

As fórmulas necessárias para a resolução de algumas questões são fornecidas no próprio enunciado – leia com atenção. Quando necessário, use:

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\pi = 3$$

CLASSIFICAÇÃO PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

Número atômico → **Mn**
 Símbolo → **Mn**
 Nome → **Manguez**

Massa atômica relativa. A incerteza no último dígito é 2,1, exceto quando indicado entre parênteses. Os valores com * referem-se ao isótopo mais estável.

1

Quando se pretende transformar a espécie X na espécie Y, ambas devem ser unidas por fertilização e, em seguida, os híbridos resultantes devem ser fertilizados com o pólen de Y. Depois, das várias proles resultantes, seriam selecionadas aquelas que apresentassem maior semelhança com Y, que novamente seriam fertilizadas com pólen de Y, e assim sucessivamente até que, finalmente, Y se mantivesse constante nas gerações seguintes. Por este processo, a espécie X teria sido transformada na espécie Y.

(Adaptado de

http://media.wix.com/ugd/b703be_02adaf2adad94fc08b146c5ab0e4b924.pdf. Acessado em 12/12/2016.)

O trecho acima, adaptado da tradução do artigo de Gregor Mendel, ilustra o interesse de Mendel na transformação de espécies.

- O processo descrito por Mendel está relacionado com que prática amplamente usada na agricultura? Quais as vantagens da utilização desse processo na agricultura?
- Considerando que a espécie X tenha as características “A” e “B”, que a espécie Y tenha as características “a” e “b” e que os alelos “A” e “B” são dominantes, a partir do cruzamento de X com Y, em quantas gerações todos os descendentes resultantes teriam apenas as características ab? Quais seriam os genótipos formados em cada uma das gerações?

Resolução

- Trata-se do processo de **hibridização ou cruzamentos seletivos**. As vantagens dessa prática na agricultura são a **obtenção de variedades vegetais que apresentam maior produtividade e resistência**

às variações de fatores ambientais, constituindo o fenômeno do “vigor híbrido”.

b) Pais: (X) AABB x (Y) aabb

F1: 100% AaBb x aabb (Y)

F2: 25% AaBb; 25% Aabb; 25% aaBb e 25% aabb

As variedades que apresentam maior semelhança fenotípica com a espécie Y são: Aabb, aaBb e aabb.

Cruzamentos seletivos em F3:

1.º Aabb x aabb produz 50% Aabb e 50% aabb.

2.º aaBb x aabb produz 50% aaBb e 50% aabb.

3.º aabb x aabb produz 100% aabb. Neste cruzamento, todos os descendentes apresentarão as características a e b da espécie Y.

Foram necessárias três gerações para a obtenção de 100% de indivíduos aabb, desde que os pais sejam ambos aabb.

2

Em 2016 verificamos as consequências do derrame de grande volume de rejeitos de uma mineradora, que se espalhou pelo mar a partir da foz do rio Doce. Os resíduos formaram uma mancha móvel que alterou o equilíbrio do rio, do mar e impactou a economia local dependente da pesca.

- Qual foi a consequência do avanço da lama na biodiversidade do ambiente marinho? Justifique.
- Cite dois fatores decisivos para a recuperação da ictiofauna do rio Doce.

Resolução

- A consequência do avanço da lama da mineradora no ambiente marinho é a redução da biodiversidade devido à diminuição da entrada de luz no mar, ocasionando queda na taxa de fotossíntese e desequilíbrio das cadeias alimentares; bioacumulação de metais pesados nos organismos marinhos, levando-os à morte; e redução da taxa de O_2 dissolvido na água em decorrência do processo de eutrofização.
- Para a recuperação da ictiofauna do Rio Doce, podemos citar os seguintes fatores:
 - proibição da pesca na bacia do Rio;
 - recuperação das matas ciliares e do plâncton;
 - proteção das nascentes da bacia.

A esquistossomose mansônica é uma doença que afeta 7 milhões de brasileiros atualmente. A vacina contra este helminto está em fase pré-clínica de testes e foi desenvolvida por pesquisadores brasileiros.

- a) Quais são as formas infectantes para o hospedeiro vertebrado e para o hospedeiro invertebrado? Indique esses hospedeiros.
- b) Vacinas são estratégias profiláticas importantes no combate a infecções, porém, até o momento, não existem vacinas contra essa parasitose. Cite duas medidas profiláticas efetivas para o controle dessa infecção no homem.

Resolução

- a) **O hospedeiro vertebrado (definitivo) é o ser humano, o qual é infectado pela larva cercária. Já o hospedeiro invertebrado (intermediário) é o caramujo (ex.: *Planorbis sp.* ou *Biomphalaria sp.*), que é infectado pela larva miracídio.**
- b) **São medidas profiláticas efetivas: combate ao hospedeiro intermediário, saneamento básico, evitar nadar em lagoas desconhecidas e tratamento dos doentes.**



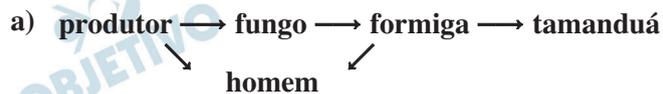
(Fonte: <http://www2.uol.com.br/folhadesaopaulo/C6>.

Acessado em 02/07/2016.)

A figura acima mostra duas reações perante os insetos mencionados, sob pontos de vistas diferentes.

