

**UNICAMP**  
vestibular  
**2017**

**2ª FASE**

**FÍSICA**



## 2ª Fase • Física

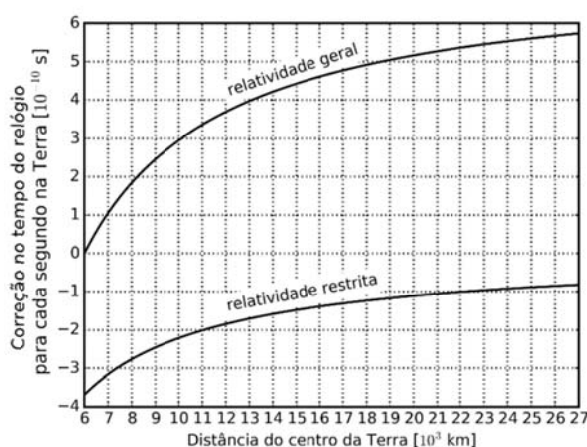
### Introdução

A prova procurou abordar uma gama ampla de conceitos básicos em física. Em apenas 6 questões, isso se consegue, muitas vezes, cobrando conceitos diferentes nos itens a e b da mesma questão. Esse procedimento torna a prova rica, pois abre a possibilidade de se explorar uma situação em vários aspectos. Houve a exigência de leitura de gráficos em duas questões e uma questão envolveu estimativa. Com exceção das questões 15 e 17, observa-se uma alta distribuição de notas, lembrando que cada item vale dois pontos. Na questão de física moderna (17), a exigência foi a leitura correta do texto e sua interpretação, pois as instruções para a solução se encontram no próprio texto.

### Questão 13

O uso do sistema de localização GPS (*Global Positioning System*) cresceu bastante nos últimos tempos devido principalmente à existência do sensor GPS na maioria dos celulares disponíveis no mercado. Nesses celulares, o sinal de GPS tem sido usado para localização do aparelho em mapas, para obter sugestões de rotas e até em jogos. Considere que os satélites responsáveis por enviar o sinal GPS encontram-se a aproximadamente  $R_{\text{GPS}} = 27.000$  km do centro da Terra, seu período de rotação em torno do centro da Terra é  $T_{\text{GPS}} = 12$  horas e sua órbita é circular.

- Qual é a velocidade escalar média de um satélite do sistema GPS?
- Os satélites de GPS enviam continuamente as três coordenadas que determinam sua posição atual e o horário do envio da mensagem. Com as informações de 4 satélites, o receptor pode determinar a sua posição e o horário local. Para garantir a precisão dessas informações, efeitos relativísticos são considerados na determinação do horário enviado pelos satélites. Os relógios localizados nos satélites são afetados principalmente por efeitos da relatividade restrita, que atrasam os relógios, e da relatividade geral, que adiantam os relógios, conforme mostra a figura abaixo. Qual é a distância do centro da Terra  $R$  e o período  $T$  da órbita em que os efeitos da relatividade geral e da relatividade restrita se cancelam, ou seja, quando a soma dos dois efeitos é zero?



### Objetivo da Questão

- Este item aborda o conceito de velocidade escalar média, presente em diversas situações do cotidiano das pessoas, e que, nesta questão, aparece em um contexto mais complexo, porém bastante presente em diversas tecnologias já populares como os telefones celulares.
- Apesar de envolver um contexto de física moderna (relatividade geral e restrita), este item exige apenas uma correta leitura do gráfico e interpretação de texto.

## 2ª Fase • Física

### Resposta Esperada

a)

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{6 \times 27000}{12} = 13500 \text{ km/h}$$

b)

Os efeitos relativísticos, segundo o gráfico, se cancelam para:

