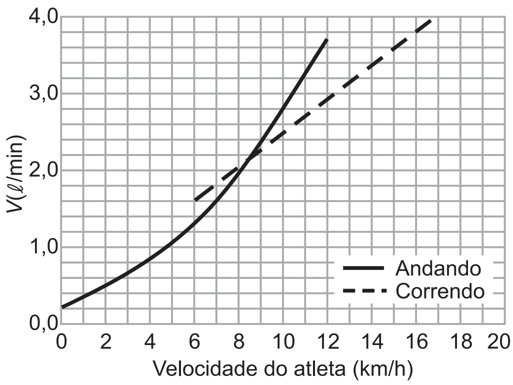
Física

FUVEST

ETAPA

Questão 1

A energia que um atleta gasta pode ser determinada pelo volume de oxigênio por ele consumido na respiração. Abaixo está apresentado o gráfico do volume V de oxigênio, em litros por minuto, consumido por um atleta de massa corporal de 70 kg, em função de sua velocidade, quando ele anda ou corre.



Considerando que para cada litro de oxigênio consumido são gastas 5 kcal e usando as informações do gráfico, determine, para esse atleta,

a) a velocidade a partir da qual ele passa a gastar menos energia correndo do que andando;

b) a quantidade de energia por ele gasta durante 12 horas de repouso (parado);

c) a potência dissipada, em watts, quando ele corre a 15 km/h;

d) quantos minutos ele deve andar, a 7 km/h, para gastar a quantidade de energia armazenada com a ingestão de uma barra de chocolate de 100 g, cujo conteúdo energético é 560 kcal.

NOTE E ADOTE
1 cal = 4 J.

Resposta

a) A velocidade pedida corresponde ao ponto de intersecção das duas curvas fornecidas, que é aproximadamente 8,5 km/h.

b) Do gráfico temos que, para velocidade nula, há um consumo de 0,2 litro por minuto. Assim, a energia (E), gasta em 12 horas, é dada por:

$$E = 0{,}2\,\frac{\cancel{\ell}}{\cancel{min}} \cdot 5\,\frac{kcal}{\cancel{\ell}} \cdot 12\,\cancel{h} \cdot 60\,\frac{\cancel{min}}{\cancel{h}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{E = 720\ kcal}$$

c) Para uma velocidade de 15 km/h, o consumo de oxigênio é de 3,6 ℓ/min. Nessa situação, a potência (P) dissipada em watts é dada por:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Rightarrow P = \frac{3{,}6\,\cancel{\ell}}{60\ s} \cdot 5 \cdot 10^3\,\frac{\cancel{cal}}{\cancel{\ell}} \cdot \frac{4\ J}{\cancel{cal}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{P = 1\,200\ W}$$

d) Para a velocidade de 7 km/h andando, o consumo de oxigênio é de 1,6 ℓ/min. Para calcular o tempo pedido, podemos igualar as potências como a seguir:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \Rightarrow 1{,}6\,\frac{\cancel{\ell}}{min} \cdot 5 \cdot \cancel{10^3}\,\frac{\cancel{cal}}{\cancel{\ell}} \cdot \frac{\cancel{4\,J}}{\cancel{cal}} =$$

$$= \frac{560 \cdot \cancel{10^3}\,\cancel{cal} \cdot \cancel{4\,\frac{J}{cal}}}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\Delta t = 70\ min}$$

Questão 2

Nina e José estão sentados em cadeiras, diametralmente opostas, de uma roda-gigante que gira com velocidade angular constante. Num certo momento, Nina se encontra no ponto mais alto do percurso e José, no mais baixo; após 15 s, antes de a roda completar uma volta, suas posições estão invertidas. A roda-gigante tem raio $R = 20$ m e as massas de Nina e José são, respectivamente, $M_N = 60$ kg e $M_J = 70$ kg. Calcule

a) o módulo v da velocidade linear das cadeiras da roda-gigante;

b) o módulo a_R da aceleração radial de Nina e de José;

c) os módulos N_N e N_J das forças normais que as cadeiras exercem, respectivamente, sobre Nina e sobre José no instante em que Nina se encontra no ponto mais alto do percurso e José, no mais baixo.