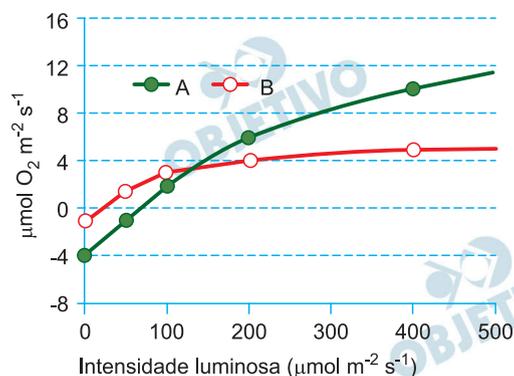
- Construa uma teia alimentar completa que inclua os organismos retratados na figura.
- Considerando que insetos são, em geral, pobres em gorduras e açúcares, qual é a principal fonte de energia oriunda da ingestão de formigas? O que acontece com esse nutriente no estômago humano?

Resolução



- A principal fonte de energia são as proteínas. Estas serão hidrolisadas, em meio ácido ($\text{pH} \approx 2,0$), no estômago humano pela ação da enzima pepsina, resultando na formação de peptídios.

As plantas crescem e se desenvolvem em ambientes com grande variação na disponibilidade de energia luminosa, apresentando importante aclimação da fotossíntese e da respiração foliar. A figura abaixo representa a variação das trocas gasosas de duas espécies, A e B, em função do aumento da disponibilidade de luz. Valores positivos indicam fotossíntese e valores negativos, respiração.



- Qual espécie estaria mais apta a se desenvolver em ambientes de sub-bosque, onde a luz é um fator limitante e raramente excede $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$? Justifique sua resposta.
- Além de modificações fisiológicas como as citadas nas trocas gasosas, cite outras duas características das folhas que tornariam as plantas aptas a se desenvolverem em ambientes sombreados.

Resolução

- A espécie mais apta ao ambiente de sub-bosque é a planta B, pois apresenta ponto de compensação fótica (PCF) mais baixo, caracterizando um vegetal umbrófilo.
- As espécies mais aptas a se desenvolverem em ambientes sombreados apresentam folhas com superfície maior (limbo) – para aumentar a captação de luz – e maior concentração de cloroplastos nas folhas.

A biotecnologia está presente em nosso dia a dia, contribuindo de forma significativa para a nossa qualidade de vida. Ao abastecer um automóvel com etanol, estamos fazendo uso de um produto da biotecnologia obtido com a fermentação de açúcares presentes no caldo extraído da cana-de-açúcar. Após a extração do caldo, uma quantidade significativa de carboidratos presentes na estrutura celular é perdida no bagaço da cana-de-açúcar. A produção de etanol de segunda geração a partir do bagaço seria uma forma de aumentar a oferta de energia renovável, promovendo uma matriz energética mais sustentável.

- a) Cite um carboidrato presente na estrutura da parede celular da cana-de-açúcar que poderia ser hidrolisado para fornecer os açúcares para a obtenção de etanol. Por que a biomassa é considerada uma fonte renovável de energia?
- b) Como os micro-organismos atuam na fermentação e se beneficiam desse processo?

Resolução

- a) **O carboidrato presente na estrutura da parede celular é a celulose.**

A fotossíntese absorve CO_2 da atmosfera, o qual será utilizado na formação da biomassa da cana-de-açúcar. Após a fermentação, o etanol produzido será utilizado na combustão, devolvendo o CO_2 para a atmosfera, que fora absorvido pelo vegetal na fotossíntese.

- b) **A celulose é hidrolisada à glicose, que será utilizada no processo de fermentação, realizado por fungos unicelulares, cujos produtos são etanol, CO_2 e ATP. Este último é fonte de energia necessária à sobrevivência desses micro-organismos.**

7

Os símbolos abaixo são utilizados como alerta nos rótulos de recipientes de vários produtos de uso cotidiano em laboratórios ou residências, podendo se relacionar às seguintes espécies: etanol, amônia, glúten, alimento modificado e argônio.



a) Preencha os parêntesis no espaço de resposta com o número correspondente ao símbolo adequado para cada espécie.

etanol (); amônia (); argônio (); alimento modificado (); glúten ()

b) Um recipiente com ácido sulfúrico apresenta um dos símbolos mostrados no enunciado. Identifique esse símbolo pelo seu respectivo número e justifique a concepção desse símbolo em função da natureza do produto em questão.

Resolução

a) Etanol (3); amônia (6); argônio (5); alimento modificado (2); glúten (1).

Figura 1: glúten. O glúten é uma das proteínas do trigo, o que pode ser relacionado com a figura que apresenta o ramo de um vegetal.

Figura 2: alimento modificado. O símbolo apresentado é frequente em embalagens de alimentos que possuem transgênicos.

Figura 3: etanol. O etanol é um combustível, facilmente inflamável, formando chamas, tal qual indica a figura.

Figura 5: argônio. O gás nobre argônio é comumente armazenado em cilindros, como ilustra a figura.

