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

$g = 10\ m/s^2$

$\pi = 3$

Classificação Periódica dos Elementos Químicos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H Hidrogênio 1,0079																	2 He Hélio 4,0026
3 Li Lítio 6,941(2)	4 Be Berílio 9,0122											5 B Boro 10,811(5)	6 C Carbono 12,011	7 N Nitrogênio 14,007	8 O Oxigênio 15,999	9 F Flúor 18,998	10 Ne Neônio 20,180
11 Na Sódio 22,990	12 Mg Magnésio 24,305											13 Al Alumínio 26,982	14 Si Silício 28,086	15 P Fósforo 30,974	16 S Enxofre 32,066(6)	17 Cl Cloro 35,453	18 Ar Argônio 39,948
19 K Potássio 39,098	20 Ca Cálcio 40,078(4)	21 Sc Escândio 44,956	22 Ti Titânio 47,867	23 V Vanádio 50,942	24 Cr Crômio 51,996	25 Mn Manganês 54,938	26 Fe Ferro 55,845(2)	27 Co Cobalto 58,933	28 Ni Níquel 58,693	29 Cu Cobre 63,546(3)	30 Zn Zinco 65,39(2)	31 Ga Gálio 69,723	32 Ge Germânio 72,61(2)	33 As Arsênio 74,922	34 Se Selênio 78,96(3)	35 Br Bromo 79,904	36 Kr Criptônio 83,80
37 Rb Rubídio 85,468	38 Sr Estrôncio 87,62	39 Y Ítrio 88,906	40 Zr Zircônio 91,224(2)	41 Nb Nióbio 92,906	42 Mo Molibdênio 95,94	43 Tc Tecnécio 98,906*	44 Ru Rutênio 101,07(2)	45 Rh Ródio 102,91	46 Pd Paládio 106,42	47 Ag Prata 107,87	48 Cd Cádmio 112,41	49 In Índio 114,82	50 Sn Estanho 118,71	51 Sb Antimônio 121,76	52 Te Telúrio 127,60(3)	53 I Iodo 126,90	54 Xe Xenônio 131,29(2)
55 Cs Césio 132,91	56 Ba Bário 137,33	57 a 71 La-Lu	72 Hf Háfnio 178,49(2)	73 Ta Tântalo 180,95	74 W Tungstênio 183,84	75 Re Rênio 186,21	76 Os Ósmio 190,23(3)	77 Ir Irídio 192,22	78 Pt Platina 195,08(3)	79 Au Ouro 196,97	80 Hg Mercúrio 200,59(2)	81 Tl Tálio 204,38	82 Pb Chumbo 207,2	83 Bi Bismuto 208,98	84 Po Polônio 209,98*	85 At Astato 209,99*	86 Rn Radônio 222,02*
87 Fr Frâncio 223,02*	88 Ra Rádio 226,03*	89 a 103 Ac-Lr	104 Rf Rutherfórdio 261*	105 Db Dúbnio 262*	106 Sg Seaborgio ---*	107 Bh Bóhrio ---*	108 Hs Hássio ---*	109 Mt Meitnério ---									

57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
57 La Lantânio 138,91	58 Ce Cério 140,12	59 Pr Praseodímio 140,91	60 Nd Neodímio 144,24(3)	61 Pm Promécio 146,2*9	62 Sm Samário 150,36(3)	63 Eu Európio 151,96	64 Gd Gadolínio 157,25(3)	65 Tb Térbio 158,93	66 Dy Disprósio 162,50(3)	67 Ho Hólmio 164,93	68 Er Érbio 167,26(3)	69 Tm Tólio 168,93	70 Yb Itérbio 173,04(3)	71 Lu Lutécio 174,97

89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
89 Ac Actínio 227,03*	90 Th Tório 232,04*	91 Pa Protactínio 231,04*	92 U Urânio 238,03*	93 Np Netúnio 237,05*	94 Pu Plutônio 239,05*	95 Am Amerício 241,06*	96 Cm Cúrio 244,06*	97 Bk Berquélio 243,06*	98 Cf Califórnio 252,08*	99 Es Einstênio 252,08*	100 Fm Férmio 257,10*	101 Md Mendelévio 258,10*	102 No Nobélio 259,10*	103 Lr Laurencio 262,11

Número atômico → 25
Símbolo → Mn
Nome → Manganês
54,938

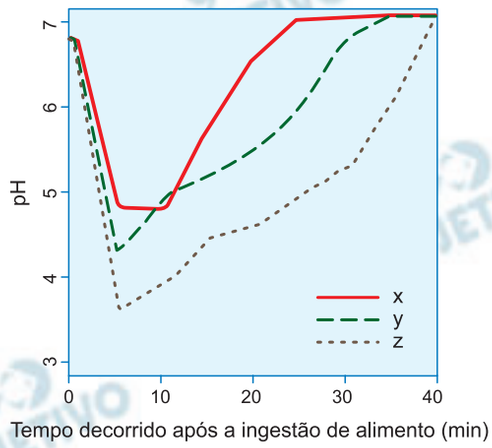
Massa atômica relativa. A incerteza no último dígito é ± 1, exceto quando indicado entre parênteses. O símbolo * referem-se ao isótopo mais estável.

1

A fermentação de alimentos ricos em açúcares é um processo prejudicial à saúde bucal, pois promove um ataque químico ao esmalte dos dentes. A parte inorgânica dos dentes é formada por uma substância chamada hidroxiapatita, que, em um ambiente bucal saudável, apresenta baixa solubilidade. Essa solubilidade pode ser equacionada da seguinte forma:

$Ca_5(PO_4)_3OH(s) + aq = 5Ca^{2+}(aq) + 3PO_4^{3-}(aq) + OH^-(aq)$;

$K_{ps} = 1{,}8 \times 10^{-58}$.



a) Algumas características da saliva se alteram na presença de alimentos. Considerando que o prejuízo aos dentes causado pela ingestão de diferentes fontes de açúcar obedece à ordem cana > frutas > mel, preencha com as palavras cana, frutas e mel a tabela do espaço de respostas e explique em que se baseou a sua escolha.

Curva	Alimento
x	
y	
z	

b) O uso de água fluoretada e de produtos com flúor é recomendado para a saúde bucal. Explique a vantagem do uso do fluoreto levando em conta a equação informada acima e a equação de dissolução da fluoroapatita abaixo; indique também possíveis correlações entre essas equações.

$Ca_5(PO_4)_3F(s) + aq = 5Ca^{2+}(aq) + 3PO_4^{3-}(aq) + F^-(aq)$;

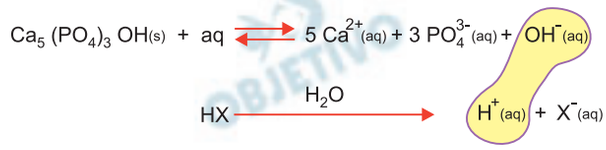
$K_{ps} = 8 \times 10^{-60}$.

Resolução

a)

Curva	Alimento
x	mel
y	fruta
z	cana

A degradação do esmalte do dente ocorre em função do aumento da acidez bucal. Isso porque os íons H^+ (aq) consomem as hidroxilas (OH^- (aq)), segundo as reações:



Com a diminuição da quantidade de hidroxilas, o equilíbrio desloca-se no sentido dos produtos, reduzindo a quantidade de esmalte, devido ao aumento da solubilidade da hidroxiapatita.

Assim, de acordo com o gráfico, a curva que apresenta menor valor de pH após a ingestão (curva Z) corresponde ao alimento que causa maior prejuízo (cana).

A curva que indica maior valor do pH após a ingestão (curva X) corresponde ao alimento que causa menor prejuízo (mel).

b) A degradação dos dentes está relacionada com a solubilização da parte inorgânica. A adição de fluoreto desloca o equilíbrio no sentido de formação de fluorapatita ($Ca_5(PO_4)_3F(s)$).

Considerando que o valor de K_{PS} da fluorapatita é menor (menos solúvel) que o valor de K_{PS} da hidroxiapatita, o dente estará menos suscetível à degradação.

2

A pesquisa em alimentos está sempre à procura de novos produtos, ou novas formulações para antigos produtos, tanto para melhorar sua qualidade quanto para ampliar as opções do consumidor. Um estudo recente, realizado pela Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, avaliou a preparação de mortadela com diferentes formulações (F). Alguns resultados desse trabalho são apresentados na tabela abaixo.

