

Classificação Periódica dos Elementos Químicos

1																	18
H 1,0079																	He 4,0026
2											13	14	15	16	17		
Li 6,941(2)	Be 9,0122											B 10,811(5)	C 12,011	N 14,007	O 15,999	F 18,998	Ne 20,180
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Na 22,990	Mg 24,305	Al 26,982	Si 28,086	P 30,974	S 32,06(6)	Cl 35,453	Ar 39,948										
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K 39,098	Ca 40,078(4)	Sc 44,956	Ti 47,887	V 50,942	Cr 51,996	Mn 54,938	Fe 55,845(2)	Co 58,933	Ni 58,693	Cu 63,546(3)	Zn 65,38(2)	Ga 69,723	Ge 72,61(2)	As 74,922	Se 78,96(3)	Br 79,904	Kr 83,80
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb 85,468	Sr 87,62	Y 88,906	Zr 91,224(2)	Nb 92,906	Mo 95,94(2)	Tc 98,906	Ru 101,07(2)	Rh 102,91	Pd 106,42	Ag 107,87	Cd 112,41	In 114,82	Sn 118,71	Sb 121,76	Te 127,6(3)	I 126,905	Xe 131,29(4)
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Cs 132,91	Ba 137,33	La-Lu	Hf 178,49(2)	Ta 180,95	W 183,84	Re 186,21	Os 190,23(2)	Ir 192,22	Pt 195,08(3)	Au 196,97	Hg 200,59(2)	Tl 204,38	Pb 207,2	Bi 208,98	Po 209	At 209	Rn 222
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
Fr 223	Ra 226	Ac-Lr	Rf 261	Db 262	Sg 263	Bh 264	Hs 265	Mt 266									
<p> Número atômico → Z Símbolo → X Nome → Nome Massa atômica relativa, A, arredonda no último dígito a 1, exceto quando indicado entre parênteses. Os valores com "referência ao átomo mais estável". </p>																	
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106
La 138,91	Ce 140,12	Pr 140,91	Nd 144,24(2)	Pm 144,91	Sm 150,36(3)	Eu 151,96	Gd 157,25(3)	Tb 158,93	Dy 162,50(3)	Ho 164,93	Er 167,25(3)	Tm 168,93	Yb 173,05(3)	Lu 174,96			
Ac 227,03	Th 232,04	Pa 231,04	U 238,03	Np 237,05	Pu 239,05	Am 241,06	Cm 244,06	Bk 247,07	Cf 251,08	Es 252,09	Fm 257,10	Md 258,10	No 259,10	Lr 262,11			

1

Doenças graves como o botulismo, a lepra, a meningite, o tétano e a febre maculosa são causadas por bactérias. As bactérias, no entanto, podem ser úteis em tecnologias que empregam a manipulação de DNA, funcionando como verdadeiras “fábricas” de medicamentos como a insulina.

- Explique como a bactéria pode ser utilizada para a produção de medicamentos.
- O botulismo e o tétano decorrem da ação de toxinas produzidas por bactérias que são adquiridas de diferentes formas pelos seres humanos. Como pode ocorrer a contaminação por essas bactérias?

Resolução

- A bactéria, fruto da manipulação de DNA, é transgênica, isto é, recebe, incorpora e expressa um gene que lhe é estranho. Tal gene implantado tem a codificação genética que leva à síntese de uma proteína com uso de interesse do ponto de vista médico.
- O botulismo e o tétano são exemplos de infecções provocadas por bactérias que liberam exotoxinas. No caso do botulismo, a contaminação faz-se por intermédio de alimentos que apresentam a exotoxina botulínica, como, por exemplo, palmito em conserva. No tétano, a contaminação é feita por esporos do *Clostridium tetani*, que adentra o organismo através de ferimentos na pele, feita por objetos contaminados.

2

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a habitar o meio terrestre. Provavelmente surgiram de peixes crossopterígeos que eventualmente saíam da água à procura de insetos. Antes de ganharem o meio terrestre, esses ancestrais dos anfíbios passaram por modificações em sua estrutura e em sua fisiologia.

- a) Mencione duas modificações importantes nessa transição.
- b) Os anfíbios são classificados em três ordens: Gymnophiona ou Apoda (cobras cegas), Urodela (salamandras) e Anura (sapos, rãs e pererecas). Mencione uma característica exclusiva de cada uma delas.

Resolução

- a) **Respiração pulmonar e presença de patas.**
- b) **Apoda → ausência de estruturas locomotoras.**
Urodela → respiração branquial na vida adulta e presença de cauda.
Anura → ausência de cauda.

3

As aves migratórias voam muitas vezes a grandes altitudes e por longas distâncias sem parar. Para isso, elas apresentam adaptações estruturais e também fisiológicas, como a maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio.

- a) Explique a importância da maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio nas aves migratórias.
- b) Indique duas adaptações estruturais que as aves em geral apresentam para o voo e qual a importância dessas adaptações.

Resolução

- a) **Aves migratórias voam grandes distâncias, necessitando de grande quantidade de oxigênio em sua musculatura. Além disso, nas grandes altitudes, o ar é rarefeito.**
- b) **Os ossos pneumáticos, os sacos aéreos e a ausência de bexiga urinária tornam o corpo mais leve. O osso esterno em quilha permite a inserção dos poderosos músculos responsáveis pela movimentação das asas e assegura forma aerodinâmica.**

A polinização geralmente ocorre entre flores da mesma planta ou entre flores de plantas diferentes da mesma espécie, caracterizando a polinização ou fecundação cruzada. Como a maioria das flores é hermafrodita (monóclina), há mecanismos que evitam a autopolinização (autofecundação).

- a) Explique um dos mecanismos que dificultam ou evitam a autopolinização.
- b) Qual a importância dos mecanismos que evitam a autopolinização?

Resolução

- a) **A autopolinização das flores pode ser evitada por vários fenômenos, entre eles:**
 - **Dicogamia** – consiste no amadurecimento dos órgãos reprodutores em épocas diferentes e pode ser: *protandria*, quando o androceu amadurece antes do gineceu; e *protoginia*, quando o gineceu se torna receptivo ao pólen antes do amadurecimento do androceu.
 - **Hercogamia** – nesse caso, a flor desenvolve obstáculo (barreira) que separa o gineceu do androceu.
 - **Autoesterilidade** – a flor é estéril ao seu próprio pólen.
 - **Heterostilia** – crescimento diferencial entre o estilete e o filete. O estilete cresce muito, levando o estigma do gineceu para fora da flor, tornando-o mais suscetível de receber pólen proveniente de outras flores.
- b) **A autopolinização facilita a autogamia e dificulta a variação genética. Evitando-se a autopolinização das flores, a planta procura assegurar a fecundação cruzada e a variação genética da espécie.**

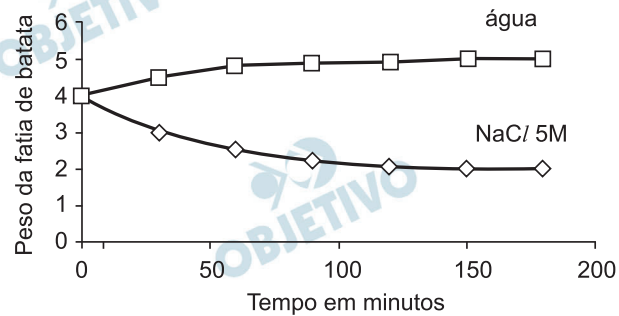
As substâncias orgânicas que nutrem as plantas são produzidas por meio da fotossíntese em células dotadas de cloroplastos, localizadas principalmente nas folhas. Nesse processo, que tem a luz como fonte de energia, moléculas de água (H_2O) e de gás carbônico (CO_2) reagem, originando moléculas orgânicas. As moléculas de água são absorvidas principalmente através da raiz, e o CO_2 , através dos estômatos.

- a) A abertura dos estômatos depende de diversos fatores ambientais. Cite um fator ambiental que afeta a abertura estomática e explique como isso ocorre.
- b) Que processo permite que a planta utilize parte das substâncias orgânicas produzidas na fotossíntese como fonte de energia para suas células? Em que consiste esse processo?