NOTE E ADOTE
$\pi = 3$
Aceleração da gravidade $g = 10$ m/s^2

Resposta

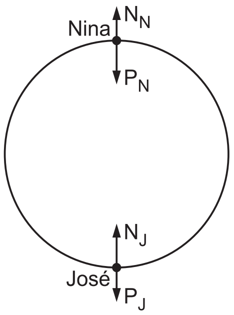
a) Do enunciado, temos que o período (T) da roda-gigante é $T = 2 \cdot 15 = 30$ s. Assim, o módulo v da velocidade linear das cadeiras da roda-gigante é dado por:

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 20}{30} \Rightarrow \boxed{v = 4\ m/s}$$

b) O módulo a_R da aceleração radial de Nina e de José é dado por:

$$a_R = \frac{v^2}{R} = \frac{4^2}{20} \Rightarrow \boxed{a_R = 0{,}8\ m/s^2}$$

c) Marcando as forças que atuam sobre Nina e José na situação pedida, temos:



Para Nina, do Princípio Fundamental da Dinâmica, vem:

$$R_N = P_N - N_N \Rightarrow M_N \cdot a_R = M_N \cdot g - N_N \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 60 \cdot 0{,}8 = 60 \cdot 10 - N_N \Rightarrow \boxed{N_N = 552\ N}$$

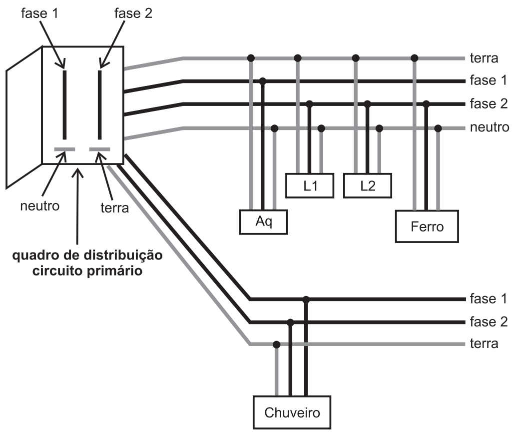
Para José, do Princípio Fundamental da Dinâmica, temos:

$$R_J = N_J - P_J \Rightarrow M_J \cdot a_R = N_J - M_J \cdot g \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 70 \cdot 0{,}8 = N_J - 70 \cdot 10 \Rightarrow \boxed{N_J = 756\ N}$$

Questão 3

A figura a seguir representa, de forma esquemática, a instalação elétrica de uma residência, com circuitos de tomadas de uso geral e circuito específico para um chuveiro elétrico. Nessa residência, os seguintes equipamentos permaneceram ligados durante 3 horas a tomadas de uso geral, conforme o esquema da figura: um aquecedor elétrico (Aq) de 990 W, um ferro de passar roupas de 980 W e duas lâmpadas, L1 e L2, de 60 W cada uma. Nesse período, além desses equipamentos, um chuveiro elétrico de 4400 W, ligado ao circuito específico, como indicado na figura, funcionou durante 12 minutos. Para essas condições, determine



a) a energia total, em kWh, consumida durante esse período de 3 horas;
b) a corrente elétrica que percorre cada um dos fios fase, no circuito primário do quadro de distribuição, com todos os equipamentos, inclusive o chuveiro, ligados;
c) a corrente elétrica que percorre o condutor neutro, no circuito primário do quadro de distribuição, com todos os equipamentos, inclusive o chuveiro, ligados.

> NOTE E ADOTE
>
> A tensão entre fase e neutro é 110 V e, entre as fases, 220 V.
> Ignorar perdas dissipativas nos fios.
> O símbolo • representa o ponto de ligação entre dois fios.