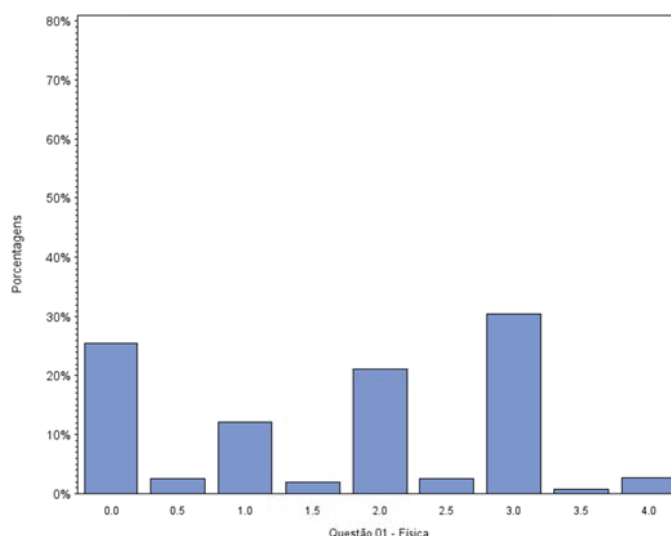
$$d = 9 \times 10^6.$$

Logo, de acordo com a terceira lei de Kepler

$$\frac{R_1^3}{T_1^2} = \frac{R_2^3}{T_2^2} \Rightarrow \frac{27^3}{12^2} = \frac{9^3}{T_2^2}$$

$$T_2 = \frac{12}{3\sqrt{3}} \approx 2,2h.$$

### Desempenho dos candidatos



### Comentários Gerais

O item **a** foi considerado fácil pela banca elaboradora. Porém, o candidato deveria identificar que se tratava de movimento circular para considerar a trajetória correta. Já o item **b**, como envolve uma leitura cuidadosa do gráfico apresentado, além de exigir domínio de conteúdo específico (leis de Kepler), foi considerado de nível médio. De forma geral, os candidatos faziam a leitura do gráfico corretamente, porém não escreviam de forma correta a lei de Kepler apropriada.

Por se tratar de um texto de simples interpretação, que envolve conceitos básicos (principalmente no item **a**), a questão apresentou um índice quase nulo de respostas em brancos.

## 2ª Fase • Física

### Questão 14

Lótus é uma planta conhecida por uma característica muito interessante: apesar de crescer em regiões de lodo, suas folhas estão sempre secas e limpas. Isto decorre de sua propriedade hidrofóbica. Gotas de água na folha de lótus tomam forma aproximadamente esférica e se deslocam quase sem atrito até caírem da folha. Ao se moverem pela folha, as gotas de água capturam e carregam consigo a sujeira para fora da folha.

- Quando uma gota de água cai sobre uma folha de lótus, ela quica como se fosse uma bola de borracha batendo no chão. Considere uma gota, inicialmente em repouso, caindo sobre uma folha de lótus plana e na horizontal, a partir de uma altura  $h_i = 50$  cm acima da folha. Qual é o coeficiente de restituição da colisão se a gota sobe até uma altura de  $h_f = 2$  cm após quicar a primeira vez na folha?
- Considere uma gota de água com velocidade inicial  $v_i = 3$  mm/s deslocando-se e limpando a superfície de uma folha de lótus plana e na horizontal. Antes de cair da folha, essa gota captura o lodo de uma área de  $2$  cm<sup>2</sup>. Suponha que a densidade superficial média de lodo na folha é de  $2,5 \times 10^{-3}$  gramas/cm<sup>2</sup>. Estime a massa da gota de água e calcule sua velocidade no instante em que ela deixa a folha.

### Objetivo da Questão

a) Este item aborda um conceito específico, coeficiente de restituição, e exige do candidato conhecimentos sobre movimento retilíneo uniformemente acelerado (queda). O candidato poderia chegar à resposta através das equações horárias para o movimento em questão ou através de conservação de energia mecânica.

b) Este item, mais complexo que o anterior, trata da conservação do momento linear. Porém, para chegar à resposta correta, o candidato deveria também dominar o conceito de densidade de massa e ainda fazer a estimativa da massa de uma gota de água.

Em geral, conservação do momento linear se aplica a eventos que envolvem colisões. Neste caso específico, utiliza-se o conhecimento em uma situação interessante relacionada à biologia.

