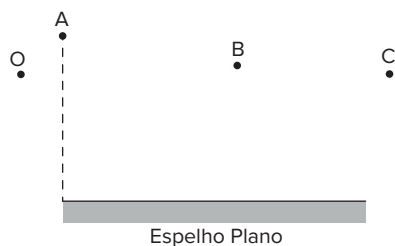


A pessoa concluiu que o muro tinha uma altura de

- 2,1 m.
- 3,2 m.
- 3,0 m.
- 2,4 m.
- 2,7 m.

7. **UFJF-MG 2015** Manuela deve comprar um espelho para instalar em seu quarto. Ela pretende comprar um espelho que permita ver sua imagem completa refletida nele. Sabendo que Manuela tem 1,70 m de altura e que seus olhos estão a 1,55 m do chão, ajude-a a realizar sua escolha, calculando o que se pede.
- A máxima altura em relação ao solo onde pode ser colocada a base do espelho.
 - A altura mínima em relação ao solo onde pode ser colocado o topo do espelho.

8. **IFSul-RS 2019** Na figura a seguir, está representado um espelho plano, onde O é um observador, enquanto A, B e C são objetos pontuais.

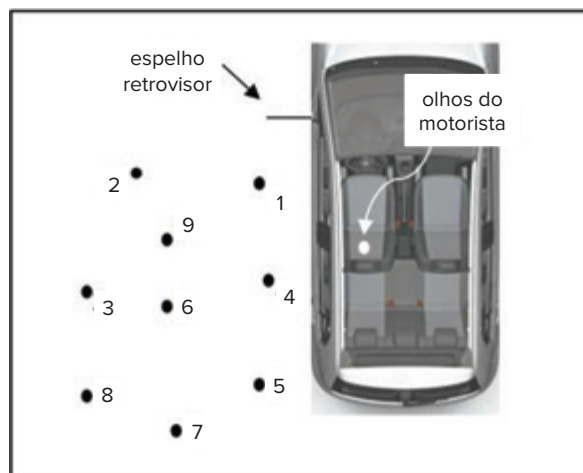


O observador poderá ver, por reflexão no espelho, o(s) objeto(s)

- A e B.
- B.
- C.
- B e C.

9. **IFCE** Um garoto parado na rua vê sua imagem refletida por um espelho plano preso verticalmente na traseira de um ônibus que se afasta com velocidade escalar constante de 36 km/h. Em relação ao garoto e ao ônibus, as velocidades da imagem são, respectivamente:
- 20 m/s e 10 m/s.
 - zero e 10 m/s.
 - 20 m/s e zero.
 - 10 m/s e 20 m/s.
 - 20 m/s e 20 m/s.

10. **UFJF-MG 2019** Na figura abaixo estão representadas a lateral esquerda de um carro, com o seu espelho retrovisor plano, e nove pessoas paradas na calçada, correspondentes aos pontos 1 a 9.



Representação de nove pessoas com possibilidade de serem observadas pelo retrovisor de um automóvel.

O espelho retrovisor representado tem a altura do seu centro coincidindo com a altura dos olhos do motorista, conforme mostra a figura. Nessa situação, o motorista vê as pessoas:

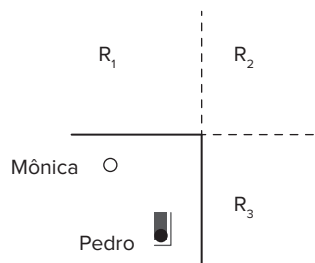
- 1, 4, 5
- 1, 5, 7
- 5, 7, 8
- 1, 9, 3
- 1, 6, 7

11. **IFPE 2018** Um coreógrafo está ensaiando um número de frevo e deseja obter uma filmagem com dezesseis imagens de passistas, porém, ele dispõe de apenas 4 dançarinos. Com dois grandes espelhos planos e os quatro dançarinos entre os espelhos, o coreógrafo consegue a filmagem da forma desejada.

Qual foi o ângulo de associação entre os dois espelhos planos para que o público, ao assistir à gravação, veja 16 passistas em cena?

- a) 45°
- b) 60°
- c) 90°
- d) 30°
- e) 120°

12. **FCMMG 2018** Dois espelhos perpendiculares entre si estão posicionados em paredes verticais de um *shopping*. Mônica move-se entre eles na direção de Pedro, que está sentado num banco, também entre os espelhos, como mostrado na figura, vista do alto.



Pedro observa três imagens da Mônica, através dos espelhos, nas regiões R_1 , R_2 e R_3 . O sentido do movimento de Mônica observado por Pedro na região R_2 é representado pela seta:

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

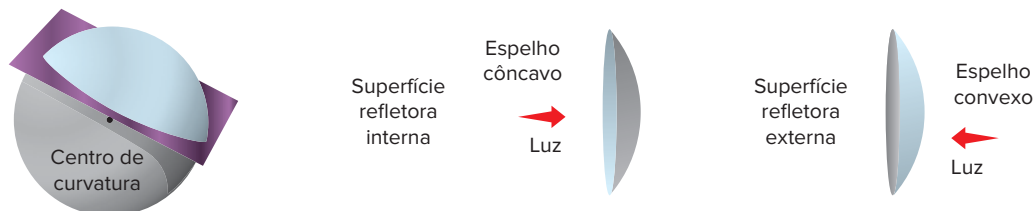
Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 3 • Capítulo 8

- I. Leia as páginas de **284** a **294**.
- II. Faça os exercícios de **1** a **7** da seção "Revisando".
- III. Faça os exercícios propostos **1**, de **3** a **8**, de **11** a **14**, **16**, **18**, **19** e de **24** a **27**.
- IV. Faça os exercícios complementares de **2** a **7**, **10**, **13**, **14**, **18**, **19**, **21**, **22**, de **24** a **26** e **28**.

Espelhos esféricos

- Espelhos esféricos são superfícies esféricas refletoras.
- Podem ser **côncavos** (superfície refletora interna) ou **convexos** (superfície refletora externa).

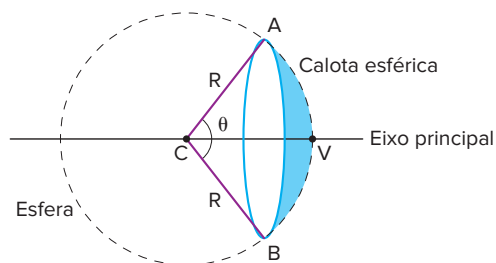


Condições de nitidez

- A **nitidez** é obtida quando é possível conjugar a cada ponto do objeto (fonte pontual) um ponto correspondente da imagem. As condições de nitidez para espelhos esféricos são chamadas de **condições de Gauss** e são:
 - a curvatura do espelho deve ser bem pequena, de forma que, embora a superfície espelhada seja esférica, o espelho tenda a ser um espelho plano;
 - os raios luminosos emitidos pelo objeto sejam paraxiais, ou seja, sejam paralelos entre si e paralelos também ao chamado eixo principal do espelho.

Estudo geométrico

- Os espelhos esféricos apresentam alguns pontos de referência na construção geométrica das imagens: **vértice (V)**, **foco (F)** e **centro de curvatura (C)**, todos contidos na mesma reta que intersecciona o espelho (eixo principal).



Raios notáveis

- Os raios notáveis auxiliam a construção das imagens em espelhos esféricos.

| Espelho côncavo | | Espelho convexo | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <p>1</p> | <p>3</p> | <p>1</p> | <p>3</p> |
| <p>2</p> | <p>4</p> | <p>2</p> | <p>4</p> |

1. Raios incidentes paralelamente ao eixo principal do espelho: refletem-se na direção do foco.
2. Raios incidentes na direção que contém o foco: refletem-se paralelamente ao eixo principal do espelho.
3. Raios luminosos que incidem no vértice do espelho, refletem-se simetricamente ao eixo principal do espelho, tanto nos espelhos côncavos quanto nos convexos.
4. Raios luminosos que incidem alinhados com a direção que contém o centro de curvatura do espelho: refletem-se na mesma direção, apenas invertendo o seu sentido.

- As imagens em espelhos esféricos têm comportamento muito diversificado em comparação às imagens em espelhos planos:
 - **imagens em espelhos planos:** virtuais, direitas, mesmo tamanho do objeto e simétricas em relação ao espelho;
 - **imagens em espelhos esféricos:** podem ser virtuais ou reais, direitas ou invertidas, maiores, menores ou de igual tamanho do objeto e sua distância ao espelho em geral não é simétrica ao objeto, pois dependerá do tipo do espelho (côncavo ou convexo) e da posição do objeto.

Exemplo:

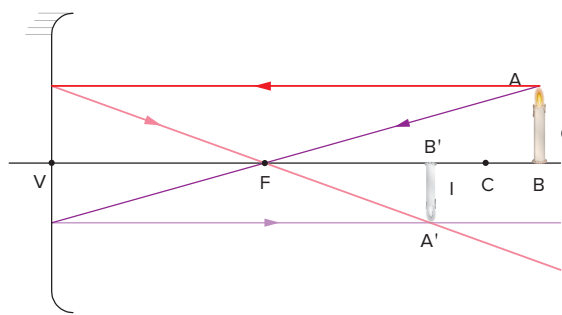


Imagem menor, entre o centro e o foco, invertida e real.

Exercícios de sala

1. **UFF-RJ** Um projeto que se beneficia do clima ensolarado da caatinga nordestina é o fogão solar, que transforma a luz do sol em calor para o preparo de alimentos. Esse fogão é constituído de uma superfície côncava revestida com lâminas espalhadas que refletem a luz do Sol. Depois de refletida, a luz incide na panela, apoiada sobre um suporte a uma distância x do ponto central da superfície.



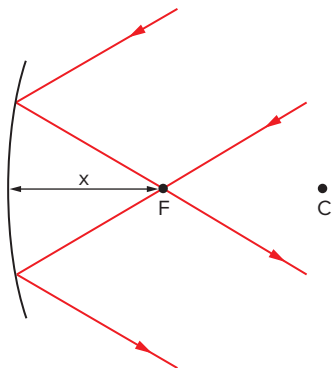
chiakto/Shutterstock.com

Fogão solar – Tajiquistão

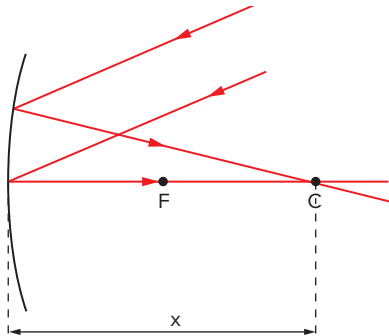
Suponha que a superfície refletora seja um espelho esférico de pequena abertura, com centro de curvatura C e ponto focal F .

Assinale a opção que melhor representa a incidência e a reflexão dos raios solares, assim como a distância x na qual o rendimento do fogão é máximo.

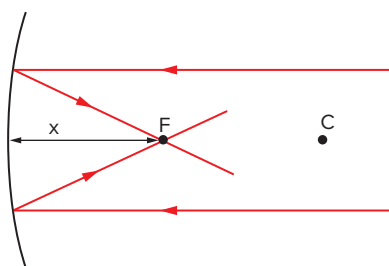
a)



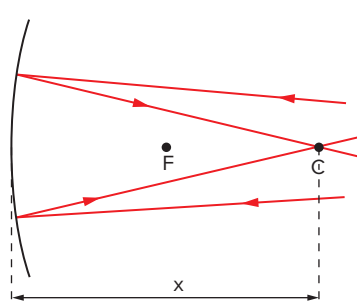
b)



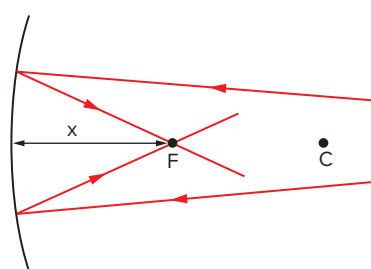
c)



d)



e)



2. **Famerp-SP 2020** No dia 20 de junho de 1969, o ser humano caminhou pela primeira vez na superfície lunar. Em uma das fotos registradas nesse dia pode-se ver uma imagem direita e menor formada pela superfície convexa do visor do capacete do astronauta Edwin Aldrin, que funciona como um espelho.