Contagem total de bactérias (UFC/g) para três formulações em função do tempo			
Tempo (dias)			
Formulações	**15**	**30**	**60**
F1	<10	$1{,}3 \times 10^2$	$7{,}2 \times 10^4$
F2	<10	$3{,}5 \times 10^2$	$5{,}6 \times 10^5$
F3	$4{,}5 \times 10^2$	$3{,}0 \times 10^2$	$3{,}1 \times 10^6$

Dados:

F1: 2% de NaC*l*; controle.

F2: 1% de NaC*l*, 0,5% de KC*l* e 0,5% de $CaCl_2$.

F3: 1% de NaC*l*.

UFC: unidades formadoras de colônias (tomar como sinônimo de quantidade de microrganismos).

a) Considerando os resultados apresentados e seus conhecimentos, cite e comente dois objetivos possíveis desse estudo com relação ao NaC*l*.

b) Indique uma conclusão que se pode extrair desse estudo. Escolha e compare duas formulações para justificar sua resposta.

Resolução

a) **Dois objetivos deste estudo foram:**

1) **Avaliar a substituição de cloreto de sódio por outros sais que contêm íon cloreto, verificando a eficiência na preservação de alimentos ao longo do tempo.**

2) **Observar a eficiência na preservação do alimento ao diminuir a concentração de cloreto de sódio na formulação.**

b) **Objetivo 1**

Utilizando como referência as formulações F1 e F2, conclui-se que a substituição de cloreto de sódio por outros sais de íons cloreto mantém a mesma eficiência nos primeiros 15 dias. Após este período, há desenvolvimento bacteriano em ambas formulações, sendo maior em F2.

Objetivo 2

Utilizando como referência as formulações F1 e F3, conclui-se que a diminuição da concentração de cloreto de sódio na formulação F3 diminui a eficiência no controle bacteriano para qualquer tempo testado.

Observação:

A tabela presente no enunciado foi adaptada da dissertação de mestrado "Redução de cloreto de sódio em produto emulsionado tipo mortadela: influência sobre a qualidade global". (Horita, C. N., 2010).

De acordo com a publicação supramencionada, o valor de UFC para a formulação F_3, no tempo de 30 dias, é de $3{,}0 \times 10^4$, enquanto na questão é apresentado o valor de $3{,}0 \times 10^2$. Esse dado incorreto pode ter dificultado a resolução da questão.

3

O bioplástico PLA (poliácido lático) é obtido pela polimerização do ácido lático ($C_5H_{10}O_3$), um insumo que geralmente se origina da fermentação de açúcares provenientes do milho ou da cana-de-açúcar. Esse bioplástico é fabricado em larga escala em plantas industriais que funcionam à base de óleo cru, carvão ou gás natural. O PLA já é hoje uma realidade comercial, logo é importante que ele seja claramente identificado na embalagem para facilitar a sua distinção entre outros plásticos. Ao ser descartado em ambientes com muito oxigênio e na presença de microrganismos, esse bioplástico é rapidamente oxidado a gás carbônico e água. Contudo, em ambientes com pouco oxigênio, como aterros sanitários, o PLA se decompõe muito lentamente ao reagir com a umidade, formando gás carbônico e metano.

a) Levando em conta as informações do texto, cite e comente uma desvantagem da produção do PLA e escreva a equação química para a formação do dímero desse ácido, sabendo que ele é obtido por uma condensação (com a liberação de água).

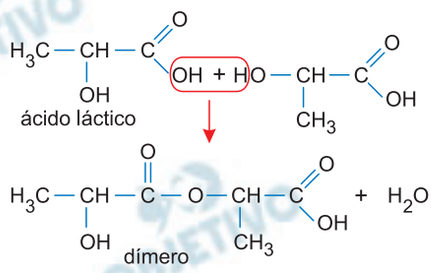
(a) Produção do PLA	
Desvantagem	
Equação	

b) Levando em conta as informações do texto, cite e comente uma desvantagem do pós-consumo do PLA e escreva a equação química para uma das formas de decomposição do dímero do ácido lático.

(b) Pós-consumo do PLA	
Desvantagem	
Equação	

Resolução

a) **Uma desvantagem da produção do PLA é a utilização de óleo cru, carvão ou gás natural, que são fontes não renováveis.**



b) Uma desvantagem do pós-consumo do PLA é a sua decomposição lenta ao reagir com a umidade nos aterros sanitários formando gás carbônico e metano.

Fórmula molecular do dímero: $C_6H_{10}O_5$

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O \rightarrow 3CO_2 + 3CH_4$$

(a) Produção do PLA	
Desvantagem	óleo cru, carvão ou gás natural (fontes não renováveis)
Equação	$CH_3\underset{\underset{OH}{\vert}}{C}HCOOH + HO\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{C}HCOOH \rightarrow$ $\rightarrow CH_3\underset{\underset{OH}{\vert}}{C}HCOO\underset{\underset{CH_3}{\vert}}{C}HCOOH + H_2O$

(b) Pós-consumo do PLA	
Desvantagem	decomposição lenta ao reagir com a umidade nos aterros sanitários formando gás carbônico e metano.
Equação	$C_6H_{10}O_5 + H_2O \rightarrow 3CO_2 + 3CH_4$

Observação:

A fórmula do ácido lático correta é $C_3H_6O_3$ e não $C_5H_{10}O_3$, como foi dada no enunciado. A banca examinadora deverá aceitar também a fórmula do dímero dado a seguir:

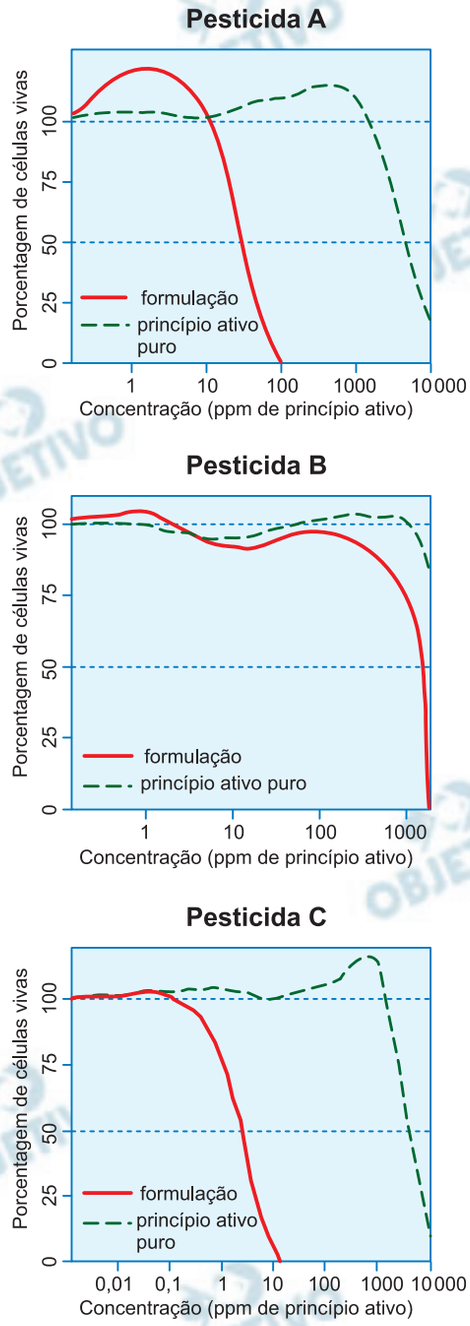
$$2\ C_5H_{10}O_3 \rightarrow C_{10}H_{18}O_5 + H_2O$$

Outra equação de decomposição provável do dímero é

$$C_{10}H_{18}O_5 + 3H_2O \rightarrow 4CO_2 + 6CH_4$$

4

Em um estudo recente, que avaliou a toxicidade em células humanas de pesticidas eficazes no combate a pragas, comenta-se: "pesticidas são usados no mundo todo como misturas denominadas formulações. Essas misturas contêm adjuvantes, frequentemente mantidos como confidenciais e chamados de inertes pela indústria produtora. As formulações também incluem um princípio ativo, que é frequentemente testado sozinho." A figura a seguir mostra parte dos resultados obtidos no referido estudo.



(Adaptado de *BioMed Research International* 2014, 1-8.)

a) Considerando as informações dadas, indique em qual condição experimental as células humanas foram mais afetadas. Justifique sua resposta com base nos gráficos.

b) O parágrafo 11 do artigo 3º do PL Nº 6.299, de 2002 (conhecido como "Lei do Veneno"), estabelece: "As condições a serem observadas para a autorização de uso de pesticidas de controle ambiental e afins deverão considerar os limites máximos de resíduos estabelecidos nas monografias de ingrediente ativo publicadas pelo órgão federal de saúde." Pensando na saúde humana, que recomendação técnica você daria a um deputado que fosse votar essa lei, especificamente para esse parágrafo? Justifique levando em conta as informações dos gráficos e do enunciado.