Resolução

- a) **A luz é um dos fatores ambientais que afeta a abertura estomática. Na presença de luz, as células estomáticas realizam fotossíntese, consomem CO_2 e tornam o meio alcalino. Neste meio, o amido (menos solúvel) é transformado em glicose (mais solúvel). A água é absorvida por osmose, provocando a turgescência das células-guarda e, consequentemente, a abertura do ostíolo. Além da luz, outros fatores ambientais, como CO_2 e água, também afetam a abertura estomática.**
- b) **Respiração celular.**
A respiração celular é um processo exotérmico, no qual a matéria orgânica, produzida na fotossíntese, reage com o oxigênio, liberando gás carbônico, água e energia. Esta energia é utilizada nos processos vitais da planta.

Duas fatias iguais de batata, rica em amido, foram colocadas em dois recipientes, um com NaCl 5M e outro com H₂O. A cada 30 minutos as fatias eram retiradas da solução de NaCl 5M e da água, enxugadas e pesadas. A variação de peso dessas fatias é mostrada no gráfico a seguir.

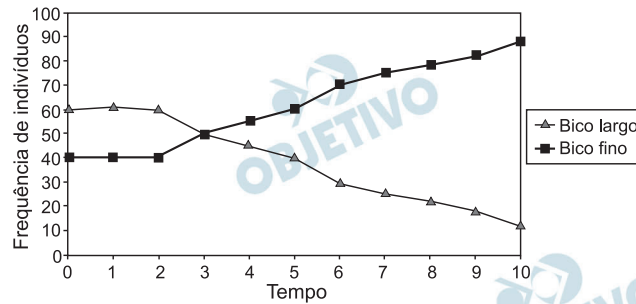


- Explique a variação de peso observada na fatia de batata colocada em NaCl 5M e a observada na fatia de batata colocada em água.
- Hemácias colocadas em água teriam o mesmo comportamento das células da fatia da batata em água? Justifique.

Resolução

- Colocada em NaCl 5M, as células vegetais vão perder água por osmose, portanto, ocorre perda de peso. Colocada em água, as células vegetais vão ganhar água por osmose, portanto, ocorre ganho de peso.
- Não, pois apesar de ambas ganharem água, a célula vegetal fica túrgida, nunca se rompe, devido à presença da parede celular e a hemácia sofre lise (presença apenas de membrana plasmática).

O gráfico abaixo mostra a variação ao longo do tempo na frequência de dois fenótipos, relativos à forma do bico de uma espécie de ave. Os pesquisadores notaram uma relação dessa variação fenotípica com uma alteração na disponibilidade de diferentes tipos de organismos predados por essas aves e atribuíram a variação observada à seleção natural.



- Explique como a variação em populações de presas pode causar as mudanças nas frequências dos fenótipos mostradas no gráfico.
- Como o darwinismo explica o mecanismo de adaptação como parte do processo evolutivo?

Resolução

- O tipo de bico (largo ou fino) é selecionado pelo tipo de organismo predado (presa) disponível no ambiente num determinado momento. A alteração na disponibilidade de presas deve levar à seleção de diferentes fenótipos dos bicos das aves.
- Os organismos apresentam variações fenotípicas que são selecionadas pelo ambiente, permitindo ou não a adaptação.

No início do século XX, o austríaco Karl Landsteiner, misturando o sangue de indivíduos diferentes, verificou que apenas algumas combinações eram compatíveis. Descobriu, assim, a existência do chamado sistema ABO em humanos. No quadro abaixo são mostrados os genótipos possíveis e os aglutinogênios correspondentes a cada tipo sanguíneo.

Tipo sanguíneo	Genótipo	Aglutinogênio
A	$I^A I^A$ ou $I^A i$	A
B	$I^B I^B$ ou $I^B i$	B
AB	$I^A I^B$	A e B
O	ii	Nenhum

- a) Que tipo ou tipos sanguíneos poderiam ser utilizados em transfusão de sangue para indivíduos de sangue tipo A? Justifique.
- b) Uma mulher com tipo sanguíneo A, casada com um homem com tipo sanguíneo B, tem um filho considerado doador de sangue universal. Qual a probabilidade de esse casal ter um(a) filho(a) com tipo sanguíneo AB? Justifique sua resposta.

Resolução

- a) Poderiam ser utilizados os tipos **A** e **O**. O **A**, por ser do mesmo tipo e o **O**, por ser doador universal.
- b) A probabilidade é de $1/4$ ou 25% . A justificativa aparece no cruzamento abaixo:
 Pais: Mulher $I^A i$ x Homem $I^B i$
 Geração possível: $I^A I^B - I^A i - I^B i - ii$
 $P(I^A I^B) = 1/4$ ou 25%

Uma maneira de se produzir ferro metálico de uma forma “mais amigável ao meio ambiente” foi desenvolvida por dois cientistas, um norte-americano e um chinês, que constataram a surpreendente solubilidade dos minérios de ferro em carbonato de lítio líquido, em temperaturas ao redor de 800 °C. No processo, a eletrólise dessa solução, realizada com uma corrente elétrica de alta intensidade, leva à separação dos elementos que compõem os minérios e à produção do produto desejado.

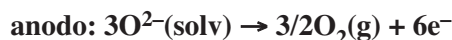
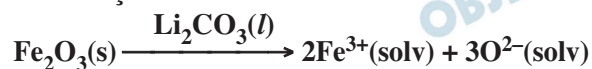
- a) O artigo que relata a descoberta informa que os elementos que formam o minério são produzidos separadamente em dois compartimentos, na forma de substâncias elementares. Que substâncias são essas? Dê os nomes e as fórmulas correspondentes.
- b) O processo atual de obtenção de ferro consiste na utilização de alto forno, que funciona a uma temperatura entre 1300 e 1500 °C, com adição de carbono para a reação de transformação do minério. Considerando todas as informações dadas, apresente duas diferenças entre o processo atual e o novo. Explique, separadamente, como essas diferenças justificam que o novo processo seja caracterizado como “mais amigável ao meio ambiente”.

Resolução

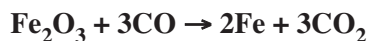
- a) Os minérios de ferro mais utilizados na produção desse metal são os óxidos, podendo ser escritos na forma Fe_xO_y . O processo novo descrito é a eletrólise dos minérios de ferro dissolvidos em carbonato de lítio líquido. Nesse processo, no catodo, os íons ferro são reduzidos a ferro metálico (Fe) e os íons óxido (O^{2-}) são oxidados a gás oxigênio (O_2) no anodo.

Utilizando o minério Fe_2O_3 como exemplo:

Dissociação:



- b) No processo atual, em alto-forno, ocorre a liberação de CO_2 , principal gás estufa, pela queima do carvão coque e pelo processo de oxidorredução:



Além disso, é liberado SO_2 devido a impurezas de enxofre no carvão, o que ocasiona o fenômeno da chuva ácida.

Poderíamos ainda ressaltar o fato de a temperatura utilizada no processo atual ser muito maior que no processo eletrolítico.

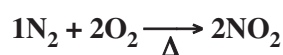
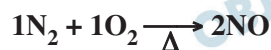
Dentro do programa europeu NR2C (New Road Constructions Concepts), um tipo de cimento que contém TiO_2 foi desenvolvido e aplicado em pavimentos de cidades como Hengelo (Holanda) e Antuérpia (Bélgica). Esse TiO_2 presente na superfície do pavimento promove a transformação dos compostos NO_x emitidos pelos automóveis. Simplificadamente, os NO_x , ao entrarem em contato com o TiO_2 da superfície e na presença de luz, são transformados em nitrato, que é absorvido pelo pavimento. Resultados recentes mostraram que houve uma redução desses poluentes no ar próximo ao pavimento em até 45%, em comparação com o ar sobre o pavimento onde não houve a adição do TiO_2 .