### Resposta Esperada

a)

$$v^2 = 2gh$$

$$e = \frac{v_f}{v_i} = \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{H}} = \frac{1}{5} = 0,2$$

b)

*Estimando a massa da gota como:*

$$m_g = 0,03g$$

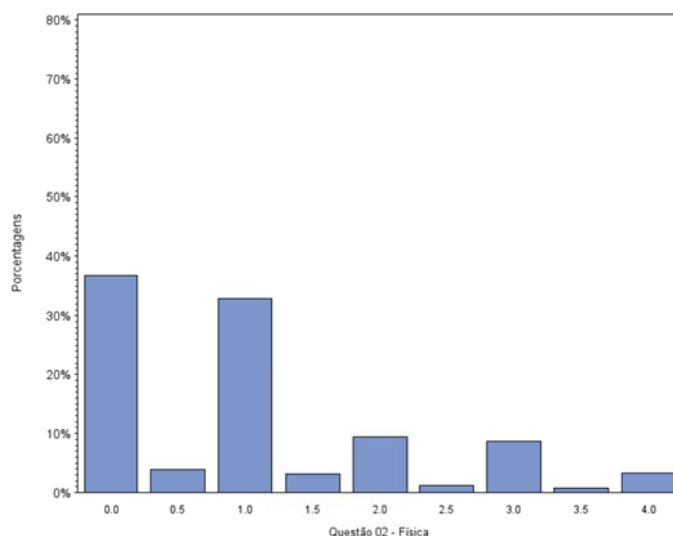
$$m_l = 2 \times 2,5 \times 10^{-3} = 5 \times 10^{-3} g,$$

$$v_i m_g = v_f (m_g + m_l)$$

$$v_f = \frac{3 \times 0,03}{0,03 + 0,005} = 2,57 \text{ mm/s}.$$

## 2ª Fase • Física

### Desempenho dos candidatos



### Comentários Gerais

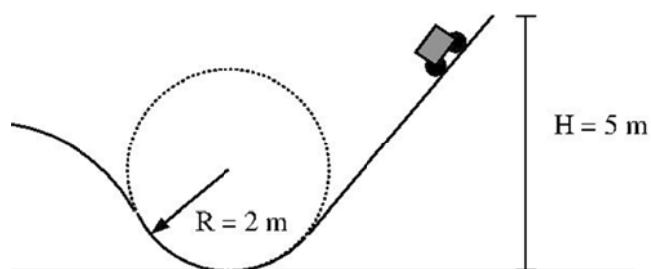
No item **a**, uma falha comum foi a não identificação do coeficiente de restituição como o quociente entre os módulos das velocidades imediatamente antes e imediatamente depois da colisão. No item **b**, de forma geral, os candidatos estimavam bem a massa de uma gota e a dificuldade, quando havia, se relacionava à aplicação correta da conservação do momento linear.

### Questão 15

Os brinquedos de parques de diversões utilizam-se de princípios da Mecânica para criar movimentos aos quais não estamos habituados, gerando novas sensações. Por isso um parque de diversões é um ótimo local para ilustrar princípios básicos da Mecânica.

- a) Considere uma montanha russa em que um carrinho desce por uma rampa de altura  $H = 5 \text{ m}$  e, ao final da rampa, passa por um trecho circular de raio  $R = 2 \text{ m}$ , conforme mostra a figura a) abaixo. Calcule o módulo da aceleração no ponto mais baixo do circuito, considerando que o carrinho partiu do repouso.

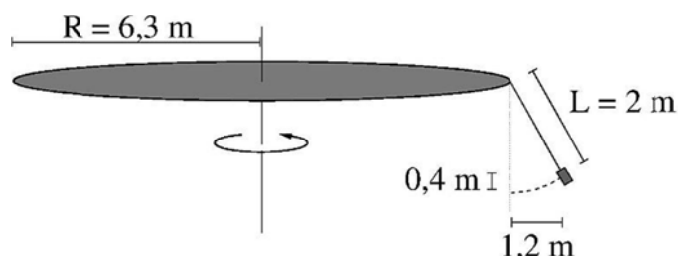
a)



## 2ª Fase • Física

- b) Outro brinquedo comum em parques de diversões é o chapéu mexicano, em que cadeiras são penduradas com correntes na borda de uma estrutura circular que gira com seu eixo de rotação perpendicular ao solo. Considere um chapéu mexicano com estrutura circular de raio  $R = 6,3 \text{ m}$  e correntes de comprimento  $L = 2 \text{ m}$ . Ao girar, as cadeiras se elevam  $40 \text{ cm}$ , afastando-se  $1,2 \text{ m}$  do eixo de rotação, conforme mostra a figura b) abaixo. Calcule a velocidade angular de rotação do brinquedo.