Resolução

a) **As células humanas são mais afetadas pelo uso do pesticida C, que, de acordo com o gráfico, reduz a zero a porcentagem de células vivas com uma concentração um pouco maior que 10 ppm de princípio ativo em sua formulação. Os pesticidas A e B, por sua vez, reduzem a porcentagem de células vivas a zero em concentrações próximas a 100 ppm e maior que 1000 ppm, respectivamente.**

b) **Seria importante que as substâncias adjuvantes fossem especificadas, obedecendo aos limites máximos, no receituário agronômico, pois de acordo com os gráficos, principalmente para os pesticidas A e C, elas não são inertes, como a indústria produtora costuma classificá-las. Ao contrário, têm grande toxicidade, como pode ser verificado nos gráficos dos pesticidas A e C.**

Para os pesticidas A e C, quando usada a formulação, a porcentagem de células vivas cai a zero, com uma concentração de princípio ativo <u>muito menor</u> do que quando usado puro.

5

O abacateiro é originário do México e da América Central, sendo uma das plantas mais produtivas por unidade de área de cultivo. Nas diferentes variedades encontradas no Brasil, os frutos têm composição bem variada. A tabela abaixo mostra alguns atributos dos frutos de duas diferentes espécies (informações relativas a 100g de polpa). A energia a que se refere a tabela, popularmente conhecida como conteúdo (valor) energético, corresponde à energia de metabolismo dos ingredientes presentes na polpa do abacate.

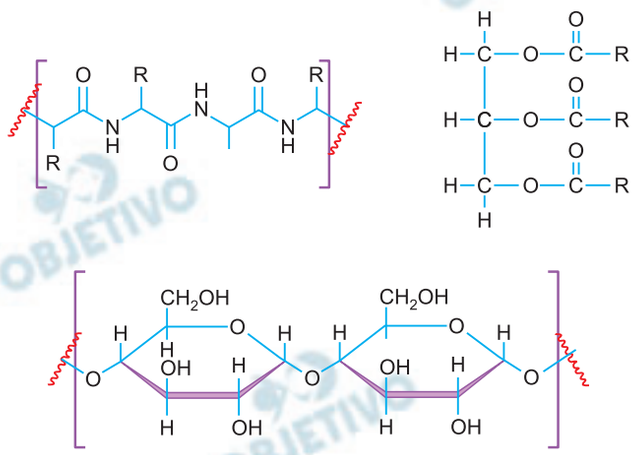
Atributo	Avocado	Guatemala
proteínas / g	1,1	1,8
lipídios / g	10,2	7,4
carboidratos / g	8,9	7,3
energia / kJ	544	412

(Adaptado de *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 32, n. 2, p. 274-280, abr.-jun., 2012.)

a) Levando em conta a tabela, calcule os valores de energias associadas a carboidratos e a lipídios em kJ por grama, considerando que as energias correspondentes a proteínas e a carboidratos são aproximadamente iguais. Apresente seus cálculos.

b) Uma antiga receita de sabão de abacate propõe, entre outros ingredientes e procedimentos, o aquecimento da polpa da fruta na presença de soda cáustica (NaOH). Levando em conta as informações dadas, escolha um dos componentes presentes no abacate que leve à formação do produto desejado e escreva a equação química correspondente, empregando a estrutura química apropriada.

Estruturas químicas dos componentes do abacate:



Resolução

a) Para Avocado:

$$\underbrace{1{,}1g \cdot x\ kJ/g}_{\text{energia da proteína}} + \underbrace{10{,}2g \cdot y\ kJ/g}_{\text{energia do lipídio}} + \underbrace{8{,}9g \cdot x\ kJ/g}_{\text{energia do carboidrato}} =$$

$$= 544\ kJ$$

$$1{,}1x + 10{,}2y + 8{,}9x = 544$$

$$10x + 10{,}2y = 544$$

$$\boxed{x = 54{,}4 - 1{,}02y} \quad (I)$$

Para Guatemala:

$$\underbrace{1{,}8g \cdot x\ kJ/g}_{\text{energia da proteína}} + \underbrace{7{,}4g \cdot y\ kJ/g}_{\text{energia do lipídio}} + \underbrace{7{,}3g \cdot x\ kJ/g}_{\text{energia do carboidrato}} =$$

$$= 412\ kJ$$

$$1{,}8x + 7{,}4y + 7{,}3x = 412$$

$$\boxed{9{,}1x + 7{,}4y = 412} \quad (II)$$

Substituindo I em II:

$$9{,}1 \cdot (54{,}4 - 1{,}02y) + 7{,}4y = 412$$

$$495{,}04 - 9{,}282y + 7{,}4y = 412$$

$$1{,}882y = 83{,}04$$

$$\boxed{y = 44{,}12\ kJ/g}$$

Substituindo "y" em I:

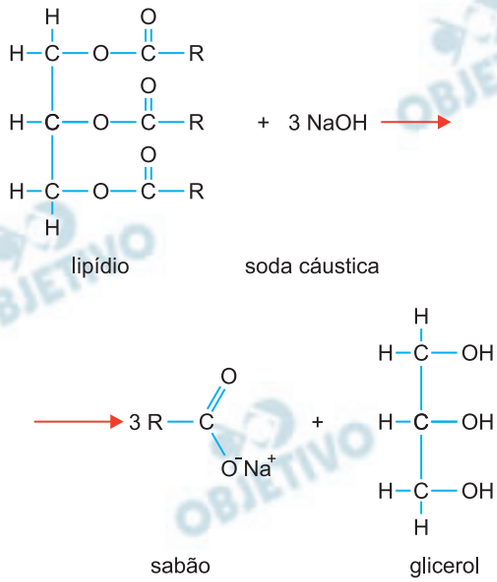
$$x = 54{,}4 - 1{,}02 \cdot 44{,}12$$

$$x = 54{,}4 - 45$$

$$\boxed{x = 9{,}4\ kJ/g}$$

Os valores das energias associadas a carboidratos e a lipídios são, respectivamente, 9,4 kJ/g e 44,12 kJ/g.

b) O componente presente no abacate que leva à formação do produto desejado (sabão) é o lipídio. A equação química é uma saponificação, como demonstrado a seguir:


H
O
H—C—O—C—R
O
H—C—O—C—R
O
H—C—O—C—R
H
+ 3 NaOH
lipídio
soda cáustica
3 R—C
O
O⁻Na⁺
+
H
H—C—OH
H—C—OH
H—C—OH
H
sabão
glicerol

6

A reação de evolução de oxigênio (REO) e a reação de evolução de cloro (REC) são dois processos eletroquímicos de alta relevância na decomposição da água para a conversão da energia solar e na produção de insumos químicos, respectivamente. Realizar esses dois processos separadamente é um grande desafio quando se trata do uso de água do mar.

Assim começa o resumo de um estudo recente, em que pesquisadores investigaram a construção de um eletrodo para a eletrólise da água do mar em baixo valor de pH. Sabe-se que, nas condições avaliadas, o IrOx promove as duas reações (REO e REC) e é permeável a todas as espécies presentes na água do mar, ao passo que o MnOx não promove nenhuma das duas reações e é impermeável aos íons cloreto.

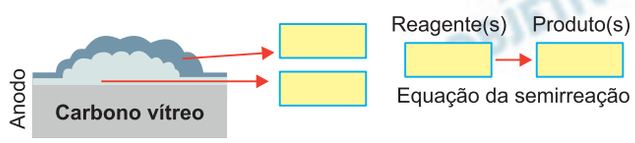
(Adaptado de *The Journal of the American Chemical Society*, v. 140, p. 10270-10281, 2018.)

a) Do ponto de vista químico, por que utilizar a água do mar seria um desafio? E por que vencer esse desafio seria útil à sociedade?

b) Os pesquisadores foram bem sucedidos no objetivo experimental ao empregar os dois óxidos na construção do anodo para a eletrólise da água do mar. Complete os espaços em branco da figura abaixo utilizando as opções fornecidas, de forma a ilustrar corretamente o resultado obtido nesse estudo.

Completar utilizando as seguintes opções:

IrO_x, MnO_x, H_2O, H^+, H_2, Cl_2, Cl^-, e^-, O_2.