- Dê a fórmula das substâncias que compõem esses NO_x e explique como eles se formam no caso dos automóveis.
- De acordo com as informações do texto e o conhecimento químico, cite dois aspectos que poderiam diminuir a eficiência do dispositivo, quando ele estiver sendo utilizado na redução dos NO_x emitidos. Explique cada caso.

Resolução

- Fórmula das substâncias que compõem o NO_x :
 NO e NO_2

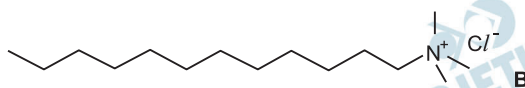
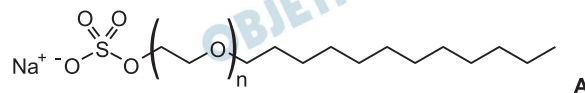
Dentro dos cilindros dos motores de combustão, as altas temperaturas e a centelha elétrica produzida pela vela permitem a reação entre o N_2 e o O_2 presentes no ar, formando NO e NO_2 :



- Fatores que poderiam diminuir a eficiência do catalisador TiO_2 :
 - Ausência de luz (de acordo com o texto, a reação ocorre na presença de luz).
 - Utilização de barreira física, por exemplo, uma película de material, que impedisse o contato entre o dispositivo e os gases NO_x .

Xampus e condicionadores utilizam as propriedades químicas de surfatantes para aumentar a molhabilidade do cabelo. Um xampu típico utiliza um surfatante aniônico, como o lauril éter sulfato de sódio (A), que ajuda a remover a sujeira e os materiais oleosos dos cabelos. Um condicionador, por sua vez, utiliza um surfatante catiônico, como o cloreto de lauril trimetil amônio (B), que é depositado no cabelo e ajuda a diminuir

a repulsão entre os fios limpos dos cabelos, facilitando o pentear.

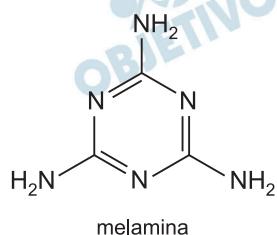


- Considerando a estrutura do xampu típico apresentado, explique como ele funciona, do ponto de vista das interações intermoleculares, na remoção dos materiais oleosos.
- Considerando-se as informações dadas e levando-se em conta a estrutura química desses dois surfatantes, a simples mistura dessas duas substâncias levaria a um “produto final ineficiente, que não limparia nem condicionaria”. Justifique essa afirmação.

Resolução

- Os materiais oleosos são predominantemente apolares. Analisando a estrutura apresentada do xampu (A), verifica-se a presença de uma cadeia carbônica longa, de caráter apolar, que interage com o material oleoso. Na extremidade da cadeia, a parte iônica, de caráter polar, interage com a água, efetuando a remoção do material oleoso.
- De acordo com as estruturas fornecidas, a mistura dos dois compostos promove a interação entre a parte catiônica de B e a parte aniônica de A, havendo a neutralização das cargas elétricas. Desta forma, ocorre a formação de um sal que, por ser pouco solúvel em água, tem sua remoção dificultada, o que leva a um produto final ineficiente, pois a nova estrutura não apresenta as características de um agente surfatante.

Em 2008, uma contaminação de leite na China afetou a saúde de mais de 300 mil crianças. O leite, um importante alimento infantil, estava contaminado com uma substância denominada melamina (ver fórmula estrutural abaixo). A legislação, em geral, admite 2,5 ppm como uma concentração segura de melamina em alimentos, mas no leite em pó chinês foi encontrada uma concentração de até 6000 ppm dessa substância. Revelou-se que a contaminação foi proposital. Pequenos e grandes produtores, além de uma grande empresa, foram responsabilizados.



- a) Sabendo que o leite é uma emulsão que contém água, açúcares, proteínas, sais minerais e lipídeos, explique por que o nitrogênio é o único elemento químico que permite determinar o teor de proteínas no leite.
- b) Suponha que um dos produtores condenados tivesse adicionado 1000 litros de água a 9000 litros de leite puro e sem melamina. Quantos gramas de melamina ele deveria adicionar à mistura resultante para que a análise indicasse o teor de proteína igual ao do leite sem adulteração? Considere que um litro de leite puro contém 0,50 gramas de nitrogênio.

Resolução

- a) Dos compostos citados (água, açúcares, proteínas, sais e lipídeos), o nitrogênio está presente apenas

nas proteínas (ligação peptídica — $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} - \text{N} - \\ | \end{array}$).

Portanto, o teor de nitrogênio fornece, indiretamente, o teor de proteínas do leite.

- b) Cálculo da massa de N em 9000L de leite puro:

1L de leite puro ——— 0,5g de N

9000L ——— x

$$x = 4500\text{g de N}$$

Cálculo da massa de N que deveria existir em 10000L da mistura contendo a mesma quantidade de N que o leite puro:

1L de leite puro ——— 0,5g de N

10000L ——— y

$$y = 5000\text{g de N}$$

Portanto, deverão ser adicionados (5000 – 4500)g de N = 500g de N para que o teor de nitrogênio seja igual ao do leite sem adulteração.

Cálculo da massa molar da melamina ($C_3H_6N_6$):

$$1 \text{ mol de } C_3H_6N_6 \text{ — } (3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 6 \cdot 14)g = 126g$$

Cálculo da massa de melamina a ser adicionada:

Para cada 1 mol de $C_3H_6N_6$ (126g), existem 6 mol de N(84g). Assim, tem-se:

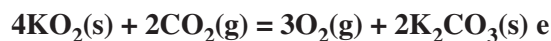
$$126g \text{ de } C_3H_6N_6 \text{ — } 84g \text{ de N}$$
$$z \text{ — } 500g$$

$$z = 750g$$

13

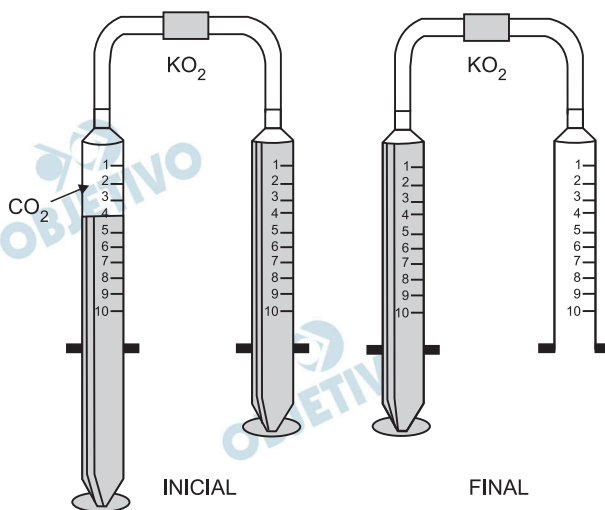
Em toda situação de confinamento, prevista ou acidental, como no recente desastre na mina de cobre do Chile, sempre há grande preocupação com a revitalização do ar ambiente. O superóxido de potássio (KO_2) pode ser utilizado em dispositivo para revitalização do ar ambiente, já que ele reage com o gás carbônico, eliminando-o, e formando oxigênio gasoso como produto.

a) As equações das reações que ocorrem com o KO_2 em ambiente seco e úmido são, respectivamente,



Em qual dos casos (ambiente seco ou úmido) um dispositivo contendo dióxido de potássio seria mais eficiente para o propósito a que se destina? Justifique.

b) O esquema abaixo é de um experimento que simula a situação de confinamento. À esquerda encontra-se a fase inicial e à direita, a final. No experimento, o êmbolo contendo CO_2 é pressionado, fazendo esse gás reagir com o KO_2 . Levando em conta a estequiometria da reação, complete a situação final, desenhando e posicionando corretamente o êmbolo que falta. Justifique sua resposta, considerando que a reação é completa e só ocorre enquanto o êmbolo é empurrado, que a temperatura é constante e que não há atrito no movimento dos êmbolos.



Resolução

- a) O mais eficiente seria o caso em que o KO_2 se encontra em meio úmido.