(www.correiobraziliense.com.br)

Essa imagem é

- a) real e o objeto se encontra além do centro de curvatura do espelho.
 - b) virtual e independe da localização do objeto.
 - c) virtual e o objeto se encontra entre o espelho e seu foco principal.
 - d) real e o objeto se encontra entre o espelho e seu foco principal.
 - e) real e independe da localização do objeto.
3. **UEMG 2019** Ao posicionar a mão à frente de um espelho esférico, Alice verificou a imagem da sua mão conforme a figura a seguir:



Disponível em: https://www.pasco.com/images/products/se/se7573_enlrh_169161.jpg. Acesso: 11 dez. 2018.

O tipo de imagem formada da mão e o espelho utilizado são, respectivamente:

- a) virtual e côncavo.
- b) virtual e convexo.
- c) real e convexo.
- d) real e côncavo.

4. **Mackenzie-SP 2019**



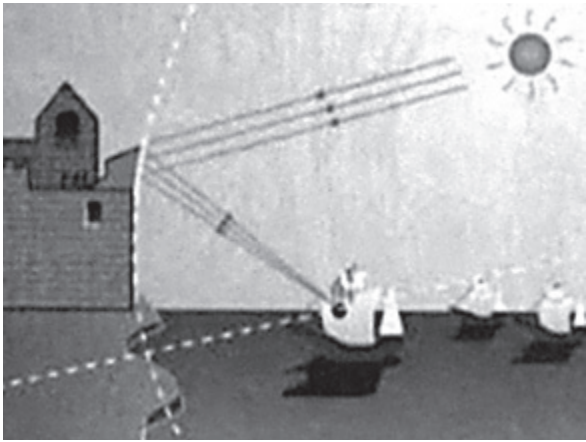
Foto: Matthew Henry

O espelho bucal, utilizado por dentistas, é um instrumento que pode ser feito com um espelho plano ou esférico.

Um dentista, a fim de obter uma imagem ampliada de um dente específico, deve utilizar um espelho bucal

- a) côncavo, sendo colocado a uma distância do dente menor que a distância focal.
- b) côncavo, sendo colocado a uma distância do dente entre o foco e o centro de curvatura.
- c) convexo, sendo colocado a uma distância do dente entre o foco e o centro de curvatura.
- d) plano.
- e) convexo, sendo colocado a uma distância do dente menor que a distância focal.

5. **Mackenzie-SP 2018** Espelho de Arquimedes – O raio da morte!



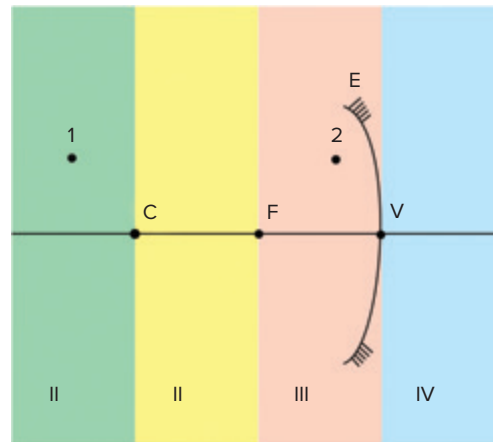
A época era aproximadamente 200 a.C., o local, a cidade-estado de Siracusa, Sicília, nas Grandes Guerras Púnicas. Os contadores da história foram, dentre outros, Tzestes e Luciano de Samosata em sua obra *Hippias*. Eles contaram que já naquela época o “cientista bélico” Arquimedes teria inventado várias armas de guerra, incluindo catapultas, a terrível “Mão de Ferro” (um guindaste que pegava os navios e os levantava), um “Canhão a Vapor” e aquilo que ficou conhecido como o “Raio da Morte” ou “Raio de Calor”.

O “Raio da Morte” era, na realidade, a concentração dos raios de luz, advindos do Sol, refletidos em um sistema formado por inúmeros espelhos, formando o que seria um poderoso espelho esférico côncavo.

Considerando-se ser o eixo principal deste espelho paralelo ao horizonte; a distância do vértice do espelho ao ponto de concentração máxima (ponto de queima) dos raios, d , e altura do ponto de queima ao eixo principal, h , afirma-se corretamente que o raio de curvatura do espelho esférico é fornecido pela expressão

- $\sqrt{h^2 - d^2}$.
- $2\sqrt{h^2 + d^2}$.
- $2\sqrt{d^2 - h^2}$.
- $2\sqrt{h^2 - d^2}$.
- $\sqrt{h^2 - d^2}$.

6. **Uefs-BA 2018** A figura representa um espelho esférico gaussiano (E), seu centro de curvatura (C), seu foco principal (F) e seu vértice (V). A figura também mostra quatro regiões (I, II, III e IV) identificadas por cores diferentes.



Se um objeto pontual for colocado sucessivamente nos pontos 1 e 2, as imagens conjugadas pelo espelho se formarão, respectivamente, nas regiões

- II e IV.
- III e I.
- III e IV.
- II e III.
- II e I.

Guia de estudos

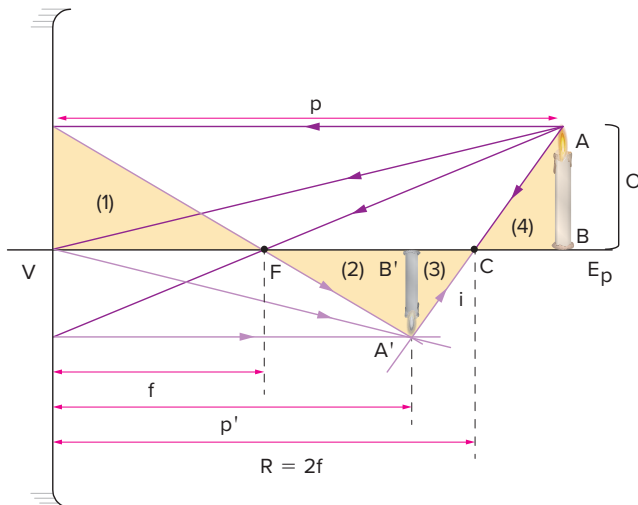
Física • Livro 2 • Frente 3 • Capítulo 8

- Leia as páginas de **294 a 300**.
- Faça o exercício **8** da seção “Revisando”.
- Faça os exercícios propostos de **29 a 31, 35, 36**, de **38 a 40 e 42**.
- Faça os exercícios complementares **30, 32, 33** e de **35 a 41**.

Espelhos esféricos: estudo analítico

Tratamento algébrico

- É possível fazer um tratamento algébrico que permite a obtenção de todas as características das imagens, sem a necessidade de construções geométricas.



- **Abcissas (eixo x):**
 - p: distância do objeto ao espelho;
 - p': distância da imagem ao espelho;
 - f: distância focal do espelho;
 - R: raio de curvatura do espelho.

- **Ordenadas (eixo y):**
 - o: tamanho do objeto;
 - i: tamanho da imagem.

Equações de Gauss

- **Equação dos pontos conjugados:**

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

- **Equação do aumento linear transversal (A):**

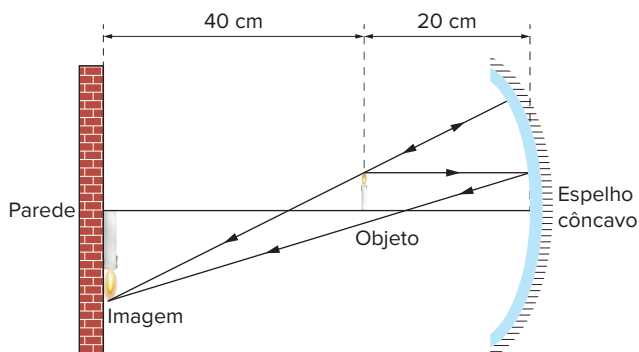
$$A = \frac{i}{o} = -\frac{p'}{p}$$

- De acordo com a escolha do referencial, teremos necessariamente a seguinte adoção de sinais para uso das equações anteriores:

| Elemento | Natureza | Sinal da abscissa |
|----------|----------|-------------------|
| Objeto | Real | $p > 0$ |
| | Virtual | $p < 0$ |
| Imagem | Real | $p' > 0$ |
| | Virtual | $p' < 0$ |
| Espelho | Côncavo | $f > 0$ |
| | Convexo | $f < 0$ |

Exercícios de sala

1. **Famerp-SP 2018** Um objeto luminoso encontra-se a 40 cm de uma parede e a 20 cm de um espelho côncavo, que projeta na parede uma imagem nítida do objeto, como mostra a figura.

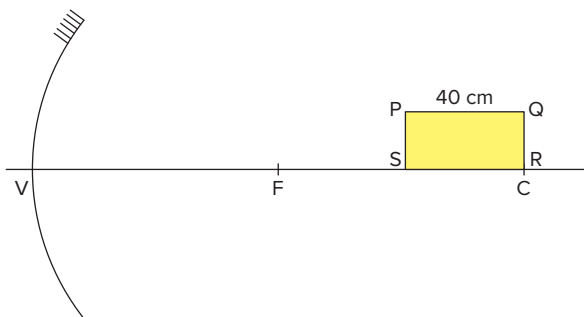


(www.geocities.ws. Adaptado.)

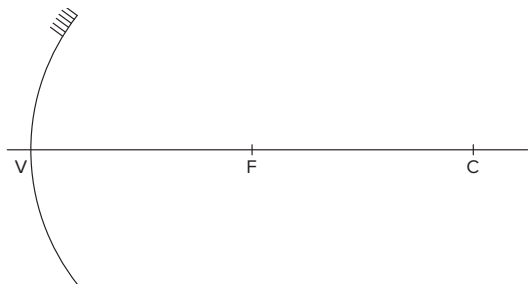
Considerando que o espelho obedece às condições de nitidez de Gauss, a sua distância focal é

- 15 cm.
- 20 cm.
- 30 cm.
- 25 cm.
- 35 cm.

2. **Unesp 2020** Uma placa retangular de espessura desprezível e de vértices PQRS é posicionada, em repouso, sobre o eixo principal de um espelho esférico gaussiano de vértice V, foco principal F e centro de curvatura C, de modo que a posição do vértice R da placa coincida com a posição do ponto C, conforme figura. O raio de curvatura desse espelho mede 160 cm e o comprimento da placa é 40 cm.



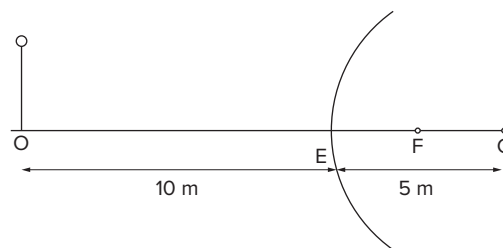
- a) Na figura apresentada a seguir, construa, traçando raios de luz, a imagem P'S' do lado PS dessa placa. Identifique, nessa figura, os pontos P' e S' e classifique essa imagem como real ou virtual, justificando sua resposta.



- b) Calcule, em cm, a distância entre a imagem P'S' do lado PS, e a imagem Q'R', do lado QR.

3. **UFJF-MG 2020** Um carro estacionado tem um espelho retrovisor esférico convexo cujo raio de curvatura é de 5 m. Atrás do carro está um pedestre, a 10 m de distância desse espelho. A figura abaixo mostra o pedestre (no ponto O, representado simplificada apenas com corpo fino e cabeça), o espelho como uma curva (cortando a linha horizontal OC no ponto E), o ponto focal (ponto F) e o centro de curvatura do espelho (ponto C).

- a) Faça um esquema, baseado na figura abaixo, representando também a imagem do pedestre (com corpo e cabeça). Justifique a posição e o tamanho da imagem usando até três raios luminosos relevantes. Descreva quais são as características da imagem (real ou virtual; direita ou invertida; maior, igual ou menor do que o pedestre).