Resolução

a) **Do ponto de vista químico, utilizar a água do mar apresenta dois desafios:**

- **diminuir o pH da água do mar (maior que 7) para um pH bem menor (próximo de 1);**
- **competição entre os íons Cl^- e as moléculas polares da água no anodo.**

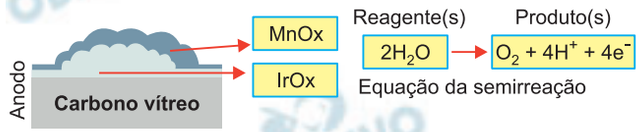
A eletrólise da água do mar é útil à sociedade, pois produz gás hidrogênio (H_2) no catodo e gás oxigênio (O_2) no anodo, que reagem liberando energia (reação exotérmica).

Em áreas desérticas, onde a quantidade de energia solar é elevada, ela facilita a decomposição da

água do mar em H_2 e O_2 úteis à sociedade na produção de energia.

Nota: Na eletrólise da água do mar, utilizando uma constituição diferente do anodo, pode-se formar gás cloro, que é matéria prima na produção de insumos químicos (HC*l*, NaOH, NaC*l*O, PVC).

b)



7

Nos cruzamentos de avenidas das grandes cidades é comum encontrarmos, além dos semáforos tradicionais de controle de tráfego de carros, semáforos de fluxo de pedestres, com cronômetros digitais que marcam o tempo para a travessia na faixa de pedestres.

a) No instante em que o semáforo de pedestres se torna verde e o cronômetro inicia a contagem regressiva, uma pessoa encontra-se a uma distância d = 20 m do ponto de início da faixa de pedestres, caminhando a uma velocidade inicial v_0 = 0,5 m/s . Sabendo que ela inicia a travessia da avenida com velocidade v = 1,5 m/s, calcule a sua aceleração constante no seu deslocamento em linha reta até o início da faixa.

b) Considere agora uma pessoa que atravessa a avenida na faixa de pedestres, partindo de um lado da avenida com velocidade inicial v_0 = 0,4 m/s e chegando ao outro lado com velocidade final v = 1,2 m/s. O pedestre realiza todo o percurso com aceleração constante em um intervalo de tempo de t = 15 s. Construa o gráfico da velocidade do pedestre em função do tempo e, a partir do gráfico, calcule a largura da avenida.

Resolução

a) Usando a Equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2\gamma\,\Delta s$$

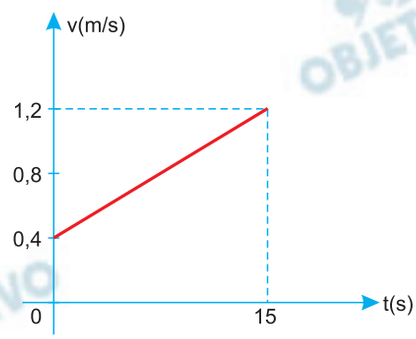
$$(1{,}5)^2 = (0{,}5)^2 + 2\gamma \,.\, 20$$

$$2{,}25 = 0{,}25 + 40\gamma$$

$$2{,}0 = 40\gamma$$

$$\boxed{\gamma = 5{,}0 \,.\, 10^{-2}\,m/s^2}$$

b) 1) Gráfico da velocidade escalar × tempo:



2) Δs = área (v × t)

$$L = (1{,}2 + 0{,}4)\,\frac{15}{2}\ (m)$$

$$\boxed{L = 12m}$$

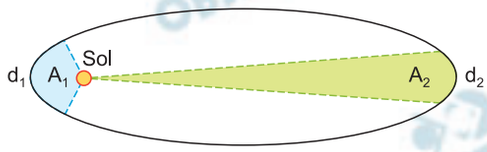
Respostas: a) $\gamma = 5{,}0 \,.\, 10^{-2}\,m/s^2$

b) L = 12m

8

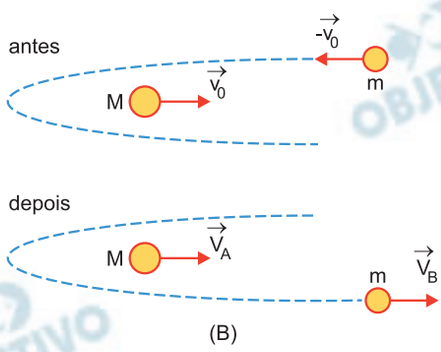
Em agosto de 2018 a Nasa lançou a Sonda Solar Parker, destinada a investigar o Sol, passando pela coroa solar. A sonda seguirá uma trajetória dando várias voltas em torno do Sol, em órbitas elípticas com grande excentricidade.

a) Considere um corpo que descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, como ilustra a figura A. A área da elipse varrida pela linha que liga o corpo ao Sol no trecho 2 é o dobro da área varrida no trecho 1 ($A_2 = 2 \times A_1$); já as distâncias percorridas nos trechos são tais que $d_2 = 0{,}8 \times d_1$. Se a velocidade escalar média do corpo no trecho 1 é igual a $v_1 = 172.000$ km/h, quanto vale a velocidade escalar média no trecho 2?



(A)

b) A sonda terá sua velocidade modificada (sem consumo adicional de combustível) nas passagens próximas ao planeta Vênus, explorando o efeito conhecido como catapulta gravitacional. Para ilustrar esse efeito, considere dois corpos de massas M e m, inicialmente com velocidades de mesmo módulo (v_0), mesma direção e sentidos contrários. Após a aproximação, os corpos se afastam com velocidades de módulos V_A e V_B, seguindo na mesma direção inicial, conforme mostra a figura B. Como a energia cinética se conserva, a velocidade de afastamento dos corpos é igual à de aproximação: $2v_0 = V_B - V_A$. Encontre a velocidade V_B da massa m em termos de M , m e v_0. Em seguida, use M = 100m e encontre a razão V_B/v_0.



(B)

Resolução

a) 1) De acordo com a 2ª Lei de Kepler:

$$A_2 = 2A_1 \Leftrightarrow \Delta t_2 = 2\Delta t_1$$

2) $v_m = \dfrac{d}{\Delta t}$

$$v_1 = \frac{d_1}{\Delta t_1} \quad e \quad v_2 = \frac{d_2}{\Delta t_2}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = 0{,}8 \cdot \frac{1}{2} = 0{,}4$$

$$v_2 = 0{,}4\ v_1$$

$$v_2 = 0{,}4 \cdot 172\,000 \text{ km/h}$$

$$\boxed{v_2 = 68\,800 \text{ km/h}}$$

b) 1) Na interação entre os corpos, o sistema é isolado e haverá conservação da quantidade de movimento total:

$$\vec{Q}_f = \vec{Q}_i$$

$$M\vec{V}_A + m\vec{V}_B = M\vec{v}_0 + m\vec{v}_0 \quad (1)$$

2) Da relação: $2\,v_0 = V_B - V_A$, vem:

$$V_A = V_B - 2v_0 \quad (2)$$

(2) em (1):

$$M(V_B - 2v_0) + m\,V_B = (M - m)v_0$$

$$M\,V_B - 2\,M\,v_0 + m\,V_B = (M - m)v_0$$

$$V_B\,(M + m) = 2M\,v_0 + (M - m)\,v_0$$

$$V_B\,(M + m) = v_0\,(3M - m)$$

$$\boxed{V_B = \frac{v_0\,(3M - m)}{M + m}}$$

3) Para M = 100m, vem:

$$\frac{V_B}{v_0} = \frac{300m - m}{100m + m}$$

$$\boxed{\frac{V_B}{v_0} = \frac{299}{101}}$$

Respostas: a) $v_2 = 68\,800$ km/h

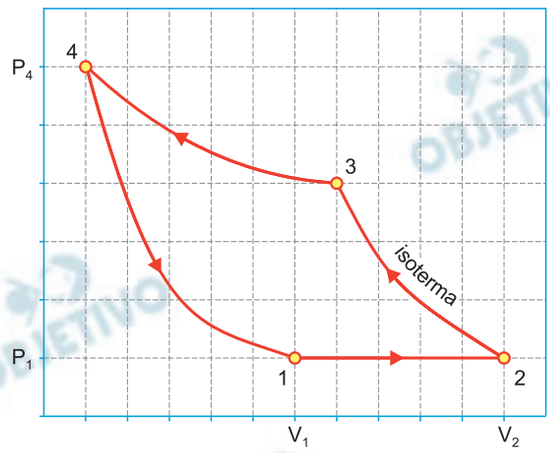
b) $V_B = \dfrac{v_0\,(3M - m)}{M + m}$ e $\dfrac{V_B}{v_0} = \dfrac{299}{101}$

9

Nas proximidades do Sol, a Sonda Solar Parker estará exposta a altas intensidades de radiação e a altas temperaturas. Diversos dispositivos serão usados para evitar o aquecimento excessivo dos equipamentos a bordo da sonda, entre eles um sistema de refrigeração. Um refrigerador opera através da execução de ciclos termodinâmicos.

a) Considere o ciclo termodinâmico representado abaixo para um gás ideal, em que $V_2 = 1{,}5\ V_1$ e $T_1 = 200$ K. Calcule a temperatura T_3.

b) A partir do gráfico, estime o módulo do trabalho realizado sobre o gás em um ciclo, em termos apenas de V_1, V_2, P_1 e P_4.