Considerando uma mesma quantidade de KO_2 (4 mols), temos:

ambiente seco:

2 mols de CO_2 produzem 3 mols de O_2

ambiente úmido:

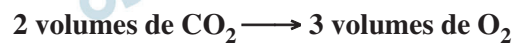
4 mols de CO_2 produzem 3 mols de O_2

Conclusão: em ambiente úmido, o consumo de CO_2 é maior.

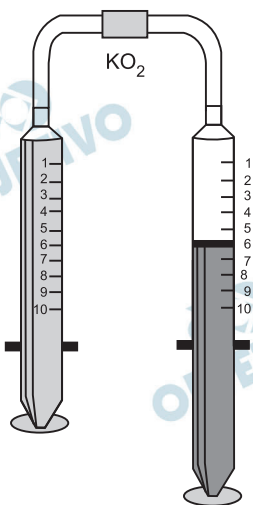
- b) Em ambiente seco, temos a seguinte proporção entre CO_2 e O_2 :



ou



Conclusão: o êmbolo será empurrado até a posição 6.



A obesidade está se tornando um problema endêmico no mundo todo. Calcula-se que em 2050 um terço de todos os homens e a metade das mulheres serão obesos. Considere a promoção de uma lanchonete, composta de um lanche, uma porção de fritas, uma torta de maçã e 500 mL de refrigerante. A tabela abaixo resume as quantidades (em gramas) de alguns grupos de substâncias ingeridas, conforme aparecem nas embalagens dos produtos.

grupo/produto	lanche	Porção de batata	Torta de maçã
carboidratos	36	35	33
proteínas	31	4,1	2,2
gorduras totais	32	15	11
cálcio	0,28	0,11	0,33
sódio	1,22	0,31	0,18

- a) Considerando-se um valor diário de referência em termos de energia (VDE) de 8.400 kJ, que percentual desse VDE foi atingido apenas com essa refeição? Considere a energia por grama de lipídeos igual a 38 kJ e a de açúcares e proteínas igual a 17 kJ. Considere também que cada 100 mL de refrigerante contém 11 gramas de açúcar.
- b) Considerando-se que o consumo diário máximo de sal comum (recomendado pela OMS) é de 5,0 gramas por dia, esse limite teria sido atingido apenas com essa refeição? Responda sim ou não e justifique.

Resolução

- a) Cálculo da massa total de lipídeos consumidos na refeição:

$$m_1 = 32\text{g} + 15\text{g} + 11\text{g} = 58\text{g}$$

Cálculo da massa total de carboidratos consumidos na refeição:

$$m_2 = 36\text{g} + 35\text{g} + 33\text{g} = 104\text{g}$$

Cálculo da massa total de proteínas consumidas:

$$m_3 = 31\text{g} + 4,1\text{g} + 2,2\text{g} = 37,3\text{g}$$

Cálculo da massa de carboidrato consumido em 500mL de refrigerante:

$$100\text{mL} \text{ ——— } 11\text{g de açúcar}$$

$$500\text{mL} \text{ ——— } x$$

$$x = 55\text{g}$$

Cálculo da energia total consumida:

$$E = 58 \cdot 38\text{kJ} + (55 + 37,3 + 104) \cdot 17\text{kJ} = 5541,1\text{kJ}$$

Cálculo do percentual atingido do VDE:

$$8400\text{kJ} \text{ ——— } 100\%$$

$$5541,1\text{kJ} \text{ ——— } y$$

$$y = \frac{5541,1 \cdot 100\%}{8400} = 65,96\% \approx 66\%$$

- b) Cálculo da massa de sal comum (NaCl) consumida na refeição:

$$\text{Massa de sódio} = 1,22\text{g} + 0,31\text{g} + 0,18\text{g} = 1,71\text{g}$$

$$58,5\text{g de NaCl} \text{ ——— } 23\text{g de Na}$$

$$x \text{ ——— } 1,71\text{g de Na}$$

$$x = 4,35\text{g de NaCl}$$

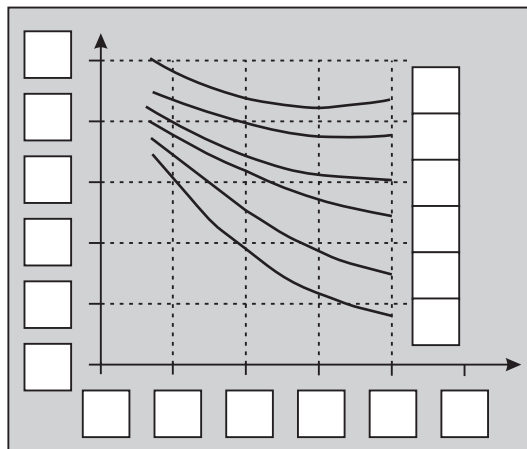
O limite máximo diário de sal comum não foi atingido, pois a massa consumida de sal foi 4,35g.

A questão do aquecimento global está intimamente ligada à atividade humana e também ao funcionamento da natureza. A emissão de metano na produção de carnes e a emissão de dióxido de carbono em processos de combustão de carvão e derivados do petróleo são as mais importantes fontes de gases de origem antrópica. O aquecimento global tem vários efeitos, sendo um deles o aquecimento da água dos oceanos, o que, conseqüentemente, altera a solubilidade do CO_2 nela dissolvido. Este processo torna-se cíclico e, por isso mesmo, preocupante. A figura abaixo, preenchida de forma adequada, dá informações quantitativas da dependência da solubilidade do CO_2 na água do mar, em relação à pressão e à temperatura.

- a) De acordo com o conhecimento químico, escolha adequadamente e escreva em cada quadrado da figura o valor correto, de modo que a figura fique completa e correta: solubilidade em gramas de CO_2 /100 g água: 2, 3, 4, 5, 6, 7; temperatura /°C: 20, 40, 60, 80, 100 e 120; pressão/atm: 50, 100, 150, 200, 300, 400.

Justifique sua resposta.

- b) Determine a solubilidade molar do CO_2 na água (em gramas/100 g de água) a 40 °C e 100 atm. Mostre na figura como ela foi determinada.

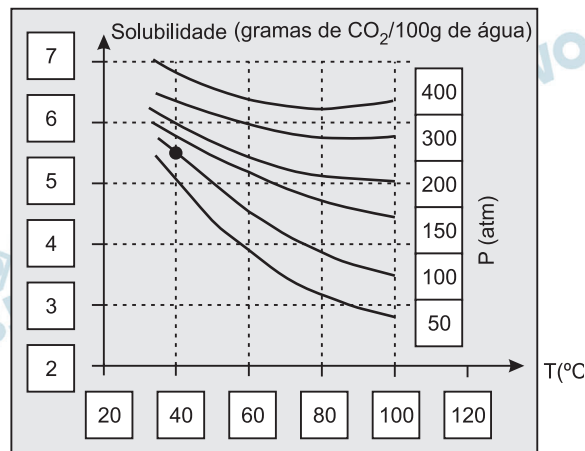


Resolução

- a) A solubilidade de um gás em um líquido depende de dois fatores:

- 1) Temperatura: quanto maior a temperatura, menor a solubilidade do gás, sob pressão constante.
- 2) Pressão: quanto maior a pressão, maior a solubilidade do gás, sob temperatura constante.

Concluimos então que a solubilidade deve ser colocada na ordenada (eixo y) e a temperatura na abscissa (eixo x), enquanto a pressão está representando o valor para cada curva nos quadrados da direita.



- b) Analisando o gráfico, a 40°C e 100 atm a solubilidade do CO₂ é igual a 5,5g /100g de água.

Cálculo da solubilidade em mol/L do CO₂:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ mol de CO}_2 \text{ ————— } 44\text{g} \\ x \text{ ————— } 5,5\text{g} \end{array}$$

$$x = 0,125 \text{ mol}$$

Em 1000g de água, a quantidade que se dissolve é 1,25 mol. Admitindo a densidade da solução igual a 1g/mL, o volume da solução é 1 litro. Portanto, a solubilidade em mol/L é 1,25 mol/L.