b)



### Objetivo da Questão

- a) Exigindo conhecimentos sobre movimento circular e aceleração centrípeta, este item clássico aborda tais conceitos no contexto de um brinquedo presente em parques de diversão. O candidato deveria associar a esses conceitos conhecimentos sobre movimento retilíneo uniformemente acelerado (descida da rampa).  
b) Seguindo a temática dos brinquedos, este item aborda decomposição e equilíbrio de forças. Tais conhecimentos deveriam ser aplicados ao movimento circular do brinquedo em questão.

### Resposta Esperada

a)

$$v^2 = 2gh$$

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{2gh}{R} = \frac{2 \times 10 \times 5}{2} = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b)

$$T \sin \theta = m \omega^2 R$$

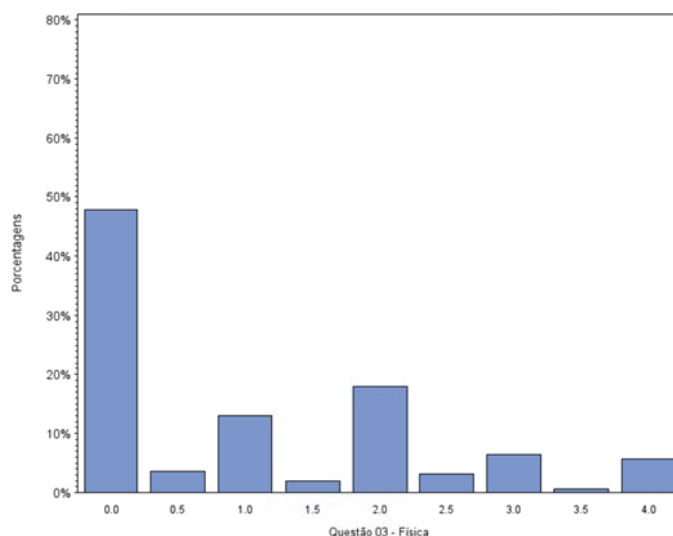
$$T \cos \theta = mg$$

$$\tan \theta = \frac{\omega^2 R}{g}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{10 \times \frac{3}{4}}{7,5}} = 1 \text{ rad/s}$$

## 2ª Fase • Física

### Desempenho dos candidatos



### Comentários Gerais

A questão apresenta um alto índice de notas zero, diferentemente do esperado pela banca elaboradora, uma vez que, como já foi mencionado, é clássica no contexto do movimento circular. Uma dificuldade observada no item **a** estava exatamente na determinação da velocidade do carrinho no ponto mais baixo do circuito. No item **b**, um erro comum foi a má decomposição dos vetores, para representar as forças envolvidas, em suas componentes horizontal e vertical.

### Questão 16

A energia solar é a única fonte de energia do avião Solar Impulse 2, desenvolvido na École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suíça.

- Para aproveitar a energia obtida dos raios solares e poder voar tanto à noite quanto de dia, o Solar Impulse 2, de massa aproximada  $m = 2000 \text{ kg}$ , voava em alta altitude e velocidade  $v_{\text{dia}} = 90 \text{ km/h}$  durante o dia, armazenando energia solar para a noite. Ao anoitecer, o avião descia para altitudes menores e voava a uma velocidade aproximada de  $v_{\text{noite}} = 57,6 \text{ km/h}$ . Qual é a variação da energia cinética do avião entre o dia e a noite?
- As asas e a fuselagem do Solar Impulse 2 são cobertas por  $270 \text{ m}^2$  de células solares, cuja eficiência em converter energia solar em energia elétrica é de aproximadamente 25%. O avião tem um conjunto de motores cuja potência total vale  $P = 50,0 \text{ kW}$  e baterias que podem armazenar até  $E = 164 \text{ kWh}$  de energia total. Suponha que o avião está voando com seus motores a 80% da sua potência máxima e que as baterias estão totalmente descarregadas. Considerando que a intensidade de energia solar que chega até as células solares é de  $1,2 \text{ kW/m}^2$ , quanto tempo é necessário para carregar totalmente as baterias?