Resolução

a) **A transformação 2-3 é isotérmica e de acordo com os dados do enunciado e do gráfico, temos:**

$P_1 = P_2$, $V_2 = 1{,}5V_1$. Pela aplicação da Lei Geral dos Gases, vem:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{200} = \frac{1{,}5V_1}{T_2} \Rightarrow \boxed{T_2 = 300K}$$

$$\boxed{T_3 = T_2 = 300K}$$

b) O módulo do trabalho τ realizado sobre o gás é igual à área interna do ciclo que corresponde a, aproximadamente, 18 retângulos formados pelas linhas pontilhadas da escala.

A área $(P_4 - P_1)(V_2 - V_1)$ equivale a 25 retângulos. Comparando as duas áreas chegamos à seguinte relação

$$\tau \text{ ———— } 18$$

$$(P_4 - P_1)(V_2 - V_1) \text{ ——— } 25$$

$$\boxed{\tau = \frac{18}{25}(P_4 - P_1)(V_2 - V_1)}$$

Como $P_4 = 6P_1$

$$V_2 = \frac{11}{6} V_1 \text{ vem:}$$

$$\tau = \frac{18}{25}(6P_1 - P_1)\left(\frac{11}{6} V_1 - V_1\right)$$

$$\tau = \frac{18}{25} \cdot 5\, P_1 \cdot \frac{5}{6} V_1$$

$$\boxed{\tau = 3\, P_1 V_1}$$

Respostas: a) $T_3 = 300K$

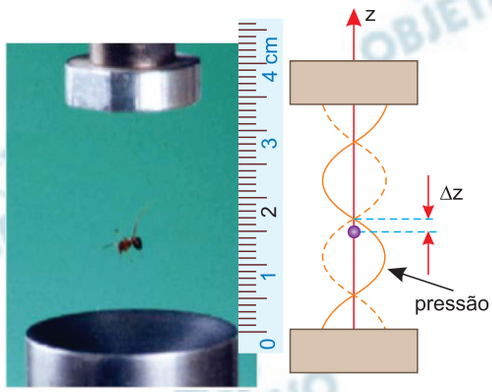
b) $\tau = \frac{18}{25}(P_4 - P_1)(V_2 - V_1)$ ou

$\tau = 3\, P_1 V_1$

10

A levitação acústica consiste no emprego de ondas acústicas para exercer força sobre objetos e com isso mantê-los suspensos no ar, como a formiga representada na figura A, ou movimentá-los de forma controlada. Uma das técnicas utilizadas baseia-se na formação de ondas acústicas estacionárias entre duas placas, como ilustra a figura B, que mostra a amplitude da pressão em função da posição vertical.

a) As frequências de ressonância acústica entre duas placas, ou num tubo fechado nas duas extremidades, são dadas por $f_n = \dfrac{nv}{2L}$, sendo L a distância entre as placas, v = 340 m/s a velocidade do som no ar, e n um número inteiro positivo e não nulo que designa o modo. Qual é a frequência do modo ilustrado na figura B?



(A) (B)

b) A força acústica aplicada numa pequena esfera aponta sempre na direção z e no sentido do nó de pressão mais próximo. Nas proximidades de cada nó, a força acústica pode ser aproximada por $F_{ac} = -k\Delta z$, sendo k uma constante e $\Delta z = z - z_{nó}$. Ou seja, a força aponta para cima (positiva) quando a esfera está abaixo do nó (Δz negativo), e vice-versa. Se $k = 6{,}0 \times 10^{-2}$ N/m e uma esfera de massa $m = 1{,}5 \times 10^{-6}$ kg é solta a partir do repouso na posição de um nó, qual será a menor distância percorrida pela esfera até que ela volte a ficar instantaneamente em repouso? Despreze o atrito viscoso da esfera com o ar.

Resolução

a) Observa-se da figura A que L = 3,4 cm. Sendo v = 340m/s e n = 3 (na figura B, notam-se três nós, o que corresponde ao 3º harmônico), calcula-se a frequência do modo de vibração ilustrado pela expressão fornecida no enunciado:

$$f_n = n\,\frac{v}{2L} \Rightarrow f_3 = 3\,\frac{340}{2\,.\,3{,}4\,.\,10^{-2}}\ (\text{Hz})$$

Da qual:

$$\boxed{f_3 = 1{,}5\,.\,10^4\text{Hz} = 15\text{kHz}}$$

b) No ponto nodal, onde a velocidade da esfera é nula, a força acústica é nula e a força resultante na partícula em MHS (movimento harmônico simples) é o seu peso:

$F_{res} = P \Rightarrow kA = mg$

(em que A é a amplitude do MHS)

$6{,}0\,.\,10^{-2}\,.\,A = 1{,}5\,.\,10^{-6}\,.\,10$

Da qual:

$$\boxed{A = 2{,}5\,.\,10^{-4}\text{m} = 0{,}25\text{mm}}$$

A distância d pedida é dada por:

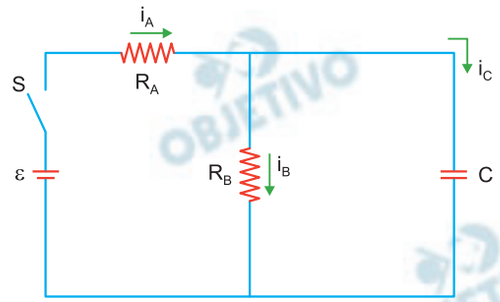
$d = 2A \Rightarrow d = 2\,.\,0{,}25$ mm

$$\boxed{d = 0{,}5\text{mm}}$$

Respostas: a) 15kHz
b) 0,5mm

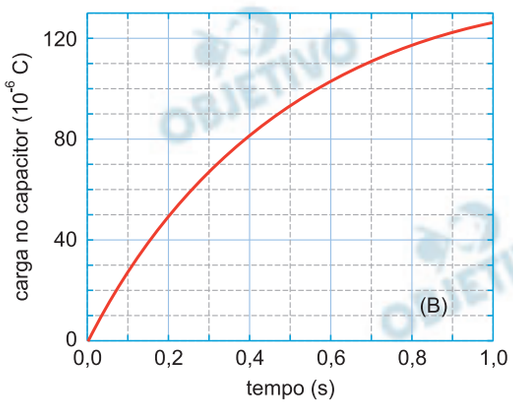
11

Capacitores são componentes de circuitos elétricos que têm a função de armazenar carga. O tempo necessário para carregar ou descarregar um capacitor depende da sua capacitância C, bem como das características dos outros componentes a que ele está ligado no circuito. É a relativa demora na descarga dos capacitores que faz com que o desligamento de certos eletrodomésticos não seja instantâneo.



(A)

O circuito da figura A apresenta um capacitor de capacitância $C = 20\ \dfrac{\mu C}{V} = 20\ \mu F$ ligado a dois resistores de resistências $R_A = 40\ k\Omega$ e $R_B = 60\ k\Omega$, e a uma bateria de força eletromotriz $\varepsilon = 12V$. A chave S é ligada no instante t = 0 e o gráfico da figura B mostra a carga q(t) no capacitor em função do tempo.



a) Qual é a diferença de potencial no capacitor em t = 0,2 s?

b) Num outro instante, a corrente no capacitor é $i_C = 150\ \mu A$. Quanto vale a corrente i_B no resistor R_B nesse instante?