Observação: No enunciado, houve um descuido por parte dos examinadores, pois o vestibulando poderá entender que a solubilidade molar é o mesmo que gramas/100g de água.

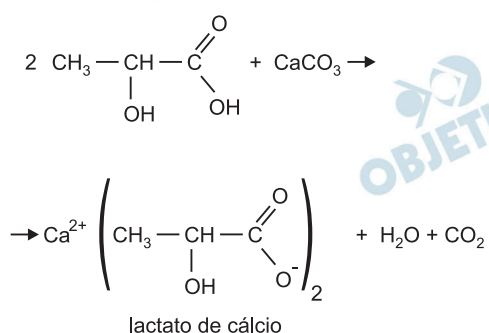
Em algumas construções antigas encontram-se paredes feitas de peças de mármore (CaCO_3) juntadas umas às outras por uma “cola especial”. Essa “cola especial” também pode se formar na produção de queijos no processo convencional. Se nas construções antigas a produção dessa “cola especial” foi proposital, na produção de queijos ela é indesejável e deve ser evitada, pois leva à formação de macrocristais na massa do queijo. Essa “cola especial” é o lactato de cálcio, que, no caso das construções, foi obtido a partir da reação da superfície do mármore com o ácido láctico do soro do leite, enquanto que no caso do queijo ele se origina no processo de maturação do queijo a baixa temperatura.

- a) Sabendo que a fórmula do ácido láctico é $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$, e considerando as informações dadas, escreva a equação química da reação de formação da “cola especial” nas construções antigas.
- b) Na fabricação de queijo Cheddar, pesquisas recentes sugerem que a adição de 1% em massa de gluconato de sódio é a quantidade ideal para se evitar a formação de macrocristais de lactato de cálcio. Considerando essa informação e os dados abaixo, explique por que não seria apropriado usar uma quantidade nem maior nem menor que 1% nesse processo.

Dados de solubilidade dos possíveis sólidos que podem se formar: lactato gluconato de cálcio = 52; lactato de cálcio = 9; gluconato de cálcio = 3. Valores em gramas de íon cálcio por litro de solução.

Resolução

- a) A equação química do processo:



- b) Como a adição de 1% em massa de gluconato de sódio é a quantidade ideal para se evitar a formação de macrocristais de lactato de cálcio, conclui-se que ocorre a formação do composto mais solúvel, que é o lactato gluconato de cálcio. A adição de quantidade menor que 1% leva a formação do lactato de cálcio, composto pouco solúvel.

A adição de quantidade maior que 1% tem como resultado a formação do gluconato de cálcio, que é o sólido menos solúvel.

Portanto, é apropriado usar uma quantidade nem maior nem menor que 1% nesse processo.

As questões numeradas de 17 a 24 abordam fenômenos físicos em situações do cotidiano, em experimentos científicos e avanços tecnológicos da humanidade. As fórmulas necessárias para a resolução de algumas questões, como as que tratam de Física Moderna, são fornecidas no enunciado. Leia com atenção. Quando necessário, use $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $\pi = 3$.

17

A importância e a obrigatoriedade do uso do cinto de segurança nos bancos dianteiros e traseiros dos veículos têm sido bastante divulgadas pelos meios de comunicação. Há grande negligência especialmente quanto ao uso dos cintos traseiros. No entanto, existem registros de acidentes em que os sobreviventes foram apenas os passageiros da frente, que estavam utilizando o cinto de segurança.

- a) Considere um carro com velocidade $v = 72 \text{ km/h}$ que, ao colidir com um obstáculo, é freado com desaceleração constante até parar completamente após $\Delta t = 0,1 \text{ s}$. Calcule o módulo da força que o cinto de segurança exerce sobre um passageiro com massa $m = 70 \text{ kg}$ durante a colisão para mantê-lo preso no banco até a parada completa do veículo.
- b) Um passageiro sem o cinto de segurança pode sofrer um impacto equivalente ao causado por uma queda de um edifício de vários andares. Considere que, para uma colisão como a descrita acima, a energia mecânica associada ao impacto vale $E = 12 \text{ kJ}$. Calcule a altura de queda de uma pessoa de massa $m = 60 \text{ kg}$, inicialmente em repouso, que tem essa mesma quantidade de energia em forma de energia cinética no momento da colisão com o solo.

Resolução

a) 1) $V_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{72}{3,6} (\text{m/s}) = 20 \text{m/s}$

2) Aplicando-se a 2ª Lei de Newton:

$$|\vec{F}| = m|\vec{a}| = m \frac{|\Delta V|}{\Delta t}$$

$$|\vec{F}| = 70 \cdot \frac{20}{0,1} (\text{N})$$

$$|\vec{F}| = 1,4 \cdot 10^4 \text{N} = 14 \text{kN}$$

b) A energia cinética de chegada ao chão e que é dissipada na colisão equivale à energia potencial de gravidade inicial:

$$E_c = E_p$$

$$E_c = mgH$$

$$12 \cdot 10^3 = 60 \cdot 10 \cdot H$$

$$H = 20 \text{m}$$

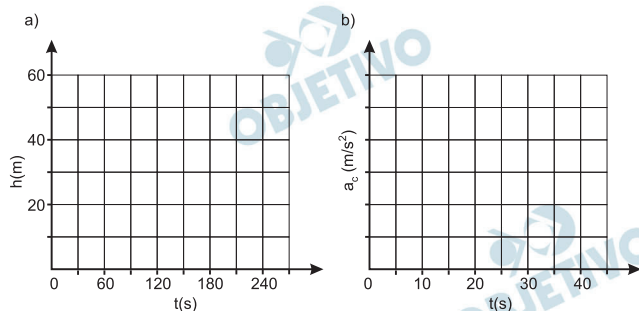
Respostas: a) $|\vec{F}| = 1,4 \cdot 10^4 \text{N}$ ou $|\vec{F}| = 14 \text{kN}$

b) $H = 20 \text{m}$

Várias Leis da Física são facilmente verificadas em brinquedos encontrados em parques de diversões.

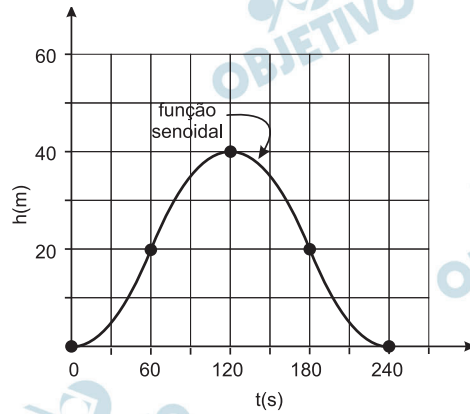
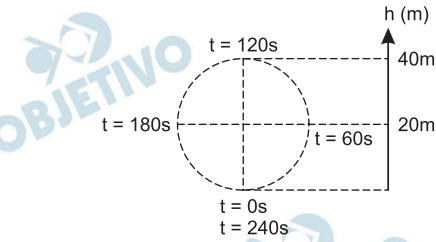
Suponha que em certo parque de diversões uma criança está brincando em uma roda gigante e outra em um carrossel.

- a) A roda gigante de raio $R = 20$ m gira com velocidade angular constante e executa uma volta completa em $T = 240$ s. No gráfico **a)** abaixo, marque claramente com um ponto a altura h da criança em relação à base da roda gigante nos instantes $t = 60$ s, $t = 120$ s, $t = 180$ s e $t = 240$ s, e, em seguida, esboce o comportamento de h em função do tempo. Considere que, para $t = 0$, a criança se encontra na base da roda gigante, onde $h = 0$.
- b) No carrossel, a criança se mantém a uma distância $r = 4$ m do centro do carrossel e gira com velocidade angular constante ω_0 . Baseado em sua experiência cotidiana, estime o valor de ω_0 para o carrossel e, a partir dele, calcule o módulo da aceleração centrípeta a_c da criança nos instantes $t = 10$ s, $t = 20$ s, $t = 30$ s e $t = 40$ s. Em seguida, esboce o comportamento de a_c em função do tempo no gráfico **b)** abaixo, marcando claramente com um ponto os valores de a_c para cada um dos instantes acima. Considere que, para $t = 0$, o carrossel já se encontra em movimento.