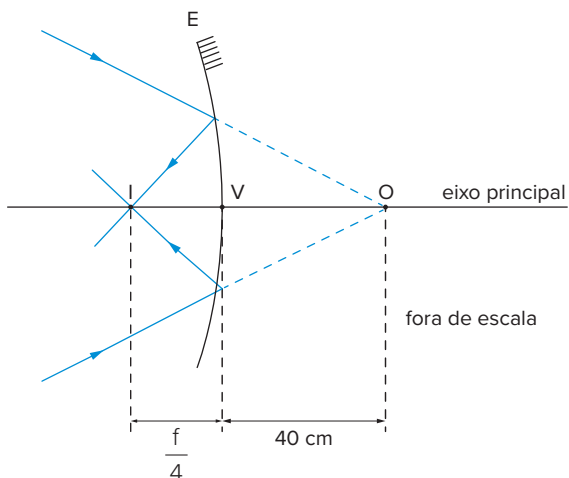


- b) Calcule a que distância desse espelho retrovisor estará a imagem do pedestre.

4. **Uece 2022** Ao montar um experimento óptico em sala de aula, um professor de Física faz uso de um espelho côncavo de distância focal 24 cm. Ao ser questionado pelos alunos se haveria como determinar a razão entre os tamanhos da imagem e do objeto, o professor sugeriu aos alunos que utilizassem como parâmetro a distância entre o objeto e o foco do espelho, cujo valor corresponde a 16 cm. O valor da razão encontrada pelos estudantes corresponde a

- a) $\frac{2}{3}$.
 b) $\frac{3}{2}$.
 c) $\frac{5}{3}$.
 d) $\frac{5}{2}$.

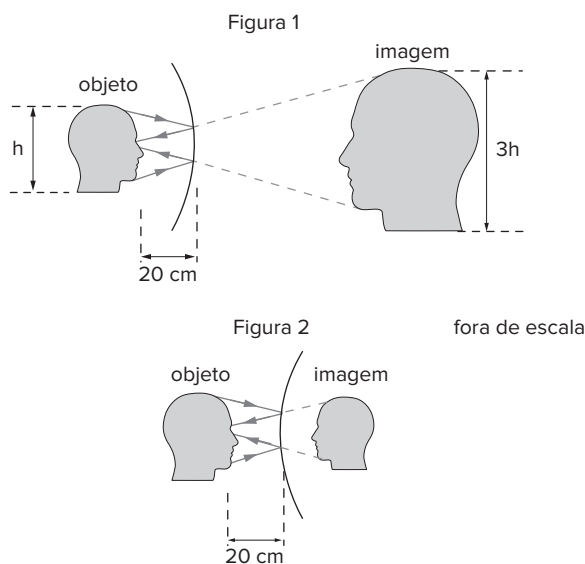
5. **Famema-SP 2017** Na figura, O é um ponto objeto virtual, vértice de um pincel de luz cônico convergente que incide sobre um espelho esférico côncavo E de distância focal f . Depois de refletidos no espelho, os raios desse pincel convergem para o ponto I sobre o eixo principal do espelho, a uma distância $\frac{f}{4}$ de seu vértice.



Considerando válidas as condições de nitidez de Gauss, é correto afirmar que a distância focal desse espelho é igual a

- 150 cm.
- 160 cm.
- 120 cm.
- 180 cm.
- 200 cm.

6. **Famerp-SP 2017** Uma calota esférica é refletora em ambas as faces, constituindo, ao mesmo tempo, um espelho côncavo e um espelho convexo, de mesma distância focal, em módulo. A figura 1 representa uma pessoa diante da face côncava e sua respectiva imagem, e a figura 2 representa a mesma pessoa diante da face convexa e sua respectiva imagem.



- Considerando as informações contidas na figura 1, calcule o módulo da distância focal desses espelhos.
- Na situação da figura 2, calcule o aumento linear transversal produzido pela face convexa da calota.

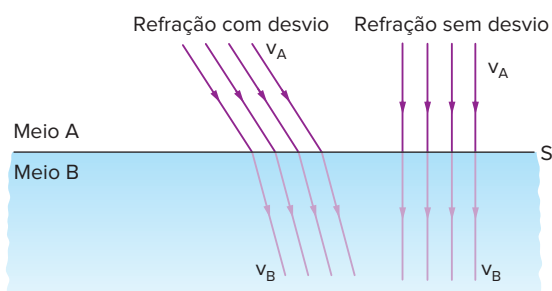
Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 3 • Capítulo 8

- Leia as páginas de **300 a 302**.
- Faça os exercícios **9 e 10** da seção "Revisando".
- Faça os exercícios propostos **43, 45, 46** e de **48 a 52**.
- Faça os exercícios complementares **31**, de **43 a 50 e 55**.

Refração da luz

- A refração da luz ocorre quando há mudança de meio de propagação com alteração de velocidade, podendo também haver desvio da trajetória.
- Graficamente e de forma simplificada, podemos representar esse fenômeno:



Índice de refração

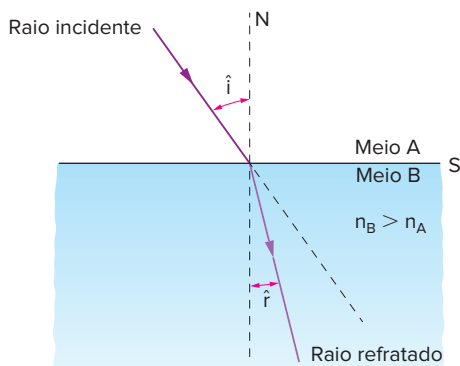
- Os meios são caracterizados opticamente por seu índice de refração (n_{meio}) dado por

$$n_{\text{meio}} = \frac{c}{v_{\text{meio}}}$$

em que c é a velocidade da luz no vácuo e v_{meio} é a velocidade da luz no meio.

- O índice de refração absoluto é uma grandeza adimensional que obedece a relação: $n \geq 1$.
- O índice de refração relativo é a razão entre os índices de refração absolutos de dois meios ópticos quaisquer e pode assumir qualquer valor maior do que zero.

Leis da refração



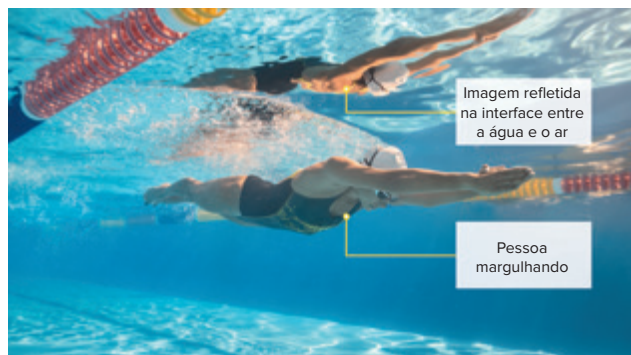
- **1ª lei da refração:** O raio de luz incidente, o raio refratado e a reta normal pertencem ao mesmo plano, ou seja, são coplanares.

- **2ª lei da refração:** $n_1 \cdot \sin \hat{i} = n_2 \cdot \sin \hat{r}$

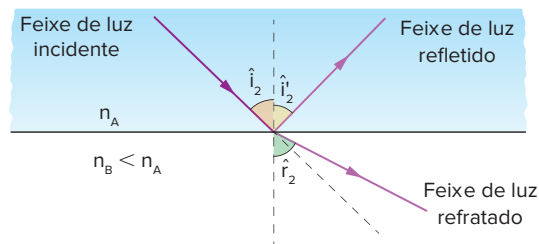
- **Conseqüências:** Quando um raio luminoso se refrata, o que ocorre com sua velocidade (redução ou aumento) acompanha o que ocorre com o ângulo de refração, ou seja:

- quando passa de um meio menos refringente para um mais refringente ($n_1 < n_2$): a velocidade diminui e o ângulo de refração diminui (raio se aproxima da reta normal);
- quando passa de um meio mais refringente para um menos refringente ($n_1 > n_2$): a velocidade aumenta e o ângulo de refração aumenta (raio se afasta da reta normal).

Ângulo limite e reflexão total



- Quando um feixe luminoso, propagando-se no meio mais refringente, atinge a superfície com determinado ângulo, pode haver extinção da refração e reflexão intensa da luz. Se desconsiderarmos a absorção, podemos dizer que há **reflexão total** da luz.



- O ângulo para o qual não ocorre mais refração e a reflexão atinge sua totalidade é chamado de **ângulo limite (\hat{L})** e pode ser calculado por

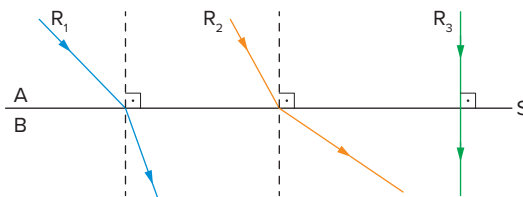
$$\sin \hat{L} = \frac{n_{\text{menor}}}{n_{\text{maior}}}$$

em que n_{menor} e n_{maior} são os índices de refração do meio menos refringente e mais refringente, respectivamente.

Exercícios de sala

1. **EEAR-SP 2019** Considerando as velocidades de propagação da luz em dois meios homogêneos e distintos, respectivamente iguais a 200 000 km/s e 120 000 km/s, determine o índice de refração relativo do primeiro meio em relação ao segundo. Considere a velocidade da luz no vácuo, igual a 300 000 km/s.
- 0,6
 - 1,0
 - 1,6
 - 1,7

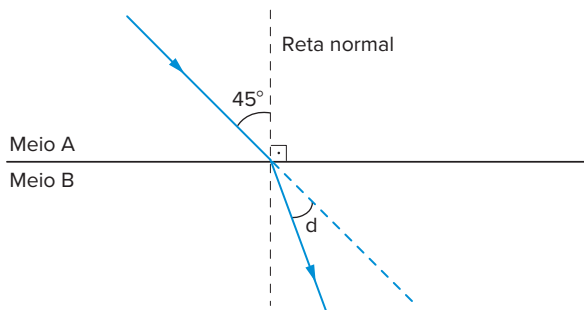
2. **Uefs-BA 2018** Dois meios transparentes, A e B, de índices de refração absolutos n_A e $n_B \neq n_A$, são separados por uma superfície plana S, e três raios monocromáticos, R_1 , R_2 e R_3 , se propagam do meio A para o meio B, conforme a figura.



É correto afirmar que

- o raio R_3 não sofreu refração.
- o raio R_1 é mais rápido no meio B do que no meio A.
- para o raio R_3 , o meio B é mais refringente do que o meio A.
- para o raio R_2 , $\frac{n_B}{n_A} < 1$.
- para o raio R_1 , $n_B \cdot n_A < 0$.

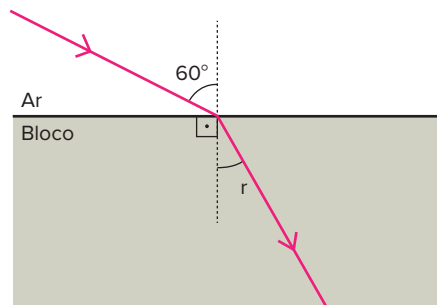
3. **Famema-SP 2018** Um raio de luz monocromático propaga-se por um meio A, que apresenta índice de refração absoluto $n_A = 1$, e passa para outro meio B, de índice de refração $n_B = \sqrt{2}$ conforme figura.



Considere que o raio incidente forma com a normal à superfície o ângulo de 45° . Nessas condições, o ângulo de desvio (d), indicado na figura, é igual a

- a) 60° .
- b) 30° .
- c) 45° .
- d) 15° .
- e) 90° .

4. **Unesp 2022** A figura representa um raio de luz monocromática propagando-se pelo ar ($n = 1$), incidindo na superfície de um bloco feito de material homogêneo e transparente com um ângulo de incidência de 60° e refratando-se com um ângulo de refração r .