Resolução

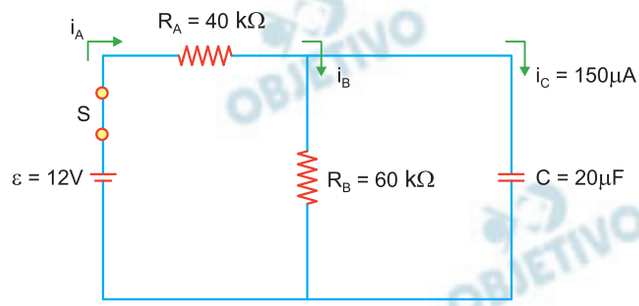
a) Observando o gráfico fornecido na figura B, podemos concluir que, para t = 0,2s, temos no capacitor uma carga elétrica $Q = 50 \cdot 10^{-6}C$. Assim:

$$Q = C \cdot U$$

$$50 \cdot 10^{-6} = 20 \cdot 10^{-6} \cdot U$$

$$\boxed{U = 2{,}5V}$$

b)



1) Do circuito apresentado na figura A, temos:

$$i_A = i_B + i_C$$

$$i_B = i_A - i_C \qquad \text{(I)}$$

2) Ainda, do circuito apresentado, temos:

$$\varepsilon = R_A\, i_A + R_B\, i_B \qquad \text{(II)}$$

3) Substituindo I em II, vem:

$$\varepsilon = R_A\, i_A + R_B\, (i_A - i_C)$$

$$\varepsilon = R_A\, i_A + R_B\, i_A - R_B\, i_C$$

$$12 = 40 \cdot 10^3\, i_A + 60 \cdot 10^3\, i_A - 60 \cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-6}$$

$$10^5\, i_A = 21$$

$$\boxed{i_A = 210\ \mu A}$$

Da equação I, temos:

$$i_B = i_A - i_C$$

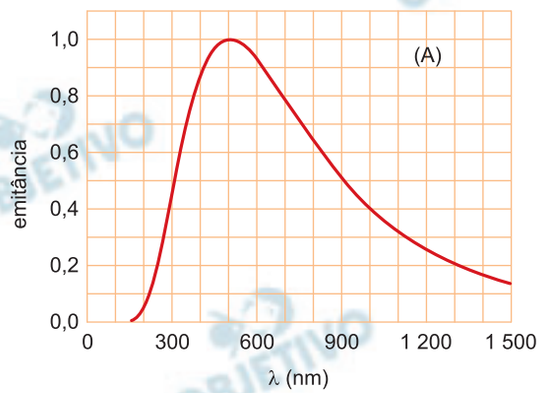
$$i_B = 210\mu A - 150\mu A$$

$$\boxed{i_B = 60\ \mu A}$$

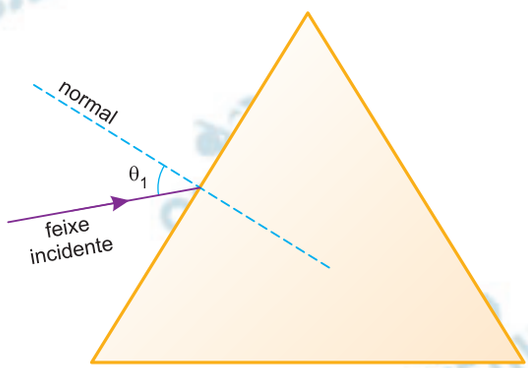
Respostas: a) U = 2,5 V

b) $i_B = 60\ \mu A$

a) Todos os corpos emitem radiação, e quanto maior a temperatura do corpo, maior a potência por ele radiada. Idealmente, os corpos que têm a capacidade de absorver toda a radiação que recebem são também os melhores emissores de radiação. Esses corpos são chamados de corpos negros e apresentam espectros de emissão de radiação que dependem somente de suas temperaturas. Além disso, o comprimento de onda de máxima radiação relaciona-se com a temperatura do corpo da seguinte forma: $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$, sendo $b = 3 \cdot 10^{-3} m \cdot K$. O Sol tem um espectro de emissão similar ao espectro do corpo negro mostrado na figura A. Os valores de emitância estão divididos pelo valor máximo; já a escala de comprimentos de onda está em nanômetros ($1{,}0\ nm = 1{,}0 \cdot 10^{-9}\ m$). Quanto vale a temperatura do corpo negro?



b) A separação da radiação luminosa nos diferentes comprimentos de onda é usualmente feita pelo emprego de uma grade de difração ou de um prisma. Quando um feixe luminoso incide numa das faces de um prisma, parte dele é refletida, e outra parte é refratada. Considere que o feixe luminoso, composto das cores azul e vermelha, incide na face do prisma conforme mostra a figura B. Trace os raios refletidos e os raios refratados na primeira face do prisma, lembrando que o índice de refração depende do comprimento de onda.



(B)

Resolução

a) O comprimento de onda $\lambda_{máx}$ associado ao ponto de máxima emitância é 500nm = $5 \cdot 10^{-7}$m.

Pela Lei de Wien, dada no enunciado, segue-se que:

$$\lambda_{máx} = \frac{b}{T} \Rightarrow T = \frac{b}{\lambda_{máx}}$$

$$T = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-7}} \text{ (K)}$$

Da qual:

$$\boxed{T = 6 \cdot 10^{3}\text{K}}$$

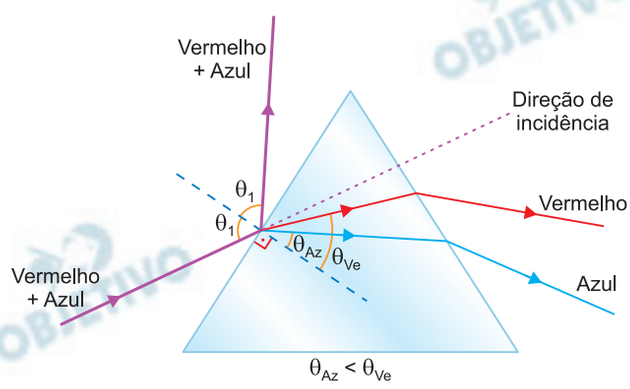
b) O feixe bicromático (vermelho + azul), supostamente vindo do ar, reflete-se em parte na face de incidência da luz, enquanto outra parte da radiação se refrata (com dispersão) para o interior do prisma.

Na reflexão, o ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência.

Já na refração, a luz azul (de maior frequência e menor comprimento de onda) "detecta" um índice de refração absoluto no prisma maior que o "notado" pela luz vermelha (de menor frequência e maior comprimento de onda).

Os raios refratados seguem, então, separados no interior do prisma até emergirem para o ar.

Esquematicamente:



Respostas: a) $6 \cdot 10^{3}$K

b) ver esquema

13

Em 2017, um grupo de astrônomos europeus detectou sete planetas orbitando uma estrela da Via Láctea denominada TRAPPIST-1. Reproduzimos abaixo algumas informações extraídas desse estudo.

As estimativas das massas dos seis planetas mais próximos da estrela sugerem fortemente uma composição rochosa.

Em especial, três planetas têm irradiações estelares* muito próximas das de Vênus, Terra e Marte.

Supondo condições atmosféricas semelhantes às da Terra, deduziu-se que um desses três planetas, denominado TRAPPIST-1f, pode ter oceanos de água em forma líquida na superfície.

* irradiação estelar é a potência de energia recebida da estrela por unidade de área do planeta.

Responda às questões a seguir.

a) O estudo sugere que o planeta TRAPPIST-1f pode ter sido palco do surgimento de formas de vida semelhantes às da Terra. Levando em conta apenas as características encontradas atualmente em todos os organismos vivos, explique a importância de duas características físicas ou químicas presentes no planeta TRAPPIST-1f para a biologia dos organismos vivos como nós os conhecemos.

b) Uma teoria altamente controversa, denominada panspermia, sugere que a vida existe em vários lugares do Universo e pode ter-se disseminado entre planetas e sistemas estelares, carregada por meteoros. Considerando plausível tal teoria, se dois planetas com características semelhantes fossem semeados simultaneamente pelos mesmos micro-organismos, não necessariamente possuiriam as mesmas formas de vida bilhões de anos depois. Explique por que, incluindo em sua resposta pelo menos um fator que leva a evolução biológica a ser imprevisível.

Qual a relação entre mutações e variabilidade genética, condição essencial para a evolução biológica?

(Fonte: Michael Gillon e outros, Seven temperate terrestrial planets around the nearby ultracool dwarf star TRAPPIST-1. *Nature*, Cambridge, v. 542, p. 456–460, fev. 2017.)