Resolução

- a) A projeção do movimento circular uniforme da pessoa, na direção vertical, corresponde a um movimento harmônico simples cuja amplitude é o raio $R = 20\text{m}$ da circunferência e com o mesmo período $T = 240\text{s}$.



A função $h = f(t)$ pode ser expressa por:

$$h = 20 \cos\left(\frac{2\pi}{240} t + \pi\right) + 20 \quad (\text{SI})$$

- b) 1) Estimando para o período do carrossel o valor de 30s temos:

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{30} \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Para $\pi = 3$, temos

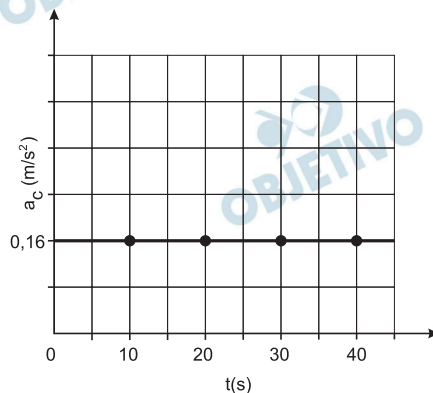
$$\omega_0 = 0,20 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

- 2) A aceleração centrípeta terá módulo constante dado por:

$$a_c = \omega_0^2 r = 4,0 \cdot 10^{-2} \cdot 4,0 (\text{m/s}^2)$$

$$a_c = 0,16 \text{m/s}^2$$

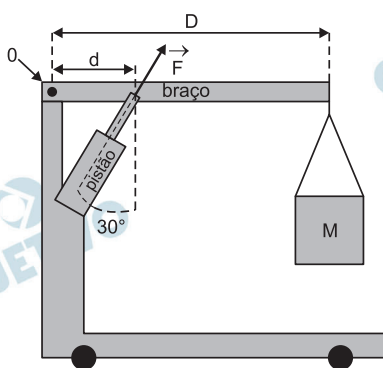
- 3) O gráfico $a_c = f(t)$ será dado por:



O homem tem criado diversas ferramentas especializadas, sendo que para a execução de quase todas as suas tarefas há uma ferramenta própria.

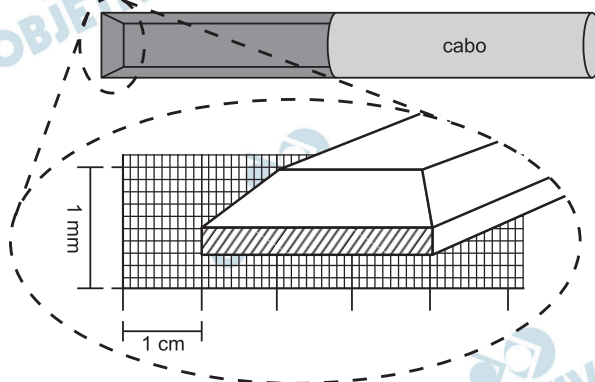
- a) Uma das tarefas enfrentadas usualmente é a de levantar massas cujo peso excede as nossas forças. Uma ferramenta usada em alguns desses casos é o guincho girafa, representado na figura adiante. Um braço móvel é movido por um pistão e gira em torno do ponto O para levantar uma massa M. Na situação da figura, o braço encontra-se na posição horizontal, sendo $D = 2,4$ m e $d = 0,6$ m. Calcule o módulo da força \vec{F} exercida pelo pistão para equilibrar uma massa $M = 430$ kg. Despreze o peso do braço.

Dados: $\cos 30^\circ = 0,86$ e $\sin 30^\circ = 0,50$.

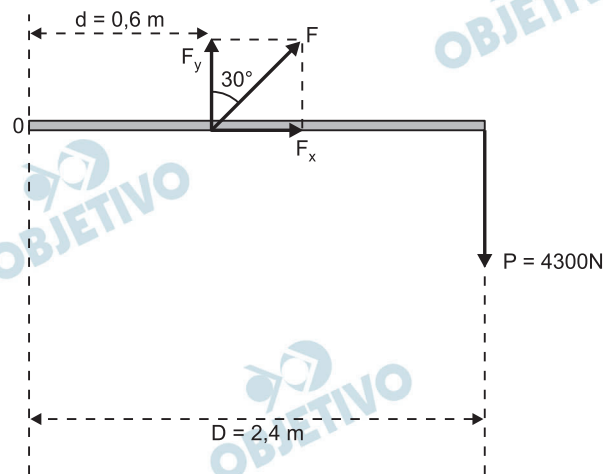


- b) Ferramentas de corte são largamente usadas nas mais diferentes situações como, por exemplo, no preparo dos alimentos, em intervenções cirúrgicas, em trabalhos com metais e em madeira. Uma dessas ferramentas é o formão, ilustrado na figura adiante, que é usado para entalhar madeira. A área da extremidade cortante do formão que tem contato com a madeira é detalhada com linhas diagonais na figura, sobre uma escala graduada.

Sabendo que o módulo da força exercida por um martelo ao golpear a base do cabo do formão é $F = 4,5$ N, calcule a pressão exercida na madeira.



Resolução



a) 1) $F_y = F \cos 30^\circ = F \cdot 0,86$

2) O somatório dos torques, em relação ao ponto O, deve ser nulo:

$$F_y \cdot d = P \cdot D$$

$$F \cdot 0,86 \cdot 0,6 = 4300 \cdot 2,4$$

$$F = 2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$$

b) 1) $A = ab = 3,0 \cdot 10^{-2} \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} (\text{m}^2)$

$$A = 6,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$2) p_m = \frac{F}{A} \quad p_m = \frac{4,5 \text{ N}}{6,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2}$$

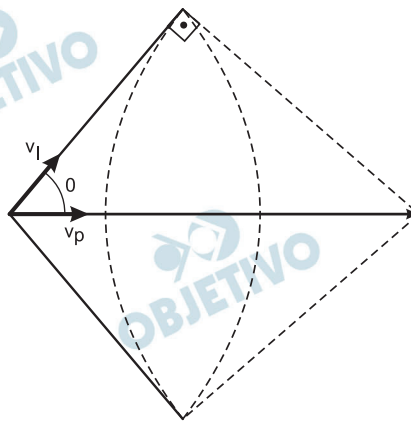
$$p_m = 0,75 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \Rightarrow p_m = 7,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

Respostas: a) $2,0 \cdot 10^4 \text{ N}$

b) $7,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

A radiação Cerenkov ocorre quando uma partícula carregada atravessa um meio isolante com uma velocidade maior do que a velocidade da luz nesse meio. O estudo desse efeito rendeu a Pavel A. Cerenkov e colaboradores o prêmio Nobel de Física de 1958. Um exemplo desse fenômeno pode ser observado na água usada para refrigerar reatores nucleares, em que ocorre a emissão de luz azul devido às partículas de alta energia que atravessam a água.

- a) Sabendo-se que o índice de refração da água é $n = 1,3$, calcule a velocidade máxima das partículas na água para que não ocorra a radiação Cerenkov. A velocidade da luz no vácuo é $c = 3,0 \times 10^8$ m/s .
- b) A radiação Cerenkov emitida por uma partícula tem a forma de um cone, como ilustrado na figura abaixo, pois a sua velocidade, v_p , é maior do que a velocidade da luz no meio, v_ℓ . Sabendo que o cone formado tem um ângulo $\theta = 50^\circ$ e que a radiação emitida percorreu uma distância $d = 1,6$ m em $t = 12$ ns, calcule v_p . Dados: $\cos 50^\circ = 0,64$ e $\sin 50^\circ = 0,76$.