### Objetivo da Questão

- A questão exige conhecimentos sobre o importante conceito de energia cinética.
- Focaliza os conceitos de energia, potência, intensidade de energia e eficiência. Este item, mais complexo que o anterior, exige o correto manejo dos dados para se chegar à resposta correta. Isso é facilitado pela boa interpretação do texto apresentado.



## 2ª Fase • Física

### Resposta Esperada

a)

$$\Delta K = \frac{1}{2}mv_n^2 - \frac{1}{2}mv_d^2 = 1000(57,6^2 - 90^2)$$

$$= -4782240 \text{ kg} \frac{\text{km}^2}{\text{h}^2} \text{ ou } -369000 \text{ J}$$

b)

Potência útil :

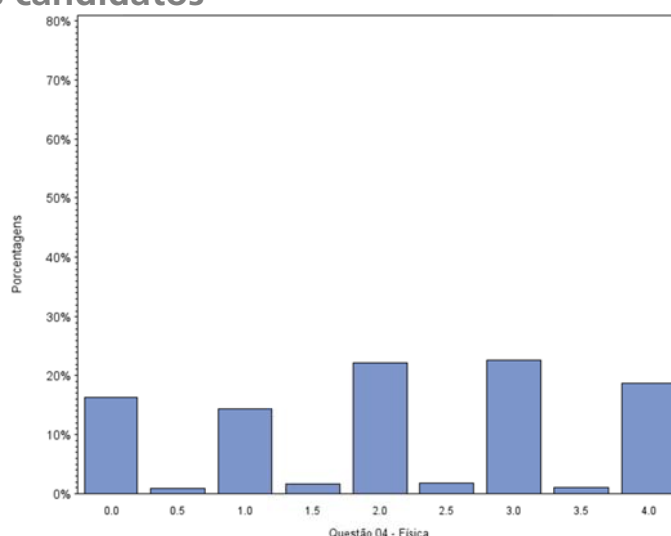
$$1,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \times 0,25 \times 270 \text{ m}^2 = 81 \text{ kW}.$$

Energia destinada para as baterias :

$$(81 - 0,8 \times 50) \text{ kW} \times t = 164 \text{ kWh} \Rightarrow$$

$$t = 4 \text{ h}.$$

### Desempenho dos candidatos



### Comentários Gerais

Questão com notas muito bem distribuídas, registrando-se praticamente todas as notas inteiras com o mesmo percentual de ocorrência. No item **a**, um erro comum estava na conversão de unidades e no item **b**, na aplicação correta do rendimento de 25% envolvido no problema.

### Questão 17

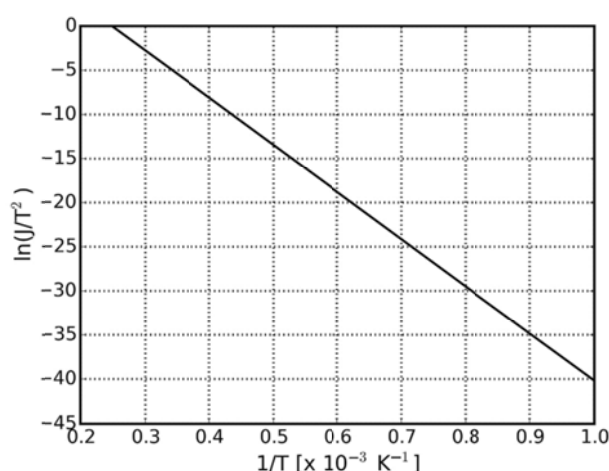
Um instrumento importante no estudo de sistemas nanométricos é o microscópio eletrônico. Nos microscópios ópticos, a luz é usada para visualizar a amostra em estudo. Nos microscópios eletrônicos, um feixe de elétrons é usado para estudar a amostra.

a) A vantagem em se usar elétrons é que é possível acelerá-los até energias em que o seu comprimento de onda é menor que o da luz visível, permitindo uma melhor resolução. O comprimento de onda do elétron é dado por  $\lambda = h (2meEc)^{1/2}$ , em que  $Ec$  é a energia cinética do elétron,  $m_e \sim 9 \times 10^{-31} \text{ kg}$  é a massa do elétron e  $h \sim 6,6 \times 10^{-34} \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$  é a constante de Planck. Qual é o comprimento de onda do elétron em um microscópio