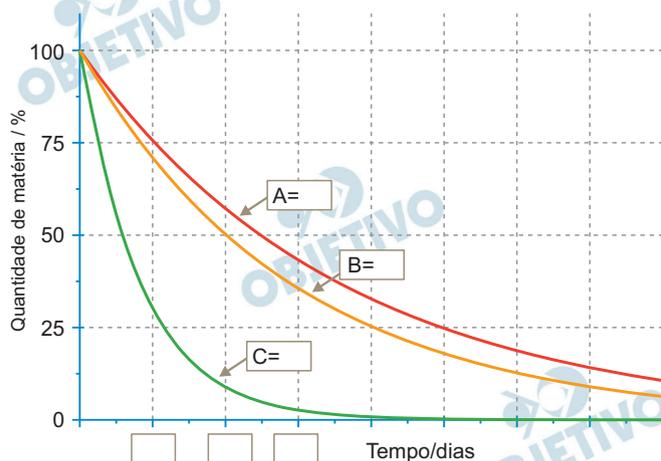
Figura 6: amônia. A amônia é tóxica e, se inalada em grandes quantidades, pode levar o sujeito à morte.

b) O ácido sulfúrico (H_2SO_4) relaciona-se com a imagem 4. O H_2SO_4 é um ácido forte (ionização próxima a 100%) e gera o ânion sulfato (SO_4^{2-}), o qual, em meio ácido, é fortemente oxidante, tornando o meio corrosivo, coerente com a figura.

8

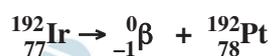
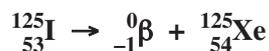
A braquiterapia é uma técnica médica que consiste na introdução de pequenas sementes de material radiativo nas proximidades de um tumor. Essas sementes, mais frequentemente, são de substâncias como ^{192}Ir , ^{103}Pd ou ^{125}I . Estes três radioisótopos sofrem processos de decaimento através da emissão de partículas $^0_{-1}\beta$. A equação de decaimento pode ser genericamente representada por $^A_p\text{X} \rightarrow ^{A'}_{p'}\text{Y} + ^0_{-1}\beta$, em que X e Y são os símbolos atômicos, A e A' são os números de massa e p e p' são os números atômicos dos elementos.

- Tomando como modelo a equação genérica fornecida, escolha apenas um dos três radioisótopos utilizados na braquiterapia, consulte a tabela periódica e escreva sua equação completa no processo de decaimento.
- Os tempos de meia vida de decaimento (em dias) desses radioisótopos são: ^{192}Ir (74,2), ^{103}Pd (17) e ^{125}I (60,2). Com base nessas informações, complete o gráfico que aparece no espaço de resolução, identificando as curvas A, B e C com os respectivos radioisótopos, e colocando os valores nas caixas que aparecem no eixo que indica o tempo.



Resolução

- Decaimento radioativo por emissão beta:**



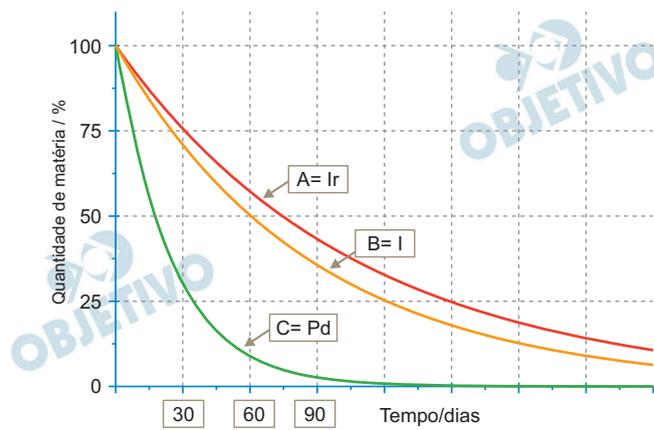
- Dadas as meias-vidas em dias:

Ir: 74,2

Pd: 17

I: 60,2

Quanto menor a meia-vida, mais inclinada será a curva de decaimento do isótopo radioativo.



Na curva de decaimento do iodo, ao atingir 50%, teremos aproximadamente 60 dias; seguindo a escala do gráfico, o quadrado à esquerda será 30 e o da direita, 90.

9

Um teste caseiro para saber se um fermento químico ainda se apresenta em condições de bom uso consiste em introduzir uma amostra sólida desse fermento em um pouco de água e observar o que acontece. Se o fermento estiver bom, ocorre uma boa efervescência; caso contrário, ele está ruim. Considere uma mistura sólida que contém os íons dihidrogenofosfato, H_2PO_4^- , e hidrogenocarbonato, HCO_3^- .

- a) Considerando que o teste descrito anteriormente indica que a mistura sólida pode ser de um fermento que está bom, escreva a equação química que justifica esse resultado.
- b) Tendo em vista que a embalagem do produto informa que 18 g desse fermento químico devem liberar, no mínimo, $1,45 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ de gases a 298 K e 93.000 Pa, determine a mínima massa de hidrogenocarbonato de sódio que o fabricante deve colocar em 18 gramas do produto.

Dado: $R = 8,3 \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Resolução

- a) **Equação química da reação entre o hidrogenocarbonato (HCO_3^-) e o di-hidrogenofosfato (H_2PO_4^-):**



A efervescência acontece pela formação de gás carbônico (CO_2).

- b) Para cada 1 mol de CO_2 formado, consumiu-se 1 mol de NaHCO_3 . Assim, tem-se:

$$PV = n R T \rightarrow 93\,000 \cdot 1,45 \cdot 10^{-3} = n \cdot 8,3 \cdot 298 \rightarrow$$

$$\rightarrow n = 5,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol de } \text{CO}_2$$

Assim, consumiram-se $5,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ de NaHCO_3 .