Resolução

- a) A velocidade da luz na água terá módulo V , dado por:

$$n = \frac{c}{V} \Rightarrow V = \frac{c}{n} = \frac{3,0 \cdot 10^8}{1,3} \text{ (m/s)}$$

$$V \cong 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

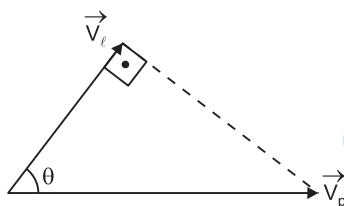
A máxima velocidade da partícula, para que não ocorra o Efeito Cerenkov, é a velocidade com que a luz se propaga no meio em que a partícula se movimenta:

$$V_{\text{máx}} \cong 2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

- b) 1) A velocidade da luz terá módulo V_ℓ dado por:

$$V_\ell = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1,6 \text{ m}}{12 \cdot 10^{-9} \text{ s}} = \frac{4}{3} \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

2)



Da figura:

$$\cos \theta = \frac{V_l}{V_P}$$

$$0,64 = \frac{4}{3} \cdot 10^8}{V_P}$$

$$V_P = \frac{4}{3 \cdot 0,64} \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$V_P \cong 2,1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Respostas: a) $2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ b) $2,1 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

21

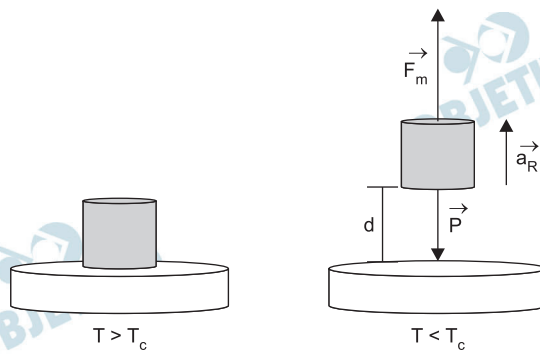
Em 2011 comemoram-se os 100 anos da descoberta da supercondutividade. Fios supercondutores, que têm resistência elétrica nula, são empregados na construção de bobinas para obtenção de campos magnéticos intensos. Esses campos dependem das características da bobina e da corrente que circula por ela.

- a) O módulo do campo magnético B no interior de uma bobina pode ser calculado pela expressão $B = \mu_0 ni$, na qual i é a corrente que circula na bobina, n é o número de espiras por unidade de comprimento e

$$\mu_0 = 1,3 \times 10^{-6} \frac{\text{Tm}}{\text{A}}.$$

Calcule B no interior de uma bobina de 25000 espiras, com comprimento $L = 0,65 \text{ m}$, pela qual circula uma corrente $i = 80 \text{ A}$.

- b) Os supercondutores também apresentam potencial de aplicação em levitação magnética. Considere um ímã de massa $m = 200 \text{ g}$ em repouso sobre um material que se torna supercondutor para temperaturas menores que uma dada temperatura crítica T_C . Quando o material é resfriado até uma temperatura $T < T_C$, surge sobre o ímã uma força magnética \vec{F}_m . Suponha que \vec{F}_m tem a mesma direção e sentido oposto ao da força peso \vec{P} do ímã, e que, inicialmente, o ímã sobe com aceleração constante de módulo $a_R = 0,5 \text{ m/s}^2$, por uma distância $d = 2,0 \text{ mm}$, como ilustrado na figura abaixo. Calcule o trabalho realizado por \vec{F}_m ao longo do deslocamento d do ímã.



Resolução

- a) Da expressão fornecida, podemos obter o módulo do campo magnético (B).

$$B = \mu_0 n i$$

Em que: $\mu_0 = 1,3 \cdot 10^{-6} \frac{Tm}{A}$

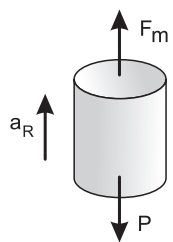
$$n = \frac{25\,000 \text{ espiras}}{0,65 \text{ m}}$$

$$i = 80A$$

$$B = 1,3 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{25\,000}{0,65} \cdot 80 \text{ (T)}$$

$$B = 4,0T$$

- b) No intervalo de tempo considerado, a aceleração tem módulo constante. Assim:



$$F_m - P = m \cdot a_R$$

$$F_m - 0,2 \cdot 10 = 0,2 \cdot 0,5$$

$$F_m = 2,1N$$

O trabalho realizado pela força magnética (τ_{F_m}) será dado por:

$$\tau_{F_m} = F_m \cdot d$$

$$\tau_{F_m} = 2,1 \cdot 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ (J)}$$

$$\tau_{F_m} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

Respostas: a) $B = 4,0T$

b) $\tau_{F_m} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

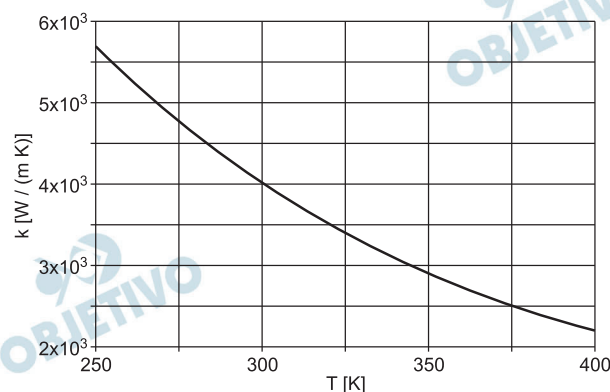
O grafeno é um material formado por uma única camada de átomos de carbono agrupados na forma de hexágonos, como uma colmeia. Ele é um excelente condutor de eletricidade e de calor e é tão resistente quanto o diamante. Os pesquisadores Geim e Novoselov receberam o prêmio Nobel de Física em 2010 por seus estudos com o grafeno.

a) A quantidade de calor por unidade de tempo Φ que flui através de um material de área A e espessura d que separa dois reservatórios com temperaturas distintas

$$T_1 \text{ e } T_2, \text{ é dada por } \Phi = \frac{kA(T_2 - T_1)}{d}, \text{ onde } k \text{ é a}$$

condutividade térmica do material. Considere que, em um experimento, uma folha de grafeno de $A = 2,8 \mu\text{m}^2$ e $d = 1,4 \times 10^{-10} \text{ m}$ separa dois microrreservatórios térmicos mantidos a temperaturas ligeiramente distintas $T_1 = 300 \text{ K}$ e $T_2 = 302 \text{ K}$. Usando o gráfico abaixo, que mostra a condutividade térmica k do grafeno em função da temperatura, obtenha o fluxo de calor Φ que passa pela folha nessas condições.

b) A resistividade elétrica do grafeno à temperatura ambiente, $\rho = 1,0 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$, é menor que a dos melhores condutores metálicos, como a prata e o cobre. Suponha que dois eletrodos são ligados por uma folha de grafeno de comprimento $L = 1,4 \mu\text{m}$ e área de secção transversal $A = 70 \text{ nm}^2$, e que uma corrente $i = 40 \mu\text{A}$ percorra a folha. Qual é a diferença de potencial entre os eletrodos?



Resolução

a) Como as temperaturas T_1 e T_2 estão próximas de 300K , admitimos para o grafeno uma condutividade térmica k , dada pelo gráfico, de $4 \cdot 10^3 \text{ W/mK}$.