## 2ª Fase • Física

eletrônico em que os elétrons são acelerados, a partir do repouso, por uma diferença de potencial de  $U = 50 \text{ kV}$ ? Caso necessário, use a carga do elétron  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

b) Uma forma usada para gerar elétrons em um microscópio eletrônico é aquecer um filamento, processo denominado efeito termiônico. A densidade de corrente gerada é dada por  $J = AT^2 e^{(-\Phi/kBT)}$ , em que  $A$  é a constante de Richardson,  $T$  é a temperatura em kelvin,  $kB = 1,4 \times 10^{-23} \text{ J/K}$  é a constante de Boltzmann e  $\Phi$ , denominado função trabalho, é a energia necessária para remover um elétron do filamento. A expressão para  $J$  pode ser reescrita como  $\ln(J/T^2) = \ln(A) - (\Phi/kB)(1/T)$ , que é uma equação de uma reta de  $\ln(J/T^2)$  versus  $(1/T)$ , em que  $\ln(A)$  é o coeficiente linear e  $(\Phi/kB)$  é o coeficiente angular da reta. O gráfico da figura abaixo apresenta dados obtidos do efeito termiônico em um filamento de tungstênio. Qual é a função trabalho do tungstênio medida neste experimento?



### Objetivo da Questão

- a) Trata-se de física moderna, porém o objetivo aqui é cobrar uma correta interpretação das instruções contidas no texto e o cálculo do comprimento de onda pedido.
- b) Este item envolve leitura de gráfico combinada com a linearização de uma expressão fornecida no texto. O candidato deveria saber o que significa coeficiente linear de uma reta para resolver a questão.

### Resposta Esperada

a)

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE}}$$

$$E = qU = 1,6 \times 10^{-19} \times 5,0 \times 10^4 = 8 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{\sqrt{18 \times 10^{-31} \times 8 \times 10^{-15}}} = 5,5 \times 10^{-12} \text{ m}$$

b)

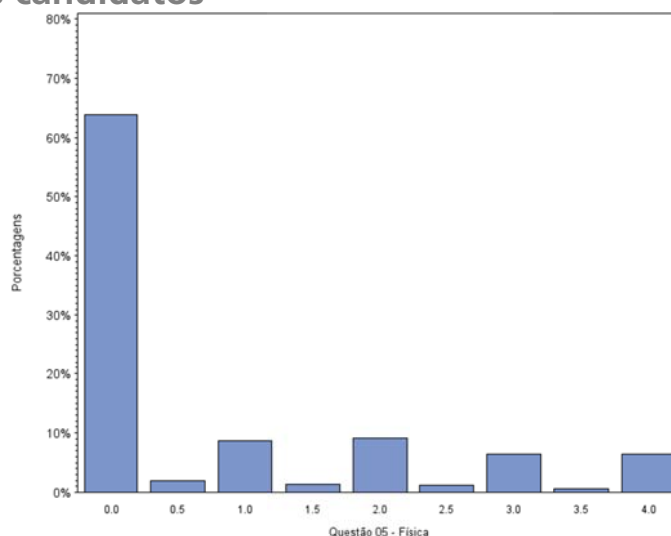
Coeficiente angular da reta :

$$\alpha = \frac{\phi}{k_B} = 50 \times 10^3 \text{ K} \Rightarrow \phi = 50 \times 10^3 \times 1,4 \times 10^{-23}$$

$$= 7 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

## 2ª Fase • Física

### Desempenho dos candidatos



### Comentários Gerais

A questão registrou um enorme percentual de notas zero, muito acima do esperado pela banca elaboradora. Uma importante parte dos zeros são respostas em branco. Apesar de o conteúdo de física moderna não aparecer no Ensino Médio, a questão, praticamente, ensina o candidato a resolver corretamente, fornecendo as expressões envolvidas e explicando passo a passo o que fazer para se chegar à resposta correta.

### Questão 18

O controle da temperatura da água e de ambientes tem oferecido à sociedade uma grande gama de confortos muito bem-vindos. Como exemplo podemos citar o controle da temperatura de ambientes fechados e o aquecimento da água usada para o banho.