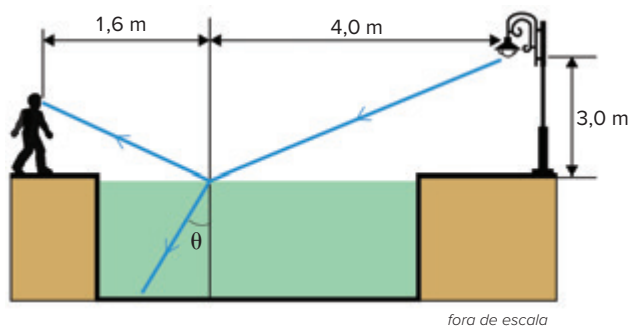


| | | | | | | |
|-----------------|----------------------|----------------------|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| r | $25,6^\circ$ | $29,3^\circ$ | $30,0^\circ$ | $35,3^\circ$ | $45,0^\circ$ | $60,0^\circ$ |
| $\text{sen}(r)$ | $\frac{\sqrt{3}}{4}$ | $\frac{\sqrt{6}}{5}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{3}$ | $\frac{\sqrt{2}}{2}$ | $\frac{\sqrt{3}}{2}$ |

Sabendo que o ângulo limite de incidência para refração da luz desse bloco para o ar é de 30° e considerando os valores indicados na tabela, o valor de r , quando o ângulo de incidência no ar for 60° , é

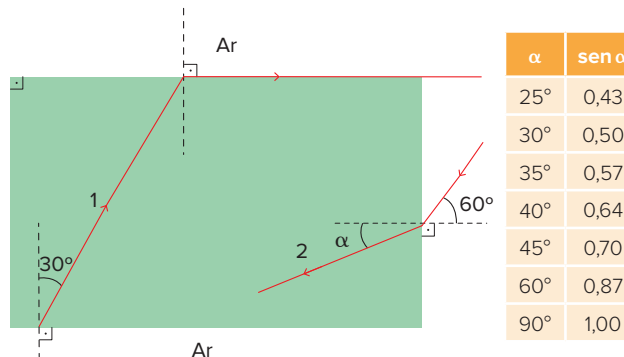
- a) $25,6^\circ$
- b) $29,3^\circ$
- c) $30,0^\circ$
- d) $35,3^\circ$
- e) $45,0^\circ$

5. **FCMSCSP 2021** A figura mostra um feixe de luz, monocromático e paralelo, que parte de uma lâmpada e incide na superfície da água de uma piscina, sofrendo reflexão e refração.



- a) O feixe refletido chega aos olhos de uma criança em pé, ao lado da piscina. Com base nas dimensões mostradas na figura, calcule, em metros, a altura dos olhos da criança em relação à superfície da água da piscina.
- b) O feixe refratado forma um ângulo θ com a reta normal no ponto de incidência. Sabendo que os índices de refração absolutos do ar e da água valem, respectivamente, 1,0 e 1,3, calcule o valor aproximado do seno do ângulo θ .

6. **FICSAE-SP 2021** Dois raios de luz monocromática e de mesma cor, 1 e 2, atravessam um bloco transparente, imerso no ar, com a forma de um paralelepípedo reto-retângulo, conforme a figura.



Considerando os valores apresentados na tabela e sabendo que o índice de refração absoluto do ar é $n_{\text{ar}} = 1$, a medida do ângulo α indicado na figura é, aproximadamente,

- a) 25°.
b) 35°.
c) 45°.
d) 30°.
e) 40°.

Guia de estudos

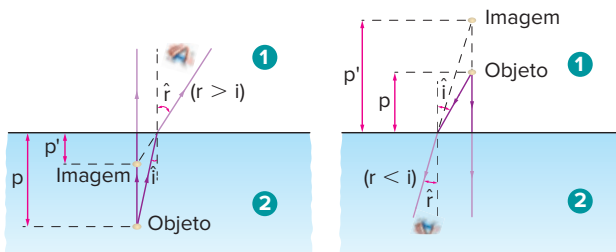
Física • Livro 2 • Frente 3 • Capítulo 9

- I. Leia as páginas de **326 a 329**.
- II. Faça os exercícios **1 e 2** da seção "Revisando".
- III. Faça os exercícios propostos **1**, de **3 a 5**, de **8 a 10** e de **12 a 14**.
- IV. Faça os exercícios complementares **1, 3, 4, 8** e de **10 a 13**.

Dioptro plano, lâmina de faces paralelas e prisma óptico

Dioptrios planos

- **Dioptrios planos** são sistemas formados por dois meios opticamente distintos separados por uma interface plana.
- Em razão da refração da luz, para pequenos ângulos as imagens observadas dos objetos inseridos em um dos meios aparenta estar a distâncias diferentes das verdadeiras em relação à superfície de separação.



O meio 1 é menos refringente do que o meio 2 ($n_1 < n_2$).

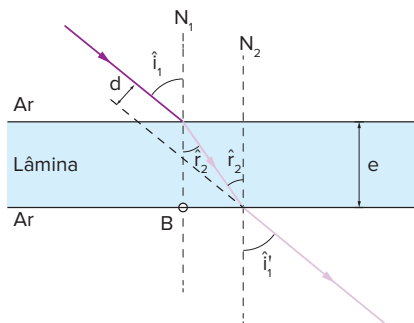
- Essa relação pode ser calculada aproximadamente por

$$\frac{p'}{p} = \frac{n_{\text{obs}}}{n_{\text{obj}}}$$

em que p é a posição do objeto, p' é a posição da imagem (também chamada de **posição aparente**), n_{obs} é o índice de refração do meio onde está o observador e n_{obj} é o índice de refração onde está o objeto.

Lâmina de faces paralelas

- **Lâmina de faces paralelas** são sistemas formados por dois dioptrios planos cujas interfaces são paralelas entre si.
- Graficamente, esse fenômeno é representado da seguinte forma:



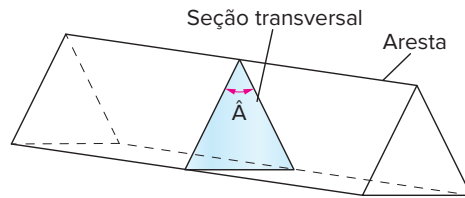
- Como as superfícies são paralelas, o raio de luz que atravessa a lâmina apresenta apenas um desvio lateral (d), que pode ser calculado por

$$d = \frac{\text{sen}(\hat{i}_1 - \hat{r}_2)}{\text{cos} \hat{r}_2} \cdot e$$

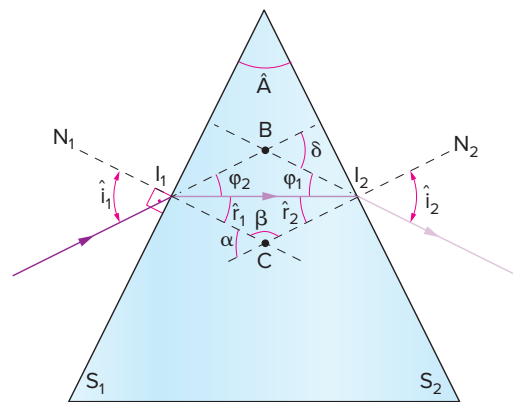
em que \hat{i}_1 é o ângulo de incidência, \hat{r}_2 é o ângulo de refração e e é a espessura da lâmina.

Prismas ópticos

- **Prismas ópticos** são sistemas formados por dioptrios planos cujas interfaces se cruzam. O esquema a seguir representa um prisma de seção reta triangular:



Prisma de seção triangular.



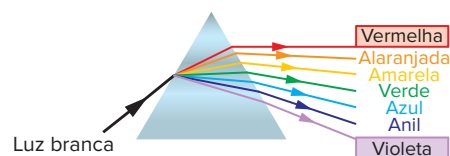
Vista lateral.

- A trajetória do raio de luz ao atravessar o prisma pode ser obtida mediante a aplicação da lei de Snell-Descartes a cada refração e ao uso das equações do prisma

$$A = r_1 + r_2 \text{ e } \delta = i_1 + i_2 - A$$

em que \hat{A} é o ângulo de abertura, δ é o desvio total e \hat{r}_1 , \hat{r}_2 , \hat{i}_1 e \hat{i}_2 são os ângulos indicados na figura anterior.

- Quando um feixe de luz policromático incide em uma das superfícies laterais do prisma, como os índices de refração do prisma para cada cor são diferentes entre si, haverá dispersão ou separação dessas cores.



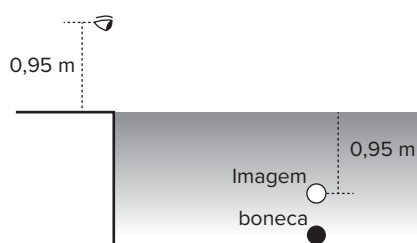
O menor desvio apresentado por um raio de luz que atravessa o prisma ocorre quando $i_1 = i_2 = i$ e $r_1 = r_2 = r$. As equações do prisma, nesse caso, se tornam:

$$A = 2r \text{ e } \delta = 2i - A$$

Exercícios de sala

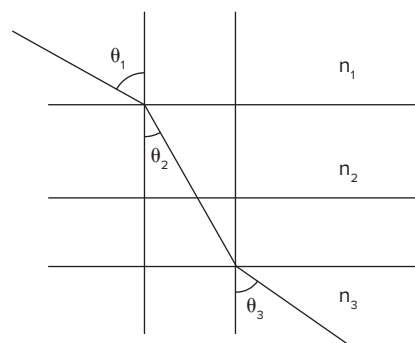
1. **Efomm-RJ 2021** Ana Clara está brincando à beira de uma piscina cheia de água, quando acidentalmente sua boneca cai na piscina, a uma distância horizontal de 1,9 m da borda, e afunda. Embora Ana Clara seja uma menina muito inteligente, ela ainda não teve aulas de Física e desconhece as leis da refração da luz. Por essa razão, ela estima que sua boneca está a 0,95 m de profundidade. Sabe-se que Ana Clara está exatamente na borda da piscina, conforme figura abaixo, e que a distância vertical entre seus olhos e a superfície da água é de 0,95 m. Então, pode-se afirmar que a real profundidade da piscina, em metros, é de aproximadamente:

► **Note e adote:** índice de refração do ar: 1,0; índice de refração da água: 1,33; $\sin 32^\circ = 0,53$; $\cos 32^\circ = 0,85$.



- a) 0,95
- b) 1,15
- c) 1,30
- d) 1,40
- e) 1,50

2. **Udesc 2017** Na figura a seguir, um raio de luz vindo de um meio material (1), de índice de refração n_1 , incide na interface que o separa do meio material (2), de índice de refração n_2 . A seguir, o raio refratado incide na interface que separa os meios materiais (2) e (3), sendo n_3 o índice de refração do meio material (3).



Analise as proposições em relação à óptica geométrica.

- I. Se $n_1 = n_3$ então $\theta_1 = \theta_3$
- II. Se $n_1 > n_2$ então $\theta_1 > \theta_2$
- III. Se $n_2 > n_3$ então $\theta_2 > \theta_3$
- IV. Se $n_1 > n_2$ então $\theta_1 < \theta_2$
- V. Se $n_1 > n_3$ então $\theta_1 > \theta_3$

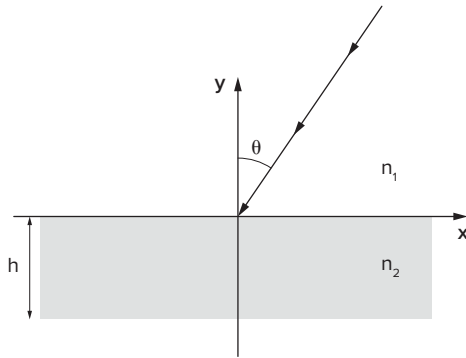
Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas II e V são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas III e V são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.

3. **UPE 2018** Em 1968, o físico russo Victor Veselago chamou a atenção para o fato de que nenhum princípio fundamental proíbe a existência de materiais com índice de refração negativo. [...] O fenômeno mais interessante previsto por Veselago aconteceria na interface entre um meio com índice de refração negativo e outro com índice positivo. Um raio de luz que incidisse sobre a fronteira entre os dois meios seria refratado para o lado “errado” da linha normal. Usando a lei de Snell, ao invés de cruzar essa linha, como ocorre quando ambos os meios têm índices de refração positivos, o raio permaneceria sempre do mesmo lado da normal.

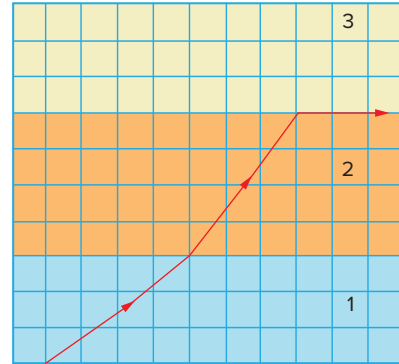
Fonte: http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/material_didatico/2011/refracao_negativa/refracao_negativa.html, acessado e adaptado em: 11 de julho de 2017.