Calculando-se o fluxo Φ , temos:

$$\Phi = \frac{kA(T_2 - T_1)}{d}$$

$$\Phi = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 2,8 \cdot 10^{-12}(302 - 300)}{1,4 \cdot 10^{-10}} \text{ (J/s)}$$

$$\Phi = 1,6 \cdot 10^2 \text{ J/s}$$

b) Da primeira e da segunda leis de Ohm, temos:

$$\left. \begin{array}{l} R = \frac{U}{i} \\ R = \rho \frac{L}{A} \end{array} \right\} \frac{U}{i} = \rho \frac{L}{A}$$

$$\frac{U}{40 \cdot 10^{-6}} = 1,0 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{1,4 \cdot 10^{-6}}{70 \cdot 10^{-18}}$$

$$U = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

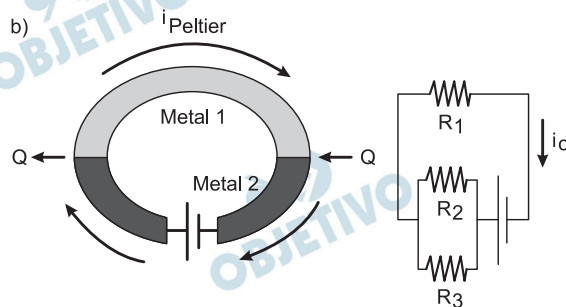
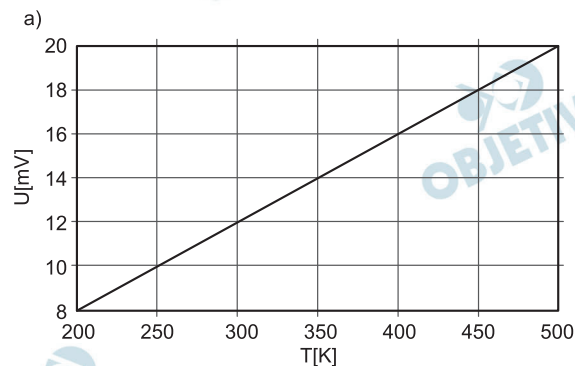
Observação: Estamos admitindo, de acordo com as normas do SI, que a notação μm^2 corresponda a $(\mu\text{m})^2 = 10^{-12}\text{m}^2$ e a notação nm^2 corresponda a $(\text{nm})^2 = 10^{-18}\text{m}^2$. O aluno poderia interpretar, equivocadamente, μm^2 como sendo 10^{-6} m^2 e nm^2 como sendo 10^{-9}m^2 .

Respostas: a) $\Phi = 1,6 \cdot 10^2 \text{ J/s}$

b) $U = 8,0 \cdot 10^{-3} \text{ V}$

Quando dois metais são colocados em contato formando uma junção, surge entre eles uma diferença de potencial elétrico que depende da temperatura da junção.

- a) Uma aplicação usual desse efeito é a medição de temperatura através da leitura da diferença de potencial da junção. A vantagem desse tipo de termômetro, conhecido como termopar, é o seu baixo custo e a ampla faixa de valores de temperatura que ele pode medir. O gráfico **a)** abaixo mostra a diferença de potencial U na junção em função da temperatura para um termopar conhecido como Cromel-Alumel. Considere um balão fechado que contém um gás ideal cuja temperatura é medida por um termopar Cromel-Alumel em contato térmico com o balão. Inicialmente o termopar indica que a temperatura do gás no balão é $T_i = 300$ K. Se o balão tiver seu volume quadruplicado e a pressão do gás for reduzida por um fator 3, qual será a variação $\Delta U = U_{\text{final}} - U_{\text{inicial}}$ da diferença de potencial na junção do termopar?
- b) Outra aplicação importante do mesmo efeito é o refrigerador Peltier. Neste caso, dois metais são montados como mostra a figura **b)** abaixo. A corrente que flui pelo anel é responsável por transferir o calor de uma junção para a outra. Considere que um Peltier é usado para refrigerar o circuito abaixo, e que este consegue drenar 10% da potência total dissipada pelo circuito. Dados $R_1 = 0,3 \Omega$, $R_2 = 0,4 \Omega$ e $R_3 = 1,2 \Omega$, qual é a corrente i_c que circula no circuito, sabendo que o Peltier drena uma quantidade de calor $Q = 540$ J em $\Delta t = 40$ s?



Resolução

a) Utilizando-se a lei geral dos gases perfeitos, temos:

$$\frac{p_i V_i}{T_i} = \frac{p_f V_f}{T_f}$$

$$\frac{p V}{300} = \frac{\frac{p}{3} 4V}{T_f}$$

$$T_f = 400\text{K}$$

Do gráfico fornecido, obtemos:

$$T_i = 300\text{K} \longrightarrow U_i = 12\text{mV}$$

$$T_f = 400\text{K} \longrightarrow U_f = 16\text{mV}$$

$$\therefore \Delta U = 4,0\text{mV}$$

b) Calculemos, inicialmente, a resistência elétrica equivalente do circuito dado:

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{0,4 \cdot 1,2}{0,4 + 1,2} + 0,3 (\Omega) \Rightarrow R_{\text{eq}} = 0,6\Omega$$

A potência drenada (P) corresponde a 10% da potência elétrica total dissipada (P_{diss}) no circuito elétrico, assim:

$$P = \frac{10}{100} \cdot P_{\text{diss}}$$

$$\frac{Q}{\Delta t} = \frac{10}{100} \cdot P_{\text{diss}}$$

$$\frac{540}{40} = \frac{10}{100} \cdot P_{\text{diss}}$$

$$P_{\text{diss}} = 135\text{W}$$

A intensidade da corrente elétrica no circuito (i_c) pode ser calculada por:

$$P_{\text{diss}} = R_{\text{eq}} \cdot i_c^2$$

$$135 = 0,6 \cdot i_c^2$$

$$i_c = 15\text{A}$$

Respostas: a) $\Delta U = 4,0\text{mV}$

b) $i_c = 15\text{A}$

Em 1905 Albert Einstein propôs que a luz é formada por partículas denominadas fótons. Cada fóton de luz transporta uma quantidade de energia $E = hv$ e possui

momento linear $p = \frac{h}{\lambda}$, em que $h = 6,6 \times 10^{-34}$ Js é a

constante de Planck e ν e λ são, respectivamente, a frequência e o comprimento de onda da luz.

a) A aurora boreal é um fenômeno natural que acontece no Polo Norte, no qual efeitos luminosos são produzidos por colisões entre partículas carregadas e os átomos dos gases da alta atmosfera terrestre. De modo geral, o efeito luminoso é dominado pelas colorações verde e vermelha, por causa das colisões das partículas carregadas com átomos de oxigênio e nitrogênio, respectivamente.

Calcule a razão $R = \frac{E_{\text{verde}}}{E_{\text{vermelho}}}$ em que E_{verde} é a

energia transportada por um fóton de luz verde com 500 nm, $\lambda_{\text{verde}} = 500$ nm, e E_{vermelho} é a energia transportada por um fóton de luz vermelha com $\lambda_{\text{vermelho}} = 650$ nm.

b) Os átomos dos gases da alta atmosfera estão constantemente absorvendo e emitindo fótons em várias frequências. Um átomo, ao absorver um fóton, sofre uma mudança em seu momento linear, que é igual, em módulo, direção e sentido, ao momento linear do fóton absorvido. Calcule o módulo da variação de velocidade de um átomo de massa $m = 5,0 \times 10^{-26}$ kg que absorve um fóton de comprimento de onda $\lambda = 660$ nm.

Resolução

- a) A razão R entre as energias dos fótons, E_{verde} e E_{vermelho} , é dada por:

$$R = \frac{E_{\text{verde}}}{E_{\text{vermelho}}}$$

$$R = \frac{h \cdot \nu_{\text{verde}}}{h \cdot \nu_{\text{vermelho}}}$$

Sendo $\nu = \frac{V}{\lambda}$, temos:

$$R = \frac{\frac{V}{\lambda_{\text{verde}}}}{\frac{V}{\lambda_{\text{vermelho}}}}$$

$$R = \frac{\lambda_{\text{vermelho}}}{\lambda_{\text{verde}}} = \frac{650 \text{ nm}}{500 \text{ nm}}$$

$$R = 1,3$$

- b) O módulo da variação da quantidade de movimento $|\Delta\vec{Q}|$ corresponde ao módulo do momento linear do fóton (P).

$$|\Delta\vec{Q}| = |\vec{P}|$$

$$m \cdot \Delta V = \frac{h}{\lambda}$$

$$5,0 \cdot 10^{-26} \cdot \Delta V = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{660 \cdot 10^{-9}}$$

$$\Delta V = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{5,0 \cdot 10^{-26} \cdot 660 \cdot 10^{-9}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{3,3 \cdot 10^{-32}} \text{ m/s}$$

$$\Delta V = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

Respostas: a) $R = 1,3$

b) $\Delta V = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$