Resposta

a) A energia total (ΔE), em kWh, consumida durante o período de 3 h é dada por:

$$\Delta E = P \cdot \Delta t = (0{,}99 + 0{,}98 + 0{,}12)kW \cdot 3\ h +$$

$$+ 4{,}4\ kW \cdot \frac{12}{60}\ h \Rightarrow \boxed{\Delta E = 7{,}15\ kWh}$$

b) A intensidade da corrente elétrica que percorre cada elemento pode ser calculada por $P = U \cdot i$. Assim, temos:

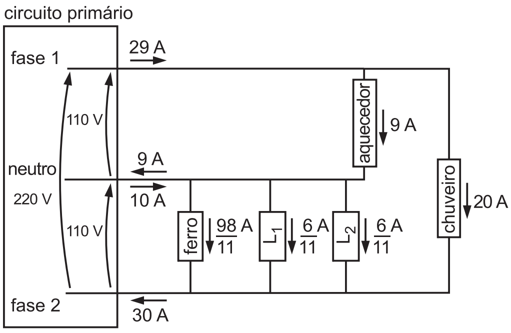
$$i_{Aq} = \frac{990}{110} = 9\ A$$

$$i_{L1} = i_{L2} = \frac{60}{110} = \frac{6}{11}\ A$$

$$i_{Ferro} = \frac{980}{110} = \frac{98}{11}\ A$$

$$i_{Ch} = \frac{4\,400}{220} = 20\ A$$

Da figura, podemos construir o seguinte circuito elétrico:



Assim, a corrente elétrica (i_1) que percorre a fase 1 no circuito primário é $i_1 = 29$ A e a corrente elétrica (i_2) que percorre a fase 2 é $i_2 = 30$ A.

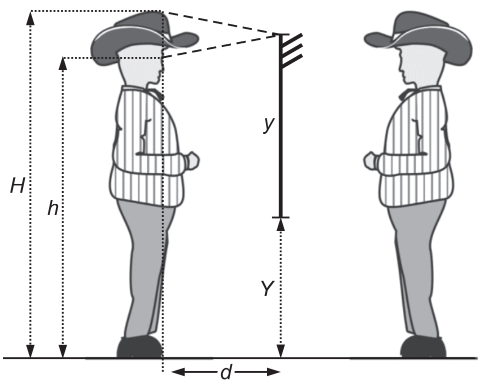
c) Da figura anterior, concluímos que a corrente elétrica (i_n) que percorre o fio neutro no circuito primário é dada por:

$i_n = 10 - 9 \Rightarrow \boxed{i_n = 1\ A}$

Questão 4

Um rapaz com chapéu observa sua imagem em um espelho plano e vertical. O espelho tem o tamanho mínimo necessário, $y = 1{,}0$ m, para que o rapaz, a uma distância $d = 0{,}5$ m, veja a sua imagem do topo do chapéu à ponta dos pés. A distância de seus olhos ao piso horizontal é $h = 1{,}60$ m. A figura da página de resposta ilustra essa situação e, em linha tracejada, mostra o percurso do raio de luz relativo à formação da imagem do ponto mais alto do chapéu.

a) Desenhe, na figura da página de resposta, o percurso do raio de luz relativo à formação da imagem da ponta dos pés do rapaz.



b) Determine a altura H do topo do chapéu ao chão.

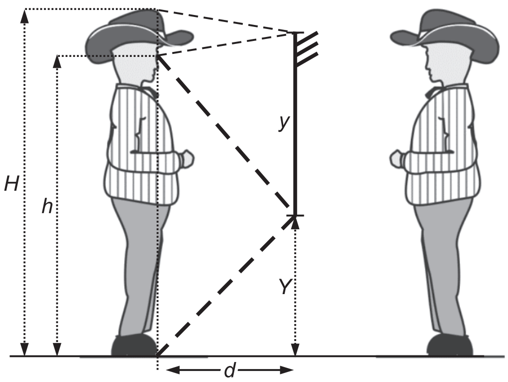
c) Determine a distância Y da base do espelho ao chão.

d) Quais os novos valores do tamanho mínimo do espelho (y') e da distância da base do espelho ao chão (Y') para que o rapaz veja sua imagem do topo do chapéu à ponta dos pés, quando se afasta para uma distância d' igual a 1 m do espelho?