- O sistema de refrigeração usado em grandes instalações, como centros comerciais, retira o calor do ambiente por meio da evaporação da água. Os instrumentos que executam esse processo são usualmente grandes torres de refrigeração vazadas, por onde circula água, e que têm um grande ventilador no topo. A água é pulverizada na frente do fluxo de ar gerado pelo ventilador. Nesse processo, parte da água é evaporada, sem alterar a sua temperatura, absorvendo calor da parcela da água que permaneceu líquida. Considere que 110 litros de água a 30°C circulem por uma torre de refrigeração e que, desse volume, 2 litros sejam evaporados. Sabendo que o calor latente de vaporização da água é  $L = 540 \text{ cal/g}$  e que seu calor específico é  $c = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ , qual é a temperatura final da parcela da água que não evaporou?
- A maioria dos chuveiros no Brasil aquece a água do banho por meio de uma resistência elétrica. Usualmente a resistência é constituída de um fio feito de uma liga de níquel e cromo de resistividade  $\rho = 1,1 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ . Considere um chuveiro que funciona com tensão de  $U = 220 \text{ V}$  e potência  $P = 5500 \text{ W}$ . Se a área da seção transversal do fio da liga for  $A = 2,5 \times 10^{-7} \text{ m}^2$ , qual é o comprimento do fio da resistência?

### Objetivo da Questão

- A questão aborda conceitos básicos de termodinâmica como calor específico e calor latente. O objetivo era cobrar a aplicação das recorrentes expressões envolvendo tais conceitos a um sistema de refrigeração real.
- Este item, apesar de abordar o mesmo tema aquecimento/refrigeração, difere do item **a** uma vez que, aqui, o sistema de aquecimento é elétrico. O candidato deveria dominar os conceitos de potência elétrica e sua relação com resistividade e resistência elétricas.

## 2ª Fase • Física

### Resposta Esperada

a)

$$Q_{resf} = Q_{evap} \Rightarrow m_a c |\Delta T| = m_v L$$

$$Q_{evap} = mL = 540 \times 2000 = 1,08 \times 10^6 \text{ cal}$$

$$|\Delta T| = \frac{1,08 \times 10^6}{108 \times 10^3} = 10^0 \text{ C}$$

$$T_f = 20^0 \text{ C}$$

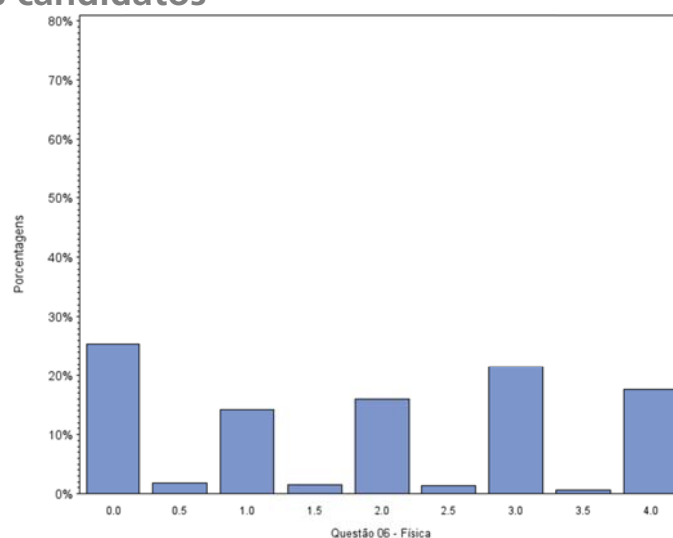
b)

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

$$R = 8,8 \Omega = \frac{\rho l}{A}$$

$$l = \frac{8,8 \times 2,5 \times 10^{-7}}{1,1 \times 10^{-6}} = 2 \text{ m}$$

### Desempenho dos candidatos



### Comentários Gerais

Questão com grande distribuição de notas, como era esperado pela banca elaboradora, uma vez que aborda vários conceitos e pontos do programa relacionados a termodinâmica e eletricidade. O item **a** foi considerado o mais difícil, pois o candidato tinha que relacionar dois processos termodinâmicos no resfriamento da água. Muitos candidatos identificavam corretamente apenas um dos processos.