A massa desta quantidade de matéria é igual a:

$$1 \text{ mol de } \text{NaHCO}_3 \text{ ————— } 84 \text{ g}$$

$$5,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol ————— } x \text{ g}$$

$$x \cong 4,58 \text{ g de } \text{NaHCO}_3$$

10

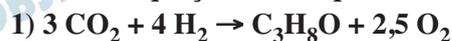
Uma reportagem em revista de divulgação científica apresenta o seguinte título: *Pesquisadores estão investigando a possibilidade de combinar hidrogênio com dióxido de carbono para produzir hidrocarbonetos, com alto poder energético, “ricos em energia”*. O texto da reportagem explicita melhor o que está no título, ao informar que “em 2014 um grupo de pesquisadores desenvolveu um sistema híbrido que usa bactérias e eletricidade, conjuntamente, em um coletor solar, para gerar hidrogênio a partir da água, e fazer sua reação com dióxido de carbono, para produzir isopropanol”, como representa a equação a seguir.



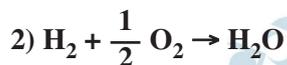
- a) Considerando que a entalpia padrão de formação da água é -286 kJ/mol , qual é a quantidade de energia que seria utilizada na produção de 1 mol de isopropanol, a partir de água e CO_2 , da maneira como explica o enunciado acima?
- b) Qual seria a energia liberada pela queima de 90 gramas de isopropanol obtido dessa maneira? Considere uma combustão completa e condição padrão.

Resolução

a) Dadas as equações termoquímicas:

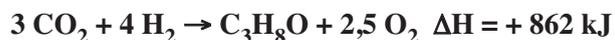


$$\Delta H = + 862 \text{ kJ}$$



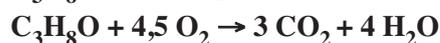
$$\Delta H_f = - 286 \text{ kJ}$$

Para obter a quantidade de energia utilizada na formação de 1 mol de isopropanol ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$) a partir de CO_2 e H_2O , devemos manter a primeira equação e inverter e multiplicar por 4 a segunda equação, e depois somá-las, de acordo com a Lei de Hess.



$$\Delta H = + 2006 \text{ kJ}$$

b) $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$: $M = 60 \text{ g/mol}$



$$\Delta H = - 2006 \text{ kJ}$$

$$60 \text{ g} \xrightarrow{\text{liberam}} 2006 \text{ kJ}$$

$$90 \text{ g} \xrightarrow{\quad\quad\quad} x$$

$$x = 3009 \text{ kJ}$$

Concluimos que a queima de 90 g de isopropanol libera 3009 kJ.

Uma das alternativas para o tratamento de lixo sólido consiste na tecnologia de reciclagem quaternária, em que o lixo sólido não perecível é queimado em usinas específicas. Nessas usinas, os resíduos oriundos da queima são retidos e não são emitidos diretamente para o meio ambiente. Um dos sistemas para retenção da parte gasosa dos resíduos apresenta um filtro que contém uma das seguintes substâncias: Na_2CO_3 , NaOH , CaO ou CaCO_3 .

- a) Considere a seguinte afirmação: essa tecnologia apresenta dupla vantagem porque, além de resolver o problema de ocupação do espaço, também gera energia. Responda, inicialmente, se concorda totalmente, concorda parcialmente ou se discorda totalmente dessa afirmação e, em seguida, justifique sua escolha.
- b) Durante a queima que ocorre no tratamento do lixo, os seguintes gases podem ser liberados: NO_2 , SO_2 e CO_2 . Escolha um desses gases e indique um filtro adequado para absorvê-lo, dentre as quatro possibilidades apresentadas no enunciado. Justifique sua escolha utilizando uma equação química.

Resolução

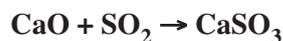
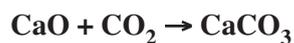
- a) **Concordo parcialmente.**

O processo gera energia devido à combustão de uma parte dos sólidos do lixo.

Conforme o enunciado, temos resíduos sólidos que são retidos, portanto, não vai resolver totalmente o problema de ocupação do espaço.

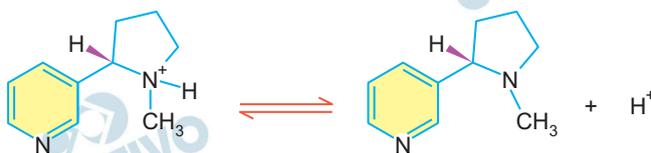
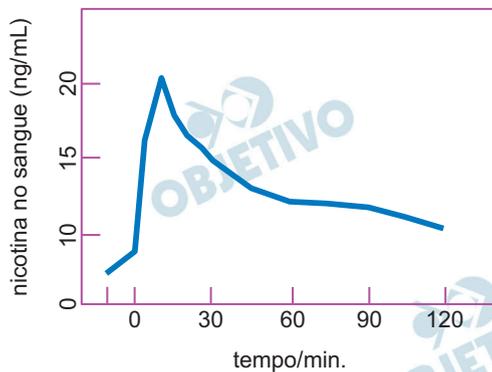
- b) **Os gases liberados (NO_2 , SO_2 e CO_2) são óxidos ácidos, portanto, reagem com uma substância de caráter básico.**

Um filtro adequado é o que contém o CaO , que é um óxido básico que vai reagir com esses gases. O vestibulando pode escolher uma das equações químicas abaixo:



12

O sangue que circula por todo o nosso corpo é muito resistente a alterações, mas acaba sendo o depósito de muitos resíduos provenientes da ingestão de alguma substância. No caso dos fumantes, o contato com a nicotina após o consumo de um cigarro leva à variação de concentração de nicotina no sangue ao longo do tempo, como mostra o gráfico abaixo.