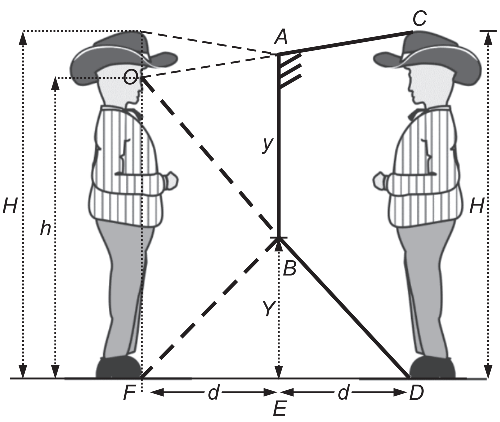
NOTE E ADOTE
O topo do chapéu, os olhos e a ponta dos pés do rapaz estão em uma mesma linha vertical.

Resposta

a) Das leis da reflexão aplicadas aos espelhos planos, obtemos a figura a seguir:



b) Sendo a imagem simétrica ao objeto em relação ao espelho plano, pelas leis da reflexão aplicadas aos espelhos planos e considerando as linhas cheias como prolongamentos dos raios de luz, temos a figura a seguir:



Da figura, $\Delta OAB \sim \Delta OCD \Rightarrow \frac{H}{y} = \frac{2\cancel{d}}{\cancel{d}} \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{H}{1{,}0} = 2 \Rightarrow \boxed{H = 2{,}0\ m}$

c) Da figura do item b, $\Delta BDE \sim \Delta ODF \Rightarrow$

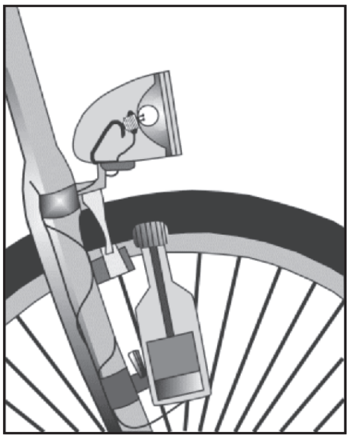
$\Rightarrow \frac{Y}{h} = \frac{\cancel{d}}{2\cancel{d}} \Rightarrow \frac{Y}{1{,}6} = \frac{1}{2} \Rightarrow \boxed{Y = 0{,}80\ m}$

d) Dos itens b *e* c *verificamos que o tamanho mínimo do espelho (y') e a distância da base do espelho ao chão (Y') para que o rapaz veja sua imagem do topo do chapéu à ponta dos pés, não dependem da distância do rapaz ao espelho.*
Portanto, vem:

$\boxed{y' = 1{,}0\ m}$ e $\boxed{Y' = 0{,}80\ m}$

Questão 5

Um ciclista pedala sua bicicleta, cujas rodas completam uma volta a cada 0,5 segundo. Em contato com a lateral do pneu dianteiro da bicicleta, está o eixo de um dínamo que alimenta uma lâmpada, conforme a figura a seguir. Os raios da roda dianteira da bicicleta e do eixo do dínamo são, respectivamente, $R = 50$ cm e $r = 0{,}8$ cm. Determine



a) os módulos das velocidades angulares ω_R da roda dianteira da bicicleta e ω_D do eixo do dínamo, em rad/s;
b) o tempo T que o eixo do dínamo leva para completar uma volta;
c) a força eletromotriz ε que alimenta a lâmpada quando ela está operando em sua potência máxima.