Resolução

a) Para a biologia dos seres vivos como os que conhecemos, são essenciais: atmosfera e água. A atmosfera para a manutenção de condições favoráveis à vida (temperatura, umidade, radiação, entre outros) e fonte de compostos inorgânicos para os organismos vivos. As atividades metabólicas dos seres vivos ocorrem em meio aquoso.

b) As populações colonizadoras, em ambientes distintos, passam pelo processo de seleção natural diversificadora sofrendo modificações com o passar do tempo. Em planetas diferentes as pressões seletivas não são as mesmas.

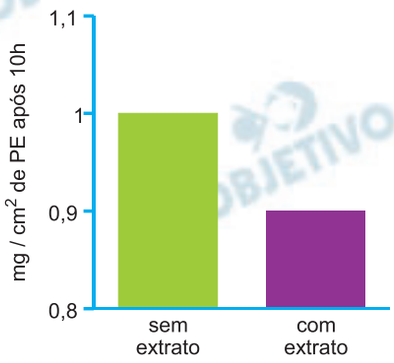
As mutações são a fonte primária geradora de variabilidade genética, sobre a qual atua a seleção natural.

14

Nos últimos anos, foram desenvolvidos vários processos tecnológicos para a biodegradação dos plásticos PE (polietileno) e PET (polietilenotereftalato), amplamente utilizados na fabricação de embalagens. Em países desenvolvidos, apenas ¼ do total de PE produzido é reciclado; o restante é descartado em aterros sanitários ou queimado por combustão, resultando em enorme ônus ambiental.

a) Em um estudo inicial, verificou-se que lagartas vivas da mariposa *Galleria mellonella* são capazes de reduzir a massa de sacolas plásticas de PE. Posteriormente, lagartas dessa espécie foram maceradas para produzir um extrato líquido, que foi então depositado por 10 horas sobre um pedaço de PE. O gráfico abaixo mostra a massa restante por cm^2 de PE na ausência e na presença do extrato após 10 horas.

Por que os dados do gráfico confirmam que a redução da massa das sacolas plásticas causada pela presença das lagartas vivas não é resultado apenas da mastigação mecânica pelos insetos? Considerando que a taxa de degradação de PE definida no gráfico permanece constante, quantas horas seriam necessárias para uma quantidade suficiente de extrato degradar todo o pedaço de PE? Explique.



b) Mais recentemente, um grupo de pesquisadores descobriu uma bactéria encontrada em aterros sanitários no Japão, denominada *Ideonella sakaiensis*, capaz de fragmentar o PET em unidades menores, processo que depende de uma enzima específica, chamada PETase. Foi sugerido que o genoma da *I. sakaiensis* poderia ser utilizado para a criação de uma bactéria transgênica a ser empregada em processos industriais de reciclagem de resíduos plásticos. O que é transgenia? Para criar tal bactéria transgênica, que parte do genoma da *I. sakaiensis* seria essencial?

(Fontes: Paolo Bombelli e outros, Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Current Biology*, Cambridge, v. 27, p. R283–R293, abr. 2017. Harry P. Austin e outros, Characterization and engineering of a plastic-degrading aromatic polyesterase. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Washington, v. 115, p. E4350-E4357, maio 2018. Esse estudo teve a participação do grupo liderado pelo Prof. Dr. Munir Skaf, Pró-Reitor de Pesquisa da UNICAMP.)

Resolução

a) A redução da massa das sacolas plásticas causada pela presença das lagartas vivas também é resultado da hidrólise enzimática, porque a mastigação mecânica é um processo físico, não alterando a massa do PE.

A massa degradada foi de 0,1g/cm^2 em 10 horas e, portanto, em 100 horas a degradação dessa massa será total, segundo os cálculos adiante:

0,1 g/cm^2 —— 10 horas
1 g/cm^2 —— X

$$x = \frac{10}{\frac{1}{10}} = 10 \times 10 = 100 \text{ horas}$$

b) O processo biotecnológico da transgenia consiste na transferência de genes entre organismos de espécies diferentes. A parte do genoma da *Ideonella sakaiensis* é a sequência do DNA incorporada, que contém a instrução para a síntese da enzima PET ase.

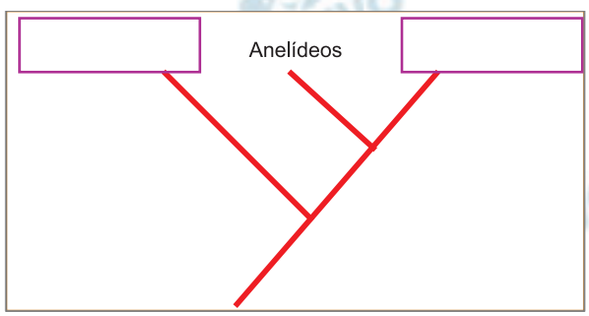
15

Organismos vivos são classificados em grupos taxonômicos, que devem preferencialmente refletir as relações de parentesco evolutivo entre as espécies.

a) A tabela apresentada abaixo (parte **a** do espaço de resposta) contém características presentes em anelídeos, platelmintos e moluscos. Preencha corretamente todos os espaços em cinza na tabela, referentes às características listadas na primeira coluna, de acordo com as opções indicadas na segunda coluna. Atenção: há duas colunas denominadas X e Y; uma representa moluscos e a outra representa platelmintos.

Característica	Opções	X	Anelídeos	Y
Celoma	Acelomados, Pseudocelomados ou Celomados	Celomados		Acelomados
Simetria	Radial, Pentarradial ou Bilateral	Bilateral		Bilateral
Larva		Trocófora	Trocófora	Tipo varia com a espécie
Sistema circulatório	Ausente ou presente		Presente	
Sistema digestório	Incompleto ou completo (com boca e ânus)	Completo (com boca e ânus)		Incompleto
Carapaça calcárea	Ausente ou Presente	Presente (algumas espécies)	Ausente	Ausente
Eixo ântero-posterio	Indefinido, definido ou variável	Variável	Definido	
Segmentação	Ausente ou Presente	Ausente		Ausente
Exemplo de organismo (nome comum)				

b) Um dos critérios para a construção do diagrama abaixo (parte **b** do espaço de resposta) é o número de características compartilhadas entre pares de grupos taxonômicos. Preencha os retângulos em branco do diagrama com o nome de um dos dois grupos — moluscos ou platelmintos. Utilize as linhas em branco para explicar o que representa esse tipo de diagrama.

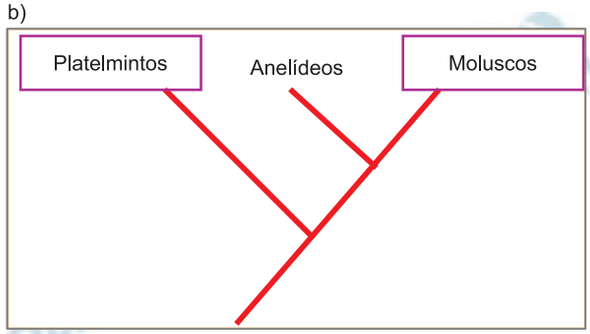


Resolução

a)

Característica	Opções	X	Anelídeos	Y
Celoma	Acelomados, Pseudocelomados ou Celomados	Celomados	Celomados	Acelomados
Simetria	Radial, Pentarradial ou Bilateral	Bilateral	Bilateral	Bilateral
Larva		Trocófora	Trocófora	Tipo varia com a espécie
Sistema circulatório	Ausente ou presente	Presente	Presente	Ausente
Sistema digestório	Incompleto ou completo (com boca e ânus)	Completo (com boca e ânus)	Completo	Incompleto
Carapaça calcárea	Ausente ou Presente	Presente (algumas espécies)	Ausente	Ausente
Eixo ântero-posterio	Indefinido, definido ou variável	Variável	Definido	Definido
Segmentação	Ausente ou Presente	Ausente	Presente	Ausente
Exemplo de organismo (nome comum)		caracol	minhoca	planária

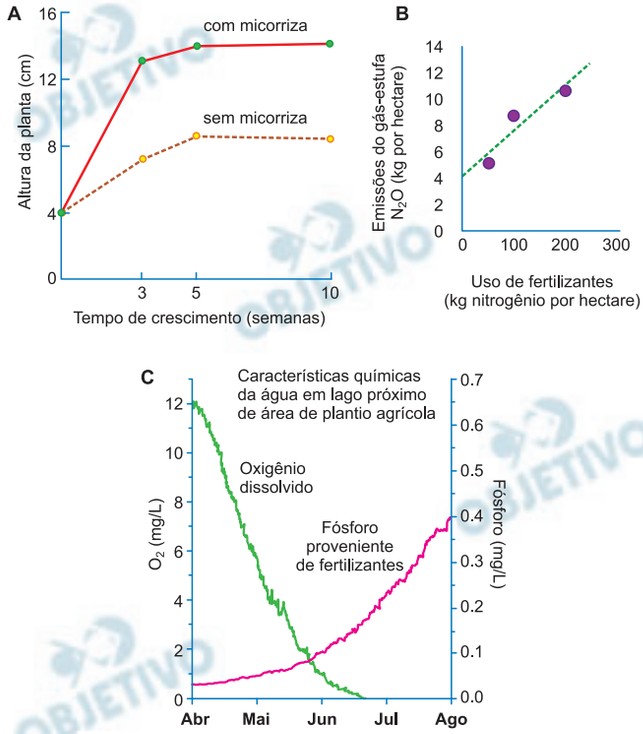
b)



O diagrama representa as relações de parentesco evolutivo entre os grupos de seres vivos em destaque no enunciado da questão.