Considere uma radiação monocromática que se propaga de um meio com índice de refração positivo, $n_1 = 1,0$, para um meio com índice de refração negativo, $n_2 = -(3)^2$, de espessura igual a $h = 1,0$ mm. Se o raio incidente forma um ângulo $\theta = 30^\circ$, segundo ilustra a figura, determine a coordenada x do ponto de onde o feixe emerge do meio 2.



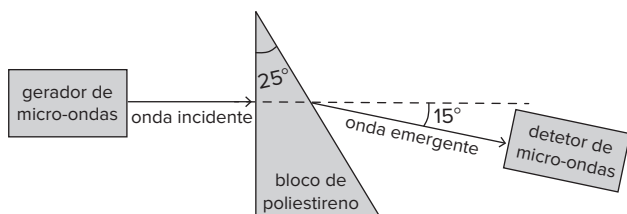
- 1,7
- 0,5
- 0,0
- 0,5
- 1,7

4. **Unifesp 2021** Três blocos em formato de paralelepípedo retângulo, numerados de 1 a 3, são empilhados conforme mostra a figura. Os blocos são feitos de substâncias transparentes, de índices de refração absolutos n_1 , n_2 e n_3 , respectivamente. A figura mostra uma visão lateral desse empilhamento, uma malha quadriculada para referência e a trajetória de um raio de luz monocromática que segue paralela ao plano das faces exibidas.



- Sabendo que o índice de refração absoluto do meio 1 vale 1,5 e que a velocidade de propagação da luz no vácuo é $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, determine a velocidade da luz no meio 1 e o índice de refração do meio 2.
- Observando o comportamento do raio de luz que, a partir do meio 2, dirige-se ao meio 3, responda se o meio 3 é mais refringente ou menos refringente que o meio 2 e, em seguida, determine o valor do índice de refração relativo do meio 3 em relação ao meio 2, $\frac{n_3}{n_2}$.

5. **Fuvest-SP 2017** Em uma aula de laboratório de Física, utilizando-se o arranjo experimental esquematizado na figura, foi medido o índice de refração de um material sintético chamado poliestireno. Nessa experiência, radiação eletromagnética, proveniente de um gerador de micro-ondas, propaga-se no ar e incide perpendicularmente em um dos lados de um bloco de poliestireno, cuja seção reta é um triângulo retângulo, que tem um dos ângulos medindo 25° , conforme a figura. Um detector de micro-ondas indica que a radiação eletromagnética sai do bloco propagando-se no ar em uma direção que forma um ângulo de 15° com a de incidência.



A partir desse resultado, conclui-se que o índice de refração do poliestireno em relação ao ar para essa micro-onda é, aproximadamente,

► **Note e adote:**

- índice de refração do ar: 1,0
- $\text{sen } 15^\circ \cong 0,3$
- $\text{sen } 25^\circ \cong 0,4$
- $\text{sen } 40^\circ \cong 0,6$

- a) 1,3.
b) 1,5.
c) 1,7.
d) 2,0.
e) 2,2.

6. **UEPG-PR 2018** Um raio de luz incide com um ângulo de 45° com a normal à face de prisma cuja seção principal é um triângulo equilátero. Considerando que o meio onde o prisma se encontra é o ar e que o desvio do raio de luz ao atravessar o prisma corresponde ao valor mínimo, assinale o que for correto.

- 01 O ângulo, em relação à normal, com que o raio emerge do prisma é 60° .
02 O desvio sofrido pelo raio de luz ao atravessar o prisma é 30° .
04 O índice de refração do prisma vale $\sqrt{2}$.
08 O ângulo de refração do raio de luz na primeira face do prisma é 15° .
16 O ângulo de refração do prisma é 30° .

Soma:

Guia de estudos

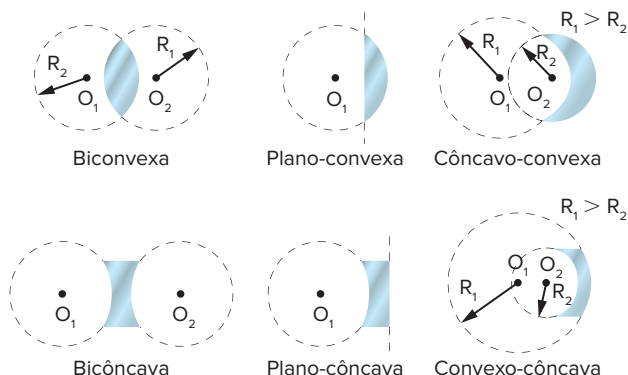
Física • Livro 2 • Frente 3 • Capítulo 9

- I. Leia as páginas de **329 a 334**.
II. Faça os exercícios de **3 a 6** da seção "Revisando".
III. Faça os exercícios propostos **15, 16**, de **18 a 22** e **25**.
IV. Faça os exercícios complementares de **15 a 18, 20, 22, 25** e **26**.

Lentes esféricas delgadas

Lentes delgadas

- Lentes esféricas são sistemas formados por dois diop-
tros, sendo pelo menos um deles esférico.



- As superfícies das lentes podem ser planas, esféricas
côncavas ou esféricas convexas. O nome da lente
correspondente à regra

Nome da lente:

nome da face de maior raio-nome da face de menor raio.

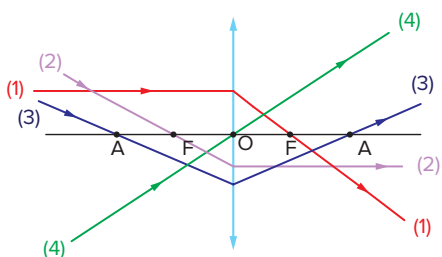
em que a face plana é considerada como tendo raio infinito.

- Em razão de seu formato, as lentes podem apresentar
bordas finas ou grossas.
- De acordo com seu comportamento óptico, as lentes
podem ser convergentes ou divergentes.
- O comportamento óptico da lente está associado prin-
cipalmente à relação entre os índices de refração do
material que a compõe e ao índice de refração do meio
circundante. Assim, temos:

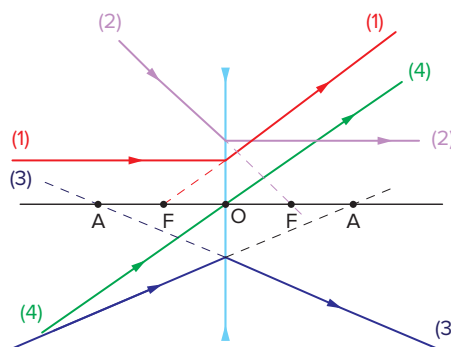
| Lentes | Bordas finas | Bordas grossas |
|--------------------------------------|--------------|----------------|
| $n_{\text{lente}} > n_{\text{meio}}$ | Convergente | Divergente |
| $n_{\text{lente}} < n_{\text{meio}}$ | Divergente | Convergente |

Raios notáveis

- Os raios notáveis auxiliam a construção geométrica
para a obtenção das imagens formadas pelas lentes.



Raios notáveis em lentes convergentes.

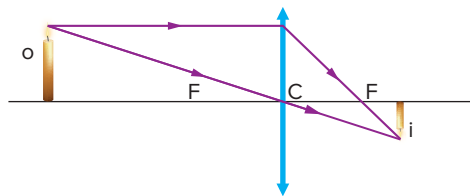


Raios notáveis em lentes divergentes.

- Raios incidentes paralelamente ao eixo principal da
lente: refratam-se na direção do foco.
- Raios incidentes na direção que contém o foco: refratam-se
paralelamente ao eixo principal da lente.
- Raios luminosos que incidem alinhados com o antiprincipal
objeto: refratam-se alinhados com o antiprincipal imagem.
- Raios luminosos que incidem no centro óptico da lente:
mantêm sua direção refratando-se sem desvio.

Formação de imagens

- A partir da utilização de ao menos dois raios notáveis,
podemos construir as imagens formadas pelas lentes
e identificar as seguintes características: tamanho, po-
sição, orientação e natureza. Exemplo:



- Características da imagem:
 - tamanho: menor que o objeto;
 - posição: entre o foco e o antiprincipal;
 - orientação: invertida em relação ao objeto;
 - natureza: real.
- Tamanho:** As imagens formadas por lentes podem ser
menores, iguais ou maiores do que o objeto em tama-
nho, dependendo da lente e da posição inicial do objeto.
- Posição:** As imagens podem formar-se mais próximas
ou mais afastadas das lentes, dependendo da lente e
da posição inicial do objeto em relação a ela.
- Orientação:** As imagens formadas pelas lentes podem
ser direitas ou invertidas, dependendo da lente e da
posição do objeto.
- Natureza:** As imagens formadas pelas lentes podem
ser reais ou virtuais, no caso de lentes convergentes,
mas sempre virtuais, no caso das lentes divergentes.

Exercícios de sala

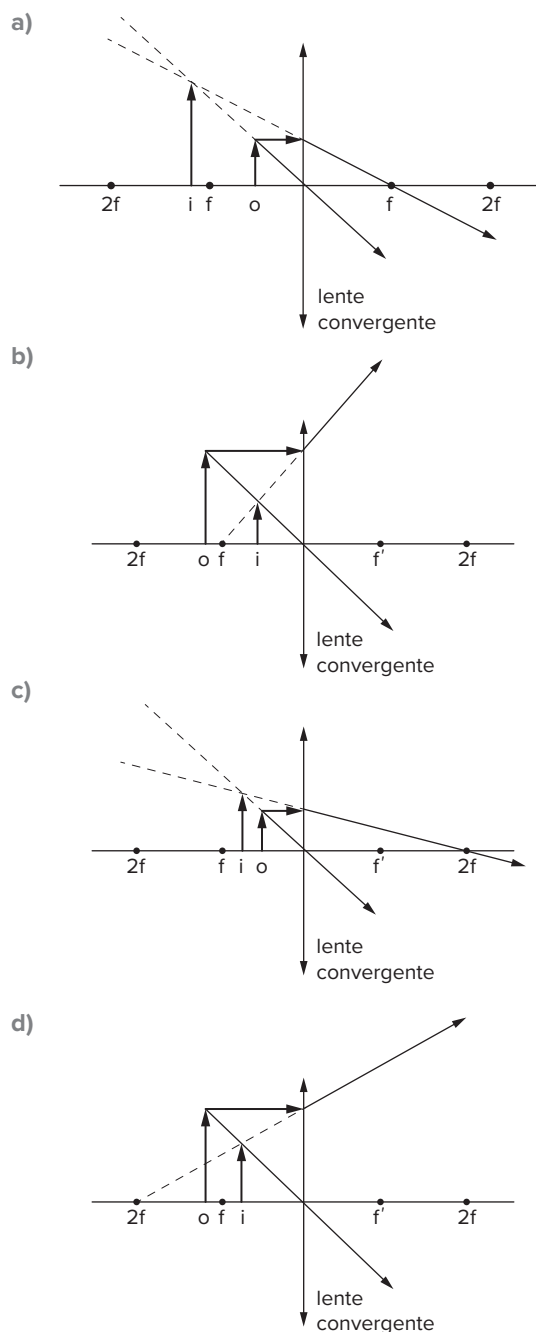
1. **Enem Libras 2017** Um experimento bastante interessante no ensino de Ciências da Natureza constitui em escrever palavras em tamanho bem pequeno, quase ilegíveis a olho nu, em um pedaço de papel e cobri-lo com uma régua de material transparente. Em seguida, pinga-se uma gota-d'água sobre a régua na região da palavra, conforme mostrado na figura, que apresenta o resultado do experimento. A gota adquire o formato de uma lente e permite ler a palavra de modo mais fácil em razão do efeito de ampliação.



Qual é o tipo de lente formada pela gota-d'água no experimento descrito?