- a) Considere o momento em que a quantidade de nicotina no sangue de um fumante atinge seu valor máximo. Se nesse momento o pH do sangue for de 7,4, qual espécie estará em maior concentração (mol/L): o H^+ ou a nicotina total? Justifique sua resposta.
- b) A constante de equilíbrio da equação acima é $1,0 \times 10^{-8}$. Qual das formas da nicotina estará em maior concentração no sangue: a forma protonada ou a desprotonada? Justifique sua resposta.
- Dados: massa molar da nicotina = $162,2 \text{ g mol}^{-1}$, $\log_{10}4 = 0,6$.

Resolução

- a) Considerando, segundo o gráfico, que a quantidade máxima de nicotina é 20 ng/mL, calcula-se a quantidade de matéria (mol) por mL:

$$n = \frac{20 \cdot 10^{-9} \text{ g}}{162,2 \text{ g/mol}} = 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ mol/mL}$$

Cálculo da concentração de nicotina total em mol/L:

$$\begin{array}{l} 1,23 \cdot 10^{-10} \text{ mol} \text{ ——— } 1 \text{ mL} \\ \times \text{ ——— } 1 \text{ 000 mL} \\ \hline x = 1,23 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L} \end{array}$$

Cálculo da concentração de H^+ no sangue:

$$\text{pH} = -\log [H^+]$$

$$-\log [H^+] = 7,4 \Rightarrow [H^+] = 10^{-7,4} \text{ mol/L}$$

$$[H^+] = 10^{-8} \cdot 10^{0,6}$$

$$\log_{10} 4 = 0,6 \Rightarrow 10^{0,6} = 4$$

$$[H^+] = 4 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L}$$

Logo, a nicotina total está em maior concentração.

$$1,23 \cdot 10^{-7} \text{ mol/L} > 4 \cdot 10^{-8} \text{ mol/L}$$

$$b) K_a = \frac{[\text{nicotina desprotonada}] \cdot [H^+]}{[\text{nicotina protonada}]}$$

$$K_a = 10^{-8} \text{ e } [H^+] = 10^{-7,4} \text{ mol/L}$$

$$10^{-8} = \frac{[\text{nicotina desprotonada}] \cdot [10^{-7,4}]}{[\text{nicotina protonada}]}$$

$$\frac{[\text{nicotina desprotonada}]}{[\text{nicotina protonada}]} = 10^{-0,6}$$

$$\frac{[\text{nicotina protonada}]}{[\text{nicotina desprotonada}]} = 10^{0,6}$$

$$\log_{10} 4 = 0,6 \Rightarrow 10^{0,6} = 4$$

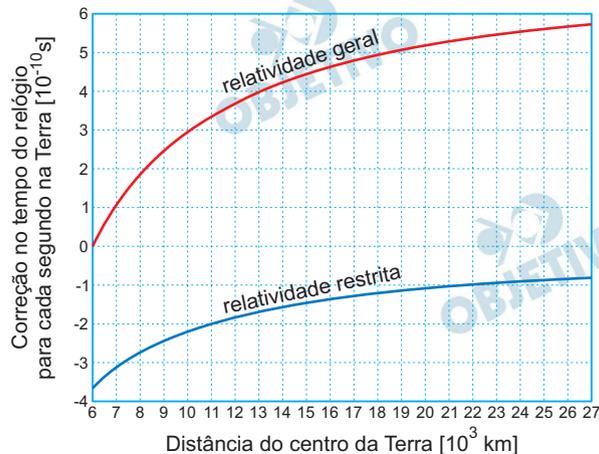
$$\frac{[\text{nicotina protonada}]}{[\text{nicotina desprotonada}]} = 4$$

Logo, a forma protonada está em maior concentração.

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 $R_{\text{GPS}} = 27.000 \text{ km}$ do centro da Terra, seu período de rotação em torno do centro da Terra é $T_{\text{GPS}} = 12 \text{ horas}$ e sua órbita é circular.

- a) Qual é a velocidade escalar média de um satélite do sistema GPS?
- b) 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?

Resolução

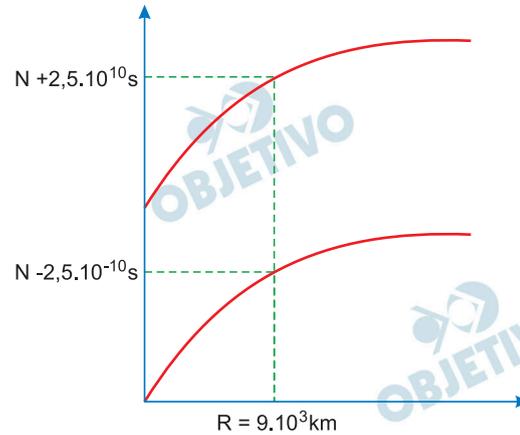
$$a) \quad V = \frac{2\pi R}{T}$$

$$V = \frac{2 \cdot 3 \cdot 27\,000}{12} \text{ (km/h)}$$

$$V = 13\,500 \text{ km/h} = \frac{13\,500}{3,6} \text{ m/s} = 3\,750 \text{ m/s}$$

$$V = 1,35 \cdot 10^4 \text{ km/h} \quad \text{ou} \quad V = 3,75 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

- b) De acordo com o gráfico, os efeitos relativísticos se cancelam para $R = 9 \cdot 10^3 \text{ km}$, ou seja, a soma dos efeitos é zero.