16

Plantas são capazes de absorver nutrientes do solo pelas raízes. Em muitas espécies vegetais, as raízes são infectadas por fungos, estabelecendo uma interação entre organismos denominada micorriza.



a) Os efeitos das micorrizas sobre o crescimento vegetal podem ser avaliados a partir da figura A. Utilizando os dados fornecidos na figura, explique as consequências da micorriza para a planta. Que tipo de interação ecológica caracteriza a micorriza? Justifique, informando em sua resposta se a interação é positiva, negativa ou neutra para cada organismo envolvido.

b) O Brasil é um dos países que mais consomem fertilizantes sintéticos no mundo. Com base nas figuras A, B e C, explique por que a bioinoculação de fungos no solo pode ser uma alternativa ao uso de fertilizantes. Indique em sua explicação ao menos um efeito para as plantas e um efeito para o ambiente.

(Fonte: D. S. Hayman e outros, Plant Growth Responses to Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza. VI. Effect of Light and Temperature. *The New Phytologist*, Lancaster, v. 73, p. 71-80, jan. 1974.)

Resolução

a) **As consequências das micorrizas para a planta são o aumento na superfície de absorção radicular de minerais e água e, consequentemente, melhora o desenvolvimento do vegetal. A interação ecológica entre os fungos e as raízes é um caso de mutualismo. O mutualismo é uma interação harmônica interespecífica positiva para ambos os organismos envolvidos.**

b) **A bioinoculação de fungos no solo pode ser uma alternativa ao uso de fertilizantes porque, como**

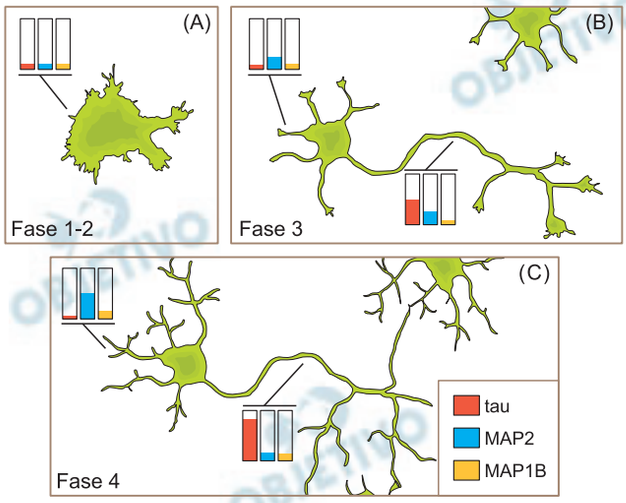
decompositores, os fungos fornecem compostos nitrogenados e outros, essenciais para as plantas. A preservação ambiental ocorre com a redução das emissões de gases estufa (N_2O) – gráfico B e diminuição da poluição aquática pelo fósforo presente em fertilizantes – gráfico C.

Os microtúbulos, parte do citoesqueleto, estão envolvidos em diversas etapas da diferenciação de neurônios, incluindo a origem e a função de seus prolongamentos celulares — dendritos e axônios.

As proteínas associadas aos microtúbulos (MAPs) têm funções essenciais nas células neuronais, podendo ser divididas em três famílias — MAP1, MAP2 e tau.

a) Cite pelo menos dois papéis dos microtúbulos em uma célula eucariótica, diferentes daqueles mencionados acima.

As distribuições subcelulares de tau, MAP2 e um tipo de MAP1 (MAP1B) durante a diferenciação neuronal são representadas na figura abaixo. Na fase 4, qual MAP é encontrada em maior quantidade nos dendritos?



Legenda: Fase 1-2: célula precursora neural, com prolongamentos do tipo lamelipódio e futuros neuritos; Fase 3: neurônio com polaridade, com axônio e neuritos; Fase 4: neurônio maduro, com dendritos formados a partir dos neuritos e axônio ramificado. Os gráficos de barras representam a quantidade das MAPs, conforme legenda no painel C.

(Fonte: L. Penazzi e outros, Chapter Three - Microtubule Dynamics in Neuronal Development, Plasticity, and Neurodegeneration. *International Review of Cell and Molecular Biology*, Kidlington, v. 321, p. 89–169, 2016.)

b) Qual é a principal função dos axônios?

Plasticidade neuronal é a capacidade do sistema nervoso de se modificar estrutural e funcionalmente ao longo de seu desenvolvimento, ou quando sujeito a novas experiências. De que forma os dendritos e os axônios participam ativamente desse processo?

Resolução

a) **Nas células eucarióticas os microtúbulos do citoesqueleto formam o fuso de divisão celular (mitose e meiose), além de formar os cílios e os flagelos relacionados à locomoção celular. Nos dendritos do neurônio na fase quatro é encontrada maior quantidade da proteína MAP2.**

b) **Os axônios dos neurônios são prolongamentos celulífugos, isto é, conduzem os impulsos nervosos para longe do corpo celular.**
A plasticidade neuronal depende do desenvolvimento de um grande número de ramificações dendríticas e axônicas. As ramificações dendríticas recebem os sinais de inúmeras terminações axônicas. As terminações axônicas garantem a formação de sinapses que permitem a transmissão dos impulsos nervosos.

18

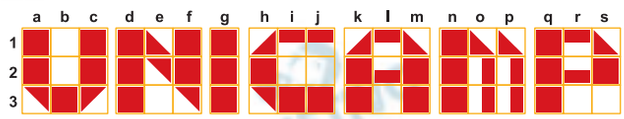
Recentemente, foi criado um sistema que emprega moléculas sintéticas de DNA para armazenar dados de textos, imagens ou vídeos simples. Nesse sistema, qualquer trecho compreendido entre 5 bases **A** na sequência da molécula sintética de DNA é chamado **códex**, o qual tem a estrutura genérica abaixo.

A primeira base de cada códex é o **pixet**, que indica qual das três linhas de *pixels* da imagem o códex representa: **G** indica a primeira linha (1), **C** indica a segunda linha (2) e **T** indica a terceira linha (3).

Após o **pixet**, o códex inclui 19 conjuntos de duas bases **(dupletos)**, nomeados de **a** até **s**; cada **dupleto** representa um *pixel* gráfico na imagem.

Por exemplo, a imagem abaixo foi codificada pela sequência de DNA a seguir (apenas a sequência de uma das fitas de DNA é apresentada):

AAAAACTTTATTTTCCTTTTTTACACTTGGTTTTGTGT
TTGGTTAAAAATCCTTTGTTAGCCTTCCTTTTTTCATTT
TGTGTTTAGAGAAAAAGTTTATTTTCGTTTTTCGCGCT
CGCCGTTCGCGTTGCCGAAAAA.



a) Qual a sequência de bases do **dupleto** que representa os *pixels* do tipo ◣? Explique, em termos da deterioração da imagem, por que a inserção de uma base extra logo após o primeiro dupleto de um códex da sequência de DNA acima é mais grave que a deleção do último dupleto desse códex.

b) Compare o funcionamento dos dupletos do sistema descrito acima com o funcionamento dos códons na codificação de aminoácidos em organismos vivos. Qual organela catalisa o processo de tradução?

Resolução

a) Os *pixels* do tipo indicado no enunciado são codificados por cinco dupletos CG. A inserção de uma base extra logo após o primeiro dupleto altera toda a sequência de dupletos do códex. A deleção do último dupleto pode causar a não formação do último pixel.

b) Os dupletos do sistema descrito representam os pixels gráficos na imagem. Os códons que especificam os aminoácidos durante a síntese de proteínas são sequências de três nucleotídeos. As organelas que catalizam o processo de tradução são os ribossomos.