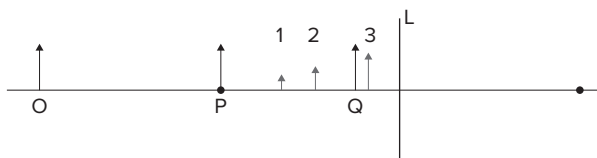
- Biconvexa.
 - Bicôncava.
 - Plano-convexa.
 - Plano-côncava.
 - Convexa-côncava.
2. **Uece 2019** Dentre muitas aplicações, a energia solar pode ser aproveitada para aquecimento de água. Suponha que para isso seja utilizada uma lente delgada para concentrar os raios solares em um dado ponto que se pretende aquecer. Assuma que os raios incidentes sejam paralelos ao eixo principal. Um tipo de lente que pode ser usada para essa finalidade é a lente
- divergente e o ponto de aquecimento fica no foco.
 - convergente e o ponto de aquecimento fica no vértice.
 - convergente e o ponto de aquecimento fica no foco.
 - divergente e o ponto de aquecimento fica no vértice.

3. **Unicamp-SP 2020** A lupa é um instrumento óptico simples formado por uma única lente convergente. Ela é usada desde a Antiguidade para observar pequenos objetos e detalhes de superfícies. A imagem formada pela lupa é direta e virtual. Qual figura abaixo representa corretamente o traçado dos raios luminosos principais provenientes de um determinado ponto de um objeto observado por uma lupa? Nessas figuras, (f) e (f') representam os pontos focais, (o) o objeto e (i) a imagem.



4. **IFSul-RS 2018** Um objeto está localizado a 50,00 cm de uma lente convergente, cuja distância focal é de 15,00 cm. Com relação à imagem formada pela lente, é correto afirmar que é
- virtual, direita e maior que o objeto.
 - real, invertida e menor que o objeto.
 - virtual, invertida e menor que o objeto.
 - real, invertida e maior que o objeto.

5. **UFRGS 2020** Na figura abaixo, O, P e Q representam três diferentes posições de um objeto real, e L é uma lente, imersa no ar, cuja distância focal coincide com a distância da posição P à lente. As setas 1, 2 e 3 representam imagens do objeto, formadas pela lente.



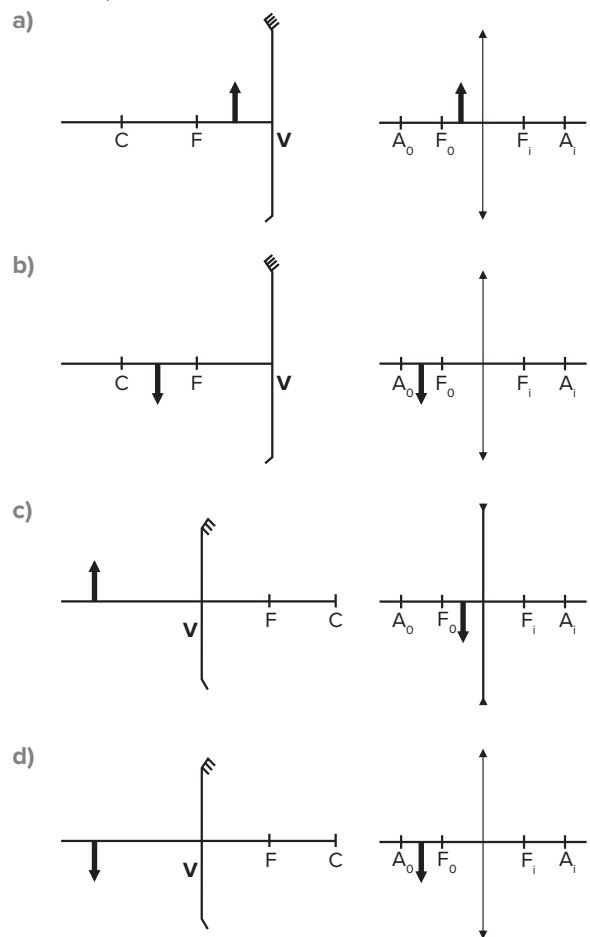
Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

A lente L é _____, e as imagens do objeto quando colocado nas posições O, P e Q são, respectivamente, _____.

- convergente – 1, 2 e 3
- divergente – 1, 2 e 3
- convergente – 2, 3 e 1
- divergente – 3, 2 e 1
- convergente – 3, 2 e 1

6. **FICSAE-SP 2016** Uma estudante de medicina, dispo-ndo de espelhos esféricos gaussianos, um côncavo e outro convexo, e lentes esféricas de bordos finos e de bordos espessos, deseja obter, da tela de seu celular, que exibe a bula de um determinado medicamento, e aqui representada por uma seta, uma imagem ampliada e que possa ser projetada na parede de seu quarto, para que ela possa fazer a leitura de maneira mais confortável.

Assinale a alternativa que corresponde à formação dessa imagem, através do uso de um espelho e uma lente, separadamente.



Guia de estudos

Física • Livro 2 • Frente 3 • Capítulo 9

- Leia as páginas de **334 a 340**.
- Leia as páginas de **334 a 340**.
- Faça os exercícios propostos de **29 a 33, 35, 38, 40 e 41**.
- Faça os exercícios complementares de **28 a 31, 35, 37 e de 39 a 41**.

Força de atrito

Trata-se da força de oposição ao movimento trocada entre duas superfícies.

- **Atrito estático:** não há movimento relativo entre os corpos.

$$0 \leq F_{at,e} \leq F_{at,e,máx}$$

e

$$F_{at,e,máx} = \mu_e \cdot N$$

Nas equações acima:

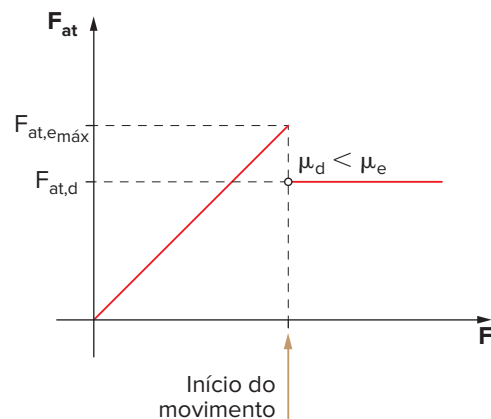
- $F_{at,e}$ corresponde à força de atrito estático entre as superfícies.
 - $F_{at,e,máx}$ é a força de atrito estático máxima entre as superfícies.
 - μ_e corresponde ao coeficiente de atrito estático entre as superfícies.
 - N é a força normal entre as superfícies.
- **Atrito dinâmico:** há movimento relativo entre os corpos.

$$F_{at,d} = \mu_d \cdot N$$

Nessa equação:

- $F_{at,d}$ corresponde à força de atrito dinâmico entre as superfícies.
- μ_d corresponde ao coeficiente de atrito dinâmico entre as superfícies.
- N é a força normal entre as superfícies.

- Gráfico da força de atrito (F_{at}) em função da força horizontal (F) aplicada sobre um corpo apoiado em um plano horizontal:



- **Resistência dos fluidos:** força de oposição ao movimento que um corpo recebe de um fluido. Para a resistência do ar:

$$F_{ar} = k \cdot v^2$$

Na equação:

- F_{ar} é a força de resistência do ar.
- k é a constante que depende da densidade do ar, da área do corpo e da forma que o corpo tem.
- v é a velocidade do corpo.

Velocidade limite de um corpo sujeito ao peso e à resistência do ar:

$$v_{lim} = \sqrt{\frac{m \cdot g}{k}}$$

Exercícios de sala

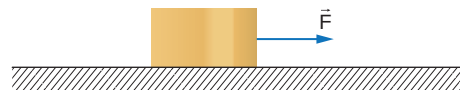
Considere quando necessário $g = 10 \text{ m/s}^2$.

1. **FCMSCSP 2022** Um caminhão percorria uma estrada retilínea, plana e horizontal com velocidade escalar constante de 20 m/s . Em dado instante, o motorista acionou os freios, imprimindo ao caminhão uma aceleração constante de $2,0 \text{ m/s}^2$ e com sentido contrário ao da velocidade
 - a) Calcule o intervalo de tempo, em segundos, e a distância percorrida por esse caminhão, em metros, entre o instante em que o motorista acionou os freios e o instante em que o caminhão parou.
 - b) Esse caminhão transportava um bloco de massa 500 kg , que estava apenas apoiado em sua carroceria. Sabendo que o bloco não deslizou pela carroceria do caminhão durante a frenagem e considerando a aceleração gravitacional igual a 10 m/s^2 , calcule, em newtons, a intensidade da força de atrito que atuou sobre o bloco durante a frenagem e o valor mínimo do coeficiente de atrito estático entre as superfícies do bloco e da carroceria do caminhão.

2. **Unicamp-SP** O sistema de freios ABS (do alemão “*Antiblockier-Bremssystem*”) impede o travamento das rodas do veículo, de forma que elas não deslizem no chão, o que leva a um menor desgaste do pneu. Não havendo deslizamento, a distância percorrida pelo veículo até a parada completa é reduzida, pois a força de atrito aplicada pelo chão nas rodas é estática, e seu valor máximo é sempre maior que a força de atrito cinético. O coeficiente de atrito estático entre os pneus e a pista é $\mu_e = 0,80$ e o cinético vale $\mu_c = 0,60$. Sendo $g = 10 \text{ m/s}^2$ e a massa do carro $m = 1200 \text{ kg}$, o módulo da força de atrito estático máxima e a da força de atrito cinético são, respectivamente, iguais a:

- a) 1200 N e 12000 N.
- b) 12000 N e 120 N.
- c) 20000 N e 15000 N.
- d) 9600 N e 7200 N.

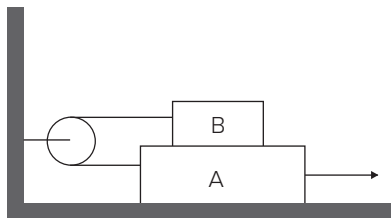
3. Na figura, um bloco de massa 10 kg repousa sobre uma superfície plana horizontal. Os coeficientes de atrito estático e dinâmico entre as superfícies do plano e do corpo são iguais, respectivamente, a 0,30 e 0,25. Aplica-se ao bloco uma força \vec{F} horizontal.



Determine o módulo da força de atrito entre o bloco e a superfície e o valor da aceleração do bloco nos seguintes casos:

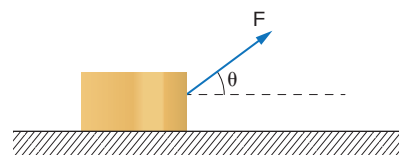
- a) $F = 20 \text{ N}$
- b) $F = 30 \text{ N}$
- c) $F = 40 \text{ N}$
- d) $F = 50 \text{ N}$

4. **UFPR 2015** Um bloco B de massa 400 g está apoiado sobre um bloco A de massa 800 g, o qual está sobre uma superfície horizontal. Os dois blocos estão unidos por uma corda inextensível e sem massa, que passa por uma polia presa na parede, conforme ilustra a figura. O coeficiente de atrito cinético entre os dois blocos e entre o bloco A e a superfície horizontal é o mesmo e vale 0,35. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s^2 e desprezando a massa da polia, assinale a alternativa correta para o módulo da força \vec{F} necessária para que os dois blocos se movam com velocidade constante.



- a) 1,4 N.
- b) 4,2 N.
- c) 7,0 N.
- d) 8,5 N.
- e) 9,3 N.

5. Um corpo de massa 4 kg repousa sobre uma superfície plana horizontal com a qual tem coeficiente de atrito dinâmico igual a 0,5. É aplicada sobre o corpo uma força \vec{F} , de módulo 20 N, que forma com a horizontal um ângulo θ , conforme a figura.

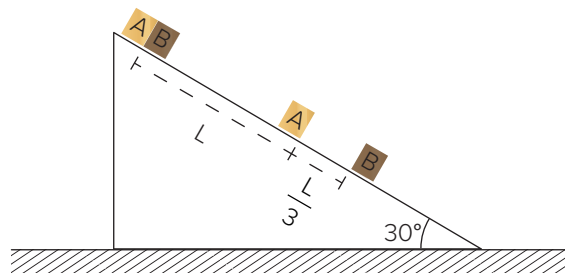


Sabendo que $\cos \theta = 0,8$:

- a) represente as forças que agem no corpo.
- b) determine o módulo, a direção e o sentido da força de atrito sobre o corpo.
- c) determine o módulo, a direção e o sentido da aceleração do corpo.