Pela 3ª Lei de Kepler:

$$\left(\frac{T}{T_{\text{GPS}}} \right)^2 = \left(\frac{R}{R_{\text{GPS}}} \right)^3$$

$$\left(\frac{T}{12} \right)^2 = \left(\frac{9 \cdot 10^3}{27 \cdot 10^3} \right)^3$$

$$\frac{T^2}{144} = \left(\frac{1}{3} \right)^3$$

$$T^2 = \frac{144}{27} \text{ (h}^2\text{)} \Rightarrow T = \frac{12}{\sqrt{27}} \text{ (h)}$$

$$T = \frac{12}{3\sqrt{3}} \text{ h} \Rightarrow T = \frac{4\sqrt{3}}{3} \text{ h}$$

Respostas: a) $V = 1,35 \cdot 10^4 \text{ km/h}$ ou

$$V = 3,75 \cdot 10^3 \text{ m/s}$$

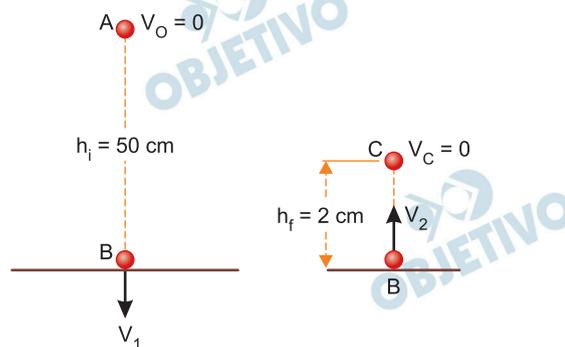
$$\text{b) } T = \frac{4\sqrt{3}}{3} \text{ h}$$

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.

- a) 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?
- b) 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 cm². Suponha que a densidade superficial média de lodo na folha é de $2,5 \times 10^{-3}$ gramas/cm². Estime a massa da gota de água e calcule sua velocidade no instante em que ela deixa a folha.

Resolução

a)



1) Conservação da energia mecânica antes da colisão:

$$E_B = E_A \quad (\text{referência em B})$$

$$\frac{m V_1^2}{2} = m g h_i \Rightarrow V_1 = \sqrt{2g h_i}$$

2) Conservação da energia mecânica após a colisão:

$$E_C = E_B \quad (\text{referência em B})$$

$$m g h_f = \frac{m V_2^2}{2} \Rightarrow V_2 = \sqrt{2g h_f}$$

3) Coeficiente de restituição:

$$e = \frac{V_{af}}{V_{ap}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\sqrt{2g h_f}}{\sqrt{2g h_i}}$$

$$e = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}} = \sqrt{\frac{2}{50}} = \sqrt{\frac{1}{25}}$$

$$e = \frac{1}{5}$$

b) 1) Cálculo da massa de lodo agregada à gota:

$$\sigma = \frac{m}{A} \Rightarrow m = \sigma A = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \text{ (g)}$$

$$m = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 5,0 \text{ mg}$$

2) A massa de uma gota de água pode ser estimada em $m_a = 25 \text{ mg}$.

3) A interação entre a gota e o lodo pode ser imaginada como uma colisão perfeitamente inelástica com conservação da quantidade de movimento total.

$$Q_f = Q_i$$

$$(m_a + m) V_f = m_a V_i$$

$$(25 + 5,0) V_f = 25 \cdot 3$$

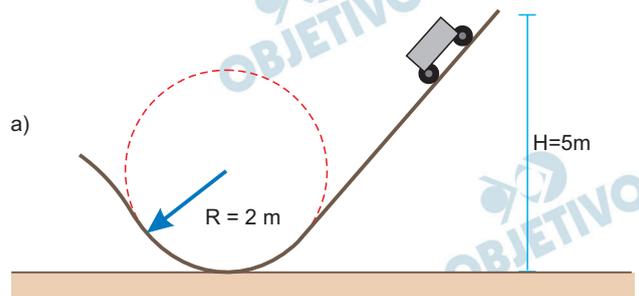
$$V_f = 2,5 \text{ mm/s}$$

Respostas: a) $e = \frac{1}{5}$

b) $V_f = 2,5 \text{ mm/s}$

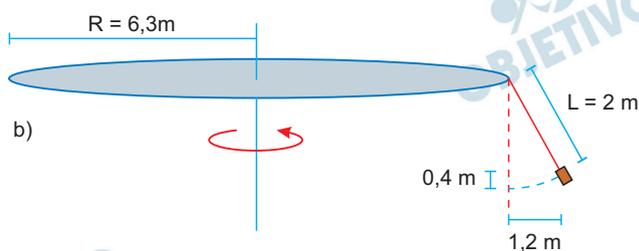
Os brinquedos de parques de diversões utilizam-se de princípios da Mecânica para criar movimentos aos quais não estamos habituados, gerando novas sensações. Por isso um parque de diversões é um ótimo local para ilustrar princípios básicos da Mecânica.

- 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.



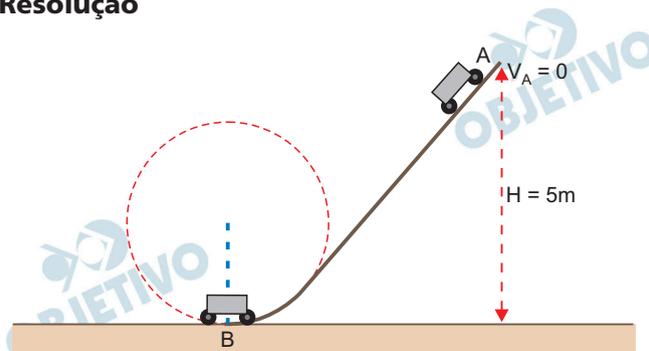
Calcule o módulo da aceleração no ponto mais baixo do circuito, considerando que o carrinho partiu do repouso.