NOTE E ADOTE
$\pi = 3$
O filamento da lâmpada tem resistência elétrica de 6 Ω quando ela está operando em sua potência máxima de 24 W.
Considere que o contato do eixo do dínamo com o pneu se dá em $R = 50$ cm.

Resposta

a) O módulo da velocidade angular ω_R *da roda dianteira é dado por:*

$\omega_R = \frac{2\pi}{T_R} = \frac{2 \cdot 3}{0{,}5} \Rightarrow \boxed{\omega_R = 12\ rad/s}$

Considerando que o movimento do sistema acoplado seja solidário, temos:

$v_R = v_D \Rightarrow \omega_R \cdot R = \omega_D \cdot r \Rightarrow 12 \cdot 50 =$

$= \omega_D \cdot 0{,}8 \Rightarrow \boxed{\omega_D = 750\ rad/s}$

b) O tempo T que o eixo do dínamo leva para completar uma volta é dado por:

$\omega_D = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 750 = \frac{2 \cdot 3}{T} \Rightarrow \boxed{T = 8 \cdot 10^{-3} s}$

c) Operando em potência máxima, a força eletromotriz ε *é dada por:*

$P = \frac{\varepsilon^2}{R} \Rightarrow 24 = \frac{\varepsilon^2}{6} \Rightarrow \boxed{\varepsilon = 12\ V}$

Questão 6

Em um laboratório de física, estudantes fazem um experimento em que radiação eletromagnética de comprimento de onda $\lambda = 300$ nm incide em uma placa de sódio, provocando a emissão de elétrons. Os elétrons escapam da placa de sódio com energia cinética máxima $E_c = E - W$, sendo E a energia de um fóton da radiação e W a energia mínima necessária para extrair um elétron da placa. A energia de cada fóton é $E = h\, f$, sendo h a constante de Planck e f a frequência da radiação. Determine

a) a frequência f da radiação incidente na placa de sódio;
b) a energia E de um fóton dessa radiação;
c) a energia cinética máxima E_c de um elétron que escapa da placa de sódio;
d) a frequência f_0 da radiação eletromagnética, abaixo da qual é impossível haver emissão de elétrons da placa de sódio.

NOTE E ADOTE

Velocidade da radiação eletromagnética: $c = 3 \times 10^8$ m/s.

1 nm = 10^{-9} m.

$h = 4 \times 10^{-15}$ eV.s.

W (sódio) = 2,3 eV.

1 eV = $1{,}6 \times 10^{-19}$ J.

Resposta

a) Da equação fundamental da ondulatória, temos:

$v = \lambda f \Rightarrow 3 \cdot 10^8 = 300 \cdot 10^{-9} \cdot f \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{f = 1 \cdot 10^{15}\,Hz}$

b) A energia do fóton é dada por:

$E = hf \Rightarrow 4 \cdot 10^{-15} \cdot 1 \cdot 10^{15} \Rightarrow \boxed{E = 4\,eV}$

c) Da equação dada, sendo $W = 2{,}3\,eV$, temos:

$E_c = E - W = 4 - 2{,}3 \Rightarrow \boxed{E_c = 1{,}7\,eV}$

d) Para a emissão de elétrons da placa de sódio, é necessário que a energia E do fóton de radiação (que depende de sua frequência) seja maior ou igual à energia mínima W para extrair um elétron, ou seja, $E \geq W$. Na situação limite ($E_0 = W$), a energia cinética máxima dos elétrons é nula. Logo, para valores menores que E_0, não haverá emissão. Assim, vem:

$\cancelto{0}{E_c} = E_0 - W \Rightarrow 0 = hf_0 - W \Rightarrow$

$\Rightarrow 0 = 4 \cdot 10^{-15} \cdot f_0 - 2{,}3 \Rightarrow$

$\Rightarrow \boxed{f_0 = 5{,}75 \cdot 10^{14}\,Hz}$