6. **FMJ-SP 2021** Uma pessoa desceu uma ladeira, inclinada de um ângulo 30° em relação à horizontal, em um carrinho de rolimã, com aceleração média de $1,5 \text{ m/s}^2$. Considere que a aceleração gravitacional fosse 10 m/s^2 , que a massa do conjunto pessoa e carrinho fosse 60 kg , que $\sin 30^\circ = 0,50$ e que $\cos 30^\circ = 0,87$. Se, durante a descida, o conjunto foi impulsionado apenas pelo próprio peso, a intensidade média da resultante das forças de resistência que atuaram sobre o conjunto foi de
- 300 N.
 - 210 N.
 - 520 N.
 - 390 N.
 - 90 N.

7. **AFA-SP 2022** Dois blocos, A e B, de dimensões desprezíveis são abandonados, partindo do repouso, do topo de um plano inclinado de 30° em relação à horizontal; percorrendo, depois de um mesmo intervalo de tempo, as distâncias indicadas conforme ilustra a figura seguinte.

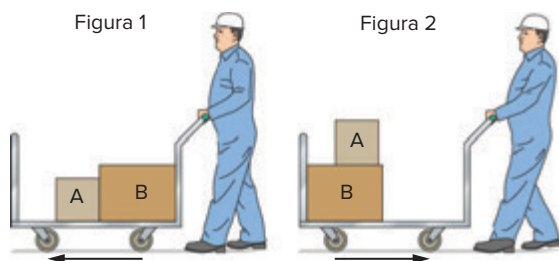


Sejam μ_A e μ_B , os coeficientes de atrito cinético entre a superfície do plano inclinado e os blocos A e B, respectivamente. Considerando $\mu_A = 2\mu_B$, então μ_B vale

- **Dados:** quando necessário, utilize:
- aceleração da gravidade: $g = 10 \text{ m/s}^2$
 - $\cos 30^\circ = \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$
 - $\cos 60^\circ = \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$

- $\frac{\sqrt{3}}{15}$
- $\frac{1}{5}$
- $\frac{\sqrt{3}}{5}$
- $\frac{3}{4}$

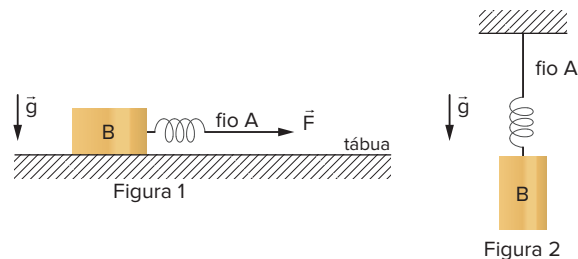
8. **FICSAE-SP 2020** As figuras mostram um trabalhador transportando duas caixas, A e B, de massas $m_A = 30 \text{ kg}$ e $m_B = 40 \text{ kg}$, sobre um carrinho de massa 10 kg , em linha reta. Na situação representada na figura 1, ele está empurrando o carrinho para frente com uma força horizontal constante de intensidade 20 N . Na situação representada na figura 2, ele está puxando o carrinho para trás, com uma força horizontal e constante.



Desprezando a resistência do ar e o atrito entre o carrinho e o solo, calcule:

- o módulo da força, em N, aplicada pela caixa B sobre a caixa A, na situação da figura 1.
- o módulo da maior aceleração, em m/s^2 , com que o conjunto carrinho-caixas pode se mover na situação da figura 2, considerando que não haja movimento relativo entre as caixas A e B, que o coeficiente de atrito estático entre ambas seja igual a $0,6$ e que $g = 10 \text{ m/s}^2$.

9. **Unesp** As figuras 1 e 2 representam dois esquemas experimentais utilizados para a determinação do coeficiente de atrito estático entre um bloco B e uma tábua plana, horizontal.



No esquema da figura 1, um aluno exerceu uma força horizontal \vec{F} no fio A e mediu o valor $2,0 \text{ cm}$ para a deformação da mola, quando a força \vec{F} atingiu seu máximo valor possível, imediatamente antes que o bloco B se movesse. Para determinar a massa do bloco B, este foi suspenso verticalmente, com o fio A fixo no teto, conforme indicado na figura 2, e o aluno mediu a deformação da mola igual a $10,0 \text{ cm}$, quando o sistema estava em equilíbrio. Nas condições descritas, desprezando a resistência do ar, o coeficiente de atrito entre o bloco e a tábua vale:

- 0,1
- 0,2
- 0,3
- 0,4
- 0,5

10. Uece 2020 Em um campeonato de futebol, como o Brasileiro, de 2019, bolas são chutadas e arremessadas milhares de vezes, quase todas como lançamentos oblíquos ou variações mais elaboradas. De modo simplificado, lances de longo alcance podem ser tratados como massas puntiformes lançadas sob a ação da gravidade e da força de atrito do ar. Essa força de atrito pode, dentro de certos limites, ser tratada como proporcional ao módulo da velocidade da bola. Dado isso, é correto afirmar que

- a) mesmo com a força de atrito, a trajetória continua parabólica.
- b) a força de atrito tem sempre direção horizontal.
- c) o alcance de um dado lançamento é reduzido pela força de atrito.
- d) a força de atrito tem sempre direção vertical.

Guia de estudos

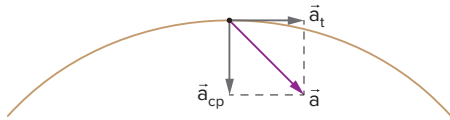
Física • Livro 3 • Frente 1 • Capítulo 9

- I. Leia as páginas de **6 a 9** e os exercícios resolvidos de **1 a 6**.
- II. Faça os exercícios de **1 a 8** da seção “Revisando”.
- III. Faça os exercícios propostos de **1 a 35**.

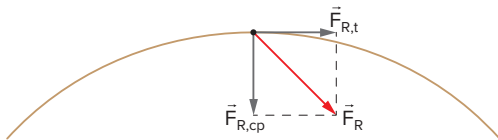
Dinâmica do movimento circular

Quando um corpo se move em uma trajetória curva, decompomos a sua aceleração vetorial instantânea e as forças sobre ele aplicadas em duas direções: tangencial e normal à trajetória.

- Aceleração de um corpo em movimento curvilíneo:



- Força resultante em um movimento curvilíneo:



- Direção tangencial à trajetória:

$$\vec{F}_{R,t} = m \cdot \vec{a}_t$$

Na equação acima:

- $\vec{F}_{R,t}$ é a resultante tangencial.
- \vec{a}_t é a aceleração tangencial.

- Direção normal à trajetória:

$$\vec{F}_{R,cp} = m \cdot \vec{a}_{cp}$$

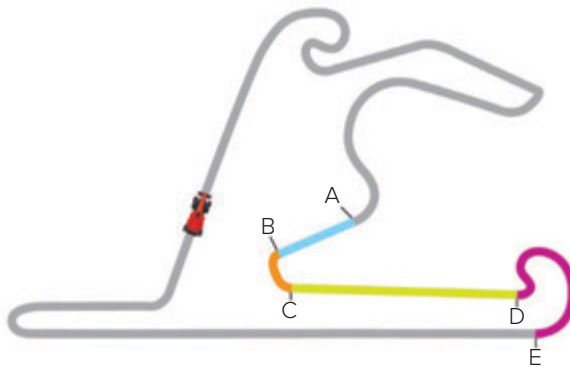
Na equação acima:

- $\vec{F}_{R,cp}$ é a resultante centrípeta (ou normal).
- \vec{a}_{cp} é a aceleração centrípeta (ou normal).

Exercícios de sala

Considere: quando necessário, $g = 10 \text{ m/s}^2$.

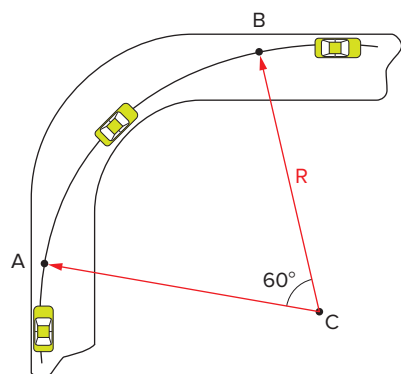
1. **Uerj 2019** Um carro de automobilismo se desloca com velocidade de módulo constante por uma pista de corrida plana. A figura abaixo representa a pista vista de cima, destacando quatro trechos: AB, BC, CD e DE.



A força resultante que atua sobre o carro é maior que zero nos seguintes trechos:

- a) AB e BC
- b) BC e DE
- c) DE e CD
- d) CD e AB

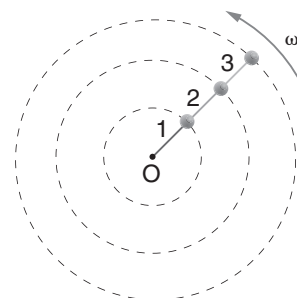
2. **FICSAE-SP 2019** A figura mostra a visão superior de um carro, de massa 1200 kg, trafegando por uma pista horizontal e fazendo uma curva segundo a trajetória indicada. O trecho contido entre os pontos A e B é um arco de circunferência de raio $R = 100$ m e centro C.



Considerando que o trecho AB da trajetória é percorrido pelo carro em 5 s com velocidade escalar constante e que $\pi = 3$, a força de atrito que mantém esse carro na curva, nesse trecho, tem intensidade

- a) 3 600 N.
- b) 1 200 N.
- c) 2 400 N.
- d) 4 800 N.
- e) 800 N.

3. Três corpos de massas iguais a m estão presos entre si pelos fios 1, 2 e 3, de comprimentos iguais a L . O fio 1 está preso ao ponto O. O conjunto descreve uma circunferência em um plano horizontal, com velocidade angular constante ω .



Determine as trações nos fios:

- a) 3
- b) 2
- c) 1

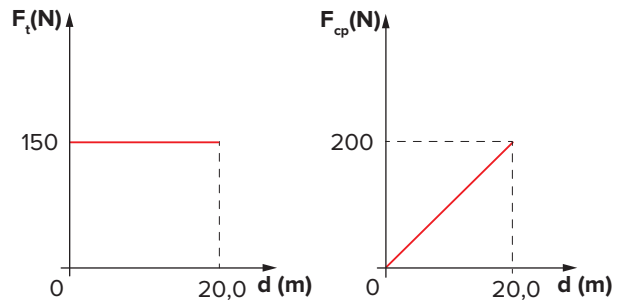
4. **PUC-SP** Considere que, numa montanha-russa de um parque de diversões, os carrinhos do brinquedo, de massa total m , passem pelo ponto mais alto do *loop*, de tal forma que a intensidade da reação normal nesse instante seja nula. Adotando r como o raio do *loop* e g como a aceleração da gravidade local, podemos afirmar que a velocidade e a aceleração centrípeta sobre os carrinhos na situação considerada valem, respectivamente:



- a) \sqrt{mrg} e mr
- b) \sqrt{rg} e mg
- c) $\sqrt{\frac{r}{g}}$ e $\frac{mr}{g}$
- d) \sqrt{rg} e nula
- e) \sqrt{rg} e g

5. **UFMS 2019** Um atleta associado à Federação Sul-Mato-Grossense de Ciclismo, em sua preparação para o Desafio 6 horas de MTB, faz seus treinos em um circuito circular. Seu treinador plota um gráfico da força centrípeta em função da distância percorrida ($F_{cp} \times d$) e outro da força tangencial em função da distância percorrida ($F_t \times d$).

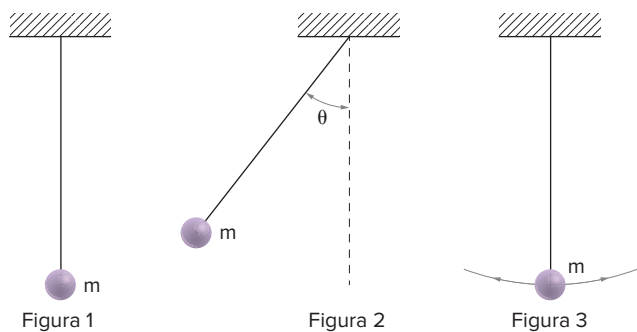
► **Dado:** considere $\pi = 3,0$.