- 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 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.

Resolução



a) 1) Conservação da energia mecânica entre A e B:

$$E_B = E_A \quad (\text{referência em B})$$

$$\frac{m V_B^2}{2} = m g h \Rightarrow V_B^2 = 2 g h$$

2)



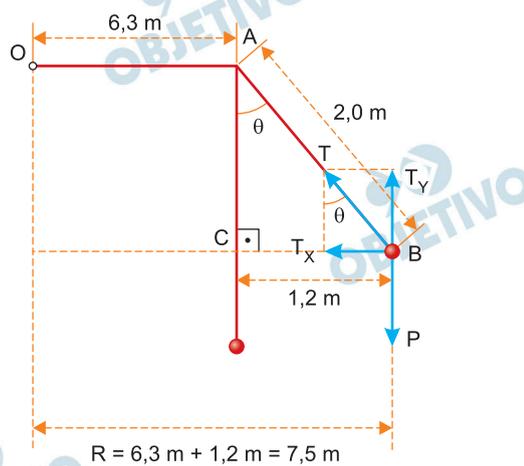
Na posição B, a força resultante é centrípeta e, portanto, a aceleração também será centrípeta.

$$a = \frac{V_B^2}{R} = \frac{2 g h}{R}$$

$$a = \frac{2 \cdot 10 \cdot 5}{2} \quad (\text{m/s}^2)$$

$$a = 50 \text{ m/s}^2$$

b)



1) Da figura:

$$(AB)^2 = (AC)^2 + (BC)^2$$

$$(2,0)^2 = (AC)^2 + (1,2)^2$$

$$AC = 1,6\text{m}$$

$$\text{tg } \theta = \frac{BC}{AC} = \frac{1,2}{1,6} \Rightarrow \text{tg } \theta = 0,75$$

$$2) T_y = P = mg$$

$$3) T_x = F_{cp} = m \omega^2 R$$

$$4) \operatorname{tg} \theta = \frac{T_x}{T_y} = \frac{m \omega^2 R}{m g}$$

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

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

$$\omega = \sqrt{\frac{g \operatorname{tg} \theta}{R}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{10 \cdot 0,75}{7,5}} \left(\frac{\operatorname{rad}}{\operatorname{s}} \right)$$

$$\omega = 1,0 \operatorname{rad/s}$$

Respostas: a) $a = 50 \operatorname{m/s}^2$

b) $\omega = 1,0 \operatorname{rad/s}$

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

- a) Para aproveitar a energia obtida dos raios solares e poder voar tanto à noite quanto de dia, o Solar Impulse 2, de massa aproximada $m = 2000$ kg, voava em alta altitude e velocidade $v_{\text{dia}} = 90$ 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 $v_{\text{noite}} = 57,6$ km/h. Qual é a variação da energia cinética do avião entre o dia e a noite?
- b) As asas e a fuselagem do Solar Impulse 2 são cobertas por 270 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 $P = 50,0$ kW e baterias que podem armazenar até $E = 164$ 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?

Resolução

- a) A variação da energia cinética do avião, ΔE_c , é a diferença entre as energias cinéticas da aeronave durante a noite e durante o dia.

$$\Delta E_c = E_{c_{\text{noite}}} - E_{c_{\text{dia}}}$$

$$\Delta E_c = \frac{m V_{\text{noite}}^2}{2} - \frac{m V_{\text{dia}}^2}{2}$$

Sendo $m = 2000$ kg,

$$V_{\text{noite}} = 57,6 \text{ km/h} = \frac{57,6}{3,6} \text{ m/s} = 16,0 \text{ m/s} \text{ e}$$

$$V_{\text{dia}} = 90,0 \text{ km/h} = \frac{90,0}{3,6} \text{ m/s} = 25,0 \text{ m/s, vem:}$$

$$\Delta E_c = \frac{2000}{2} [(16,0)^2 - (25,0)^2] \text{ (J)}$$

Da qual:

$$\Delta E_c = -3,69 \cdot 10^5 \text{ J} = -369 \text{ kJ}$$

- b) I) A intensidade de radiação solar aproveitada pelo sistema, $I_{\text{útil}}$, fica determinada por:

$$I_{\text{útil}} = 25\% I \Rightarrow I_{\text{útil}} = 0,25 \cdot 1,2 \text{ (kW/m}^2\text{)}$$

$$I_{\text{útil}} = 0,30 \text{ kW/m}^2$$

II) Sendo $P_{\text{útil}}$ a potência disponibilizada aos motores do avião, tem-se:

$$I_{\text{útil}} = \frac{P_{\text{útil}}}{A} \Rightarrow 0,30 = \frac{P_{\text{útil}}}{270}$$

Da qual: $P_{\text{útil}} = 81,0 \text{ kW}$

III) A potência de operação dos motores da aeronave, P_{oper} , é calculada fazendo-se:

$$P_{\text{oper}} = 80\% P \Rightarrow P_{\text{oper}} = 0,80 \cdot 50,0 \text{ (kW)}$$

Da qual: $P_{\text{oper}} = 40,0 \text{ kW}$

IV) O intervalo de tempo total para a carga da bateria, Δt , é obtido fazendo-se:

$$(a) P_{\text{bat}} = P_{\text{útil}} - P_{\text{oper}}$$

$$P_{\text{bat}} = 81,0 - 40,0 \text{ (kW)}$$

$$P_{\text{bat}} = 41,0 \text{ kW}$$

$$(b) P_{\text{bat}} = \frac{E}{\Delta t} \Rightarrow 41,0 = \frac{164}{\Delta t}$$

Do que se conclui:

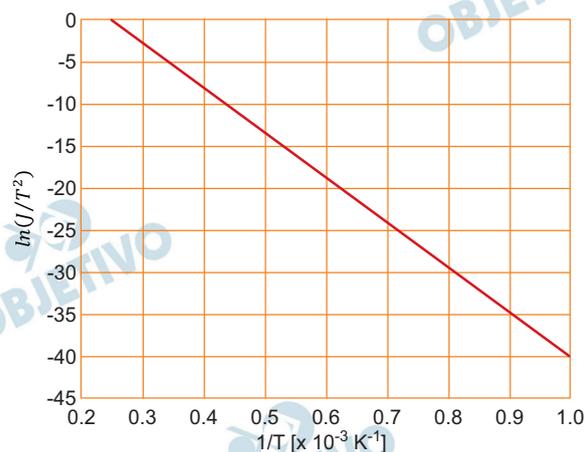
$$\Delta t = 4,0\text{h}$$

Respostas: a) $- 3,69 \cdot 10^5 \text{ J}$ ou $- 369 \text{ kJ}$

b) $4,0\text{h}$

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 $\lambda = h/(2m_e E_c)^{1/2}$, em que E_c é a energia cinética do elétron, $m_e \sim 9 \times 10^{-31}$ kg é a massa do elétron e $h \sim 6,6 \times 10^{-34}$ N.m.s é a constante de Planck. Qual é o comprimento de onda do elétron em um microscópio eletrônico em que os elétrons são acelerados, a partir do repouso, por uma diferença de potencial de $U = 50$ kV? Caso necessário, use a carga do elétron $e = 1,6 \times 10^{-19}$ 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 $J = AT^2 e^{(-\Phi/(k_B T))}$, em que A é a constante de Richardson, T é a temperatura em kelvin, $k_B = 1,4 \times 10^{-23}$ J/K é a constante de Boltzmann e Φ , denominado função trabalho, é a energia necessária para remover um elétron do filamento. A expressão para J pode ser reescrita como $\ln(J/T^2) = \ln(A) - (\Phi/k_B)(1/T)$, que é uma equação de uma reta de $\ln(J/T^2)$ versus $(1/T)$, em que $\ln(A)$ é o coeficiente linear e (Φ/k_B) 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?



Resolução

- a) Pelo teorema da energia cinética, temos:

$$\tau = \Delta E_c$$

$$e \cdot U = E_c - E_{c_0}$$

$$1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50 \cdot 10^3 = E_c$$

$$E_c = 8,0 \cdot 10^{-15} \text{ J}$$

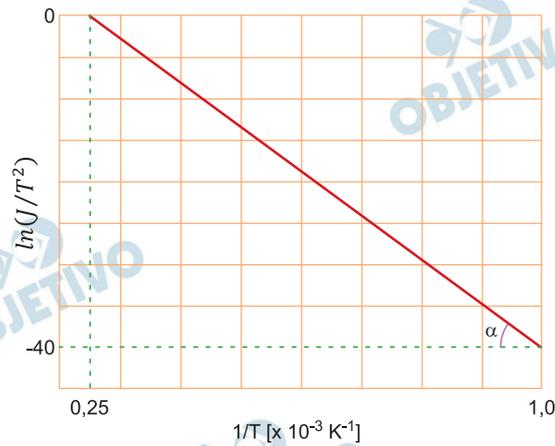
Da expressão fornecida pelo enunciado, vem:

$$\lambda = \frac{h}{(2m_e E_c)^{1/2}}$$

$$\lambda \cong \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{\sqrt{2 \cdot 9 \cdot 10^{-31} \cdot 8,0 \cdot 10^{-15}}} \text{ (m)}$$

$$\lambda \cong 5,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

- b) De acordo com o enunciado, (Φ/k_B) é o coeficiente angular da reta fornecida. Assim, temos:



$$\frac{\Phi}{1,4 \cdot 10^{-23}} \cong \frac{40}{0,75 \cdot 10^{-3}}$$

$$\Phi \cong 7,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Respostas: a) $\lambda \cong 5,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}$

b) $\Phi \cong 7,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

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.

- a) 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?
- b) 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?

Resolução

- a) Ao evaporar, a água retira calor do sistema e a temperatura diminui.

Calor retirado de 108 ℓ de água para variar a temperatura de $\Delta\theta$

Calor para evaporar 2ℓ de água

$$Q_{\text{resfriamento da água}} = Q_{\text{evaporação}}$$

$$m_A c |\Delta\theta| = m_v \cdot L$$

$$108 \cdot 10^3 \cdot 1,0 |\Delta\theta| = 2 \cdot 10^3 \cdot 540$$

$$|\Delta\theta| = 10^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta\theta = -10^{\circ}\text{C} \Rightarrow \theta_f - 30 = -10 \Rightarrow \theta_f = 20^{\circ}\text{C}$$

- b) A resistência elétrica é dada por:

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

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

$$R = \frac{(220)^2}{5500} (\Omega)$$

$$R = 8,8\Omega$$

Pela 2ª Lei de Ohm, temos:

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

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

$$L = \frac{8,8 \cdot 2,5 \cdot 10^{-7}}{1,1 \cdot 10^{-6}} (\text{m})$$

$$L = 2,0\text{m}$$

Respostas: a) 20°C

b) 2,0m