Após a análise dos gráficos e considerando o sistema conservativo, a distância percorrida no circuito em 10 voltas é de:

- a) 160 m.
- b) 180 m.
- c) 300 m.
- d) 1600 m.
- e) 1800 m.

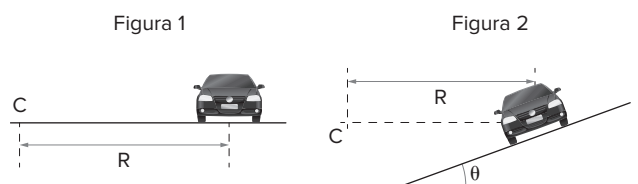
6. A figura 1 mostra uma esfera de massa m , em repouso, suspensa por um fio inextensível. A figura 2 mostra o instante em que a esfera foi solta do repouso, quando o fio forma um ângulo θ com a vertical. A figura 3 mostra o instante em que a esfera passa pelo ponto mais baixo de sua trajetória, com velocidade v , após ter sido solto o conjunto a partir da situação representada na figura 2.



- Compare as acelerações centrípetas da esfera nas situações 2 e 3.
- Compare as acelerações tangenciais da esfera nas situações 2 e 3.
- Compare as trações no fio nas situações 1, 2 e 3.

7. **Fameca-SP** Para aumentar a segurança e permitir maior velocidade nas curvas, é conveniente que elas sejam construídas com uma sobrelevação, ou seja, que a parte externa da curva seja mais elevada do que a interna, em relação à horizontal. As figuras mostram um veículo em dois tipos de curva: uma plana e horizontal, e outra inclinada de um ângulo θ .

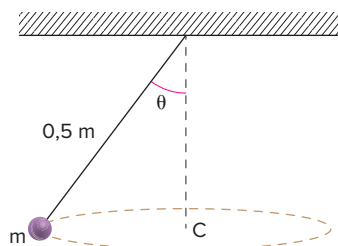
► **Dados:** $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $\text{tg } 20^\circ = 0,36$.



- Calcule o menor coeficiente de atrito estático que permite ao veículo da figura 1 fazer uma curva circular de raio $R = 250 \text{ m}$, ao redor do ponto C, a 72 km/h , sem derrapar.
- Calcule a velocidade escalar que permite ao veículo da figura 2 fazer uma curva horizontal circular de raio 250 m , inclinada de $\theta = 20^\circ$ em relação à horizontal, independentemente do atrito lateral, ou seja, sem tender a escorregar para baixo nem para cima.

8. Um pêndulo cônico é constituído de um fio de massa desprezível e comprimento 0,5 m, cuja extremidade superior está fixa ao teto e cuja extremidade inferior suporta uma esfera de massa 4 kg, como mostra a figura a seguir. A esfera descreve movimento circular uniforme, com centro em C.

► **Dados:** aceleração da gravidade local = 10 m/s^2 ; $\sin \theta = 0,6$; $\cos \theta = 0,8$.



- a) Qual é a tensão no fio, em N?
b) Qual é a velocidade angular da esfera, em rad/s?

Guia de estudos

Física • Livro 3 • Frente 1 • Capítulo 9

- I. Leia as páginas **9** e **10** e os exercícios resolvidos de **7** a **10**.
II. Faça os exercícios de **9** a **16** da seção “Revisando”.
III. Faça os exercícios propostos de **36** a **64**.

Frente 1

Aulas 19 e 20

1. a) 3 rad/s^2
b) $0,3 \text{ m/s}^2$
c) $\omega = 3t$ (SI)
d) $\theta = \frac{3}{2}t^2$ (SI)
e) $\frac{3}{\pi}$ voltas
2. a) 10^5 km/h
b) 25,3 meses
3. E
4. a) O ponto x terá velocidade linear menor que ponto y.
b) O ciclista deve dar 4,8 pedaladas a cada segundo para ganhar a corrida.

Aulas 21 e 22

1. E
2. a) $T = \frac{\pi}{2} \text{ s}$
b) $2,5\sqrt{2} \text{ m}$
c) $\frac{5\sqrt{2}}{\pi} \text{ m/s}$
d) $2,5 \text{ m/s}^2$
e) $\frac{5\sqrt{2}}{\pi} \text{ m/s}^2$
3. a) 8 m/s^2
b) 40 m/s
c) 800 m/s^2
d) $0,5 \text{ s}$
4. D

Aulas 23 e 24

1. B
2. a) $v_B = 9 \text{ km/h}$
b) $v_R = 3 \text{ km/h}$
c) $\Delta t = 8 \text{ h}$
3. a) 14 m/s d) 600 m
b) 2 m/s e) 10 m/s
c) 100 s
4. a) 4 m/s
b) 0
c) $\frac{\pi}{8} \text{ s}$
d) 4 m/s
e) $4\sqrt{2} \text{ m/s}$

Aulas 25 a 29

1. a) $3,2 \text{ m}$
b) 10 m/s
c) 45°
2. A 3. D 4. B
5. a) 4 s b) 50 m/s

6. a) 45° b) 3 m c) $3,1 \text{ m}$
7. $1 \text{ m/s} \leq v \leq 14 \text{ m/s}$

8. $20\sqrt{2} \text{ m}$
9. a) 45° b) 40 m c) 10 m
10. a) $0,75 \text{ s}$

- b) $2,5 \text{ m/s}$
- c) $v'_{0x} = 64 \text{ m/s}; v'_{0y} = 5 \text{ m/s}$

11. a) $x = v \cdot \cos(\alpha + \theta)t$;
 $y = v \cdot \sin(\alpha + \theta)t - \frac{1}{2}gt^2$

$$b) y = x \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \theta) - \frac{1}{2} \cdot \frac{g}{v^2 \cdot \cos^2(\alpha + \theta)} \cdot x^2$$

$$c) \frac{v^2\sqrt{2}}{2g}(\sqrt{3} - 1)$$

Aulas 30 a 33

1. a) 6000 J b) 1 m/s
2. D
3. a) 0 J
b) -200 J
c) $-100\sqrt{3} \text{ J}$
d) 500 J
4. C
5. a) 160 kW
b) -40 kW
c) $200\sqrt{2} \text{ kW}$
6. a) 20%
b) 4 min
7. a) 60 kW
b) -40 kW
c) 10 passageiros

Aulas 34 a 36

1. a) $\sqrt{76} \text{ m/s}$
b) 8 m
c) 9 m/s
2. a) $32,4 \cdot 10^6 \text{ W}$
b) 64800 habitantes
3. a) 6 s b) 12 m/s
4. a) $E_{C,B} = E_{C,C} = 0$
b) Zero.
c) $E_{P,G,B} = 0; E_{P,G,C} = -36 \text{ J}$
d) 36 J
e) $E_{P,E,B} = 0; E_{P,E,C} = 18 \text{ J}$
f) -18 J
g) -18 J
h) $E_{M,B} = 0; E_{M,C} = -18 \text{ J}$
i) -18 J
5. a) $\frac{\pi}{40} \text{ rad/s}$ b) $3,6 \cdot 10^5$

Frente 2

Aulas 19 e 20

1. C
2. B
3. a) $6 \cdot 10^2 \text{ V}$
b) $9,6 \cdot 10^{-17} \text{ N}$
4. C
5. B
6. $q/m = \frac{(g \cdot d)}{(E \cdot h)}$

Aulas 21 e 22

1. C 3. C 5. E
2. $\frac{25}{6} \text{ Q}$ 4. C 6. C

Aulas 23 e 24

1. B 3. D 5. B
2. A 4. B 6. E

Aulas 25 e 26

1. E 2. C
3. Soma: $01 + 02 + 08 + 16 = 27$
4. B 5. D 6. C

Aulas 27 e 28

1. E 3. D 5. E
2. D 4. D 6. D

Aulas 29 a 32

1. D 3. A 5. D
2. E 4. C
6. $R_{\text{eq}} = 16 \Omega; P = 1,5 \text{ W}$
7. C 8. C
9. a) $R_{\text{eq}} = 12,5 \Omega; i = 0,4 \text{ A}$
b) $\frac{R_1}{R_2} = \frac{i_2}{i_1}$ e $\frac{R_2}{R_4} = \frac{i_2}{i_1}$
10. E

Aulas 33 e 34

1. Soma: $02 + 04 = 06$
2. D 3. A 4. A 5. B
6. 15 kJ , aproximadamente $12,6 \text{ kJ}$

Aulas 35 e 36

1. $U = 12 - 6i$
2. A
3. C
4. B
5. C
6. C

Frente 4

Aulas 19 e 20

- 30%
 - $60 \cdot 10^3 \text{ W}$
- 6ℓ
 - 12 atm
 - 900 K
 - $15 \cdot 10^3 \text{ J}$
- Bomba de calor.
 - 10^3 J
 - 7
- E
- D
- Isocórico: DC; Isobárico: BA.
 - $V_D = 1,5 \text{ L}$; $T_B = T_C = 400 \text{ K}$.

Aulas 21 e 22

1. D 2. A 3. C 4. A 5. B 6. D

Aulas 23 a 26

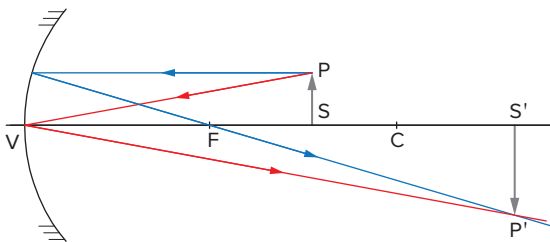
- B
- A
- B
- D
- C
- E
- 0,775 m
 - 1,625 m
- D
- A
- E
- C
- C

Aulas 27 e 28

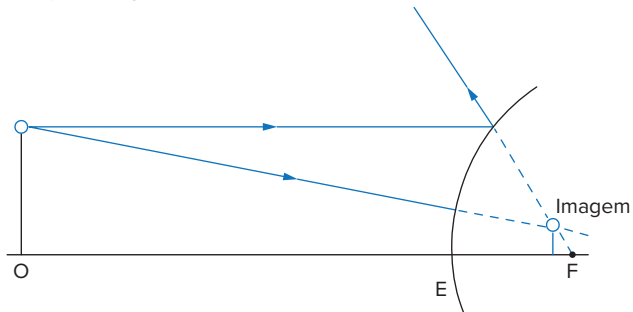
- C
- B
- A
- A
- C
- A

Aulas 29 e 30

- A
- Imagem real, invertida e maior do que o objeto.



- 80 cm
- A imagem é virtual, direita e menor.



- A 2 m do vértice do espelho (E).
- B
- 30 cm
 - 0,6

Aulas 31 e 32

- A
- D
- D
- A
- 1,2 m
 - 0,6
- A

Aulas 33 e 34

- E
- E
- E
- $v_1 = 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ e $n_2 = 2$
 - O meio 3 é menos refringente que o meio 2 e $\frac{n_3}{n_2} = \frac{3}{5}$
- B
- Soma: $02 + 04 = 06$

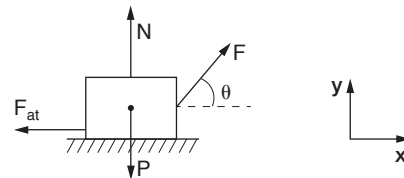
Aulas 35 e 36

1. C 2. C 3. A 4. B 5. B 6. B

Frente 4

Aulas 10 a 14

- 100 m
 - 0,2
- D
- $F_{at} = 20 \text{ N}$ e $a = 0$
 - $F_{at} = 30 \text{ N}$ e $a = 0$
 - $F_{at} = 25 \text{ N}$ e $a = 1,5 \text{ m/s}^2$
 - $F_{at} = 25 \text{ N}$ e $a = 2,5 \text{ m/s}^2$
- C
-



- 14 N, horizontal e orientada para a esquerda.
 - $0,5 \text{ m/s}^2$, horizontal e orientada para a direita.
- B
- A
- 7,5 N
 - $6,0 \text{ m/s}^2$
- B
- C

Aulas 15 a 18

- D
- $T_3 = 3m\omega^2 L$
 - $T_2 = 5m\omega^2 L$
- E
- 540 N
- E
- B
- 0,6
 - 30 m/s
- 50 N
 - 5 rad/s