CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA

O ser humano está acostumado a observar o que o cerca a partir das informações obtidas pelos seus órgãos sensoriais. Quando se deseja estudar objetos ou fenômenos cuja ordem de grandeza os sentidos não conseguem captar, é necessário utilizar ferramentas que permitam analisá-los.

É possível, com o uso de equipamentos, observar fenômenos cuja ordem de grandeza varia de 10^{21} metros até 10^{-13} metros, conforme exemplificam as figuras ao lado.

Considerando o texto acima e as figuras apresentadas, julgue os itens seguintes.

1 Parte da biosfera e parte dos biomas terrestres encontram-se na região da Terra mostrada na figura III.

2 Parte da região ilustrada na figura IV corresponde ao talassociclo.

3 As figuras VI, VII, IX e X, em conjunto, apresentam uma cadeia alimentar. Nessas figuras se observam, respectivamente, produtor, consumidor primário, consumidor secundário e consumidor terciário da referida cadeia.

4 As monocotiledôneas, vegetais predominantes na figura VI, são angiospermas com raiz fasciculada.

5 Na vegetação existente na região ilustrada na figura V, predominam plantas avasculares, que são características do bioma cerrado.

6 As figuras VII e VIII ilustram situações relacionadas à polinização indireta por entomofilia.

7 Na estrutura do DNA mostrada na figura XI, podem ser distinguidas as estruturas de histonas e nucleossomos.

8 O tamanho das mitocôndrias está compreendido entre as ordens de grandeza mencionadas nas legendas das figuras VIII e X.

9 O organismo humano, em fase embrionária de mórula, possui cavidade interna cujo diâmetro tem ordem de grandeza que se aproxima mais do valor mencionado na legenda da figura XI que daquele mencionado na legenda da figura VIII.

10 Considere que o átomo representado na figura XII seja do hidrogênio, que a freqüência da radiação — v — emitida na transição de um elétron entre uma órbita mais externa, de número quântico principal n_{ext}, e uma outra mais interna, de número quântico principal n_{int}, seja dada pela equação $v = R\left(\frac{1}{n_{int}^2} - \frac{1}{n_{ext}^2}\right)$, em que R = 3,29 × 10^{15} Hz. Nessa situação, a transição de um elétron da órbita mais interna desse átomo para a órbita imediatamente seguinte resultaria na emissão de radiação em freqüência superior a 2,00 × 10^{15} Hz.


Figura I – Via Láctea (10^{21} m)


Figura II – sistema solar com órbitas (10^{13} m)


Figura III – Terra: América do Sul (10^{7} m)


Figura IV – Brasília (10^{4} m)


Figura V – UnB (10^{3} m)


Figura VI – gramas e flores (10^{0} m)


Figura VII – abelha em uma flor (10^{-2} m)


Figura VIII – grãos de pólen no olho da abelha (10^{-3} m)


Figura IX – bactérias no grão de pólen (10^{-5} m)


Figura X – representação gráfica de vírus que estava na bactéria (10^{-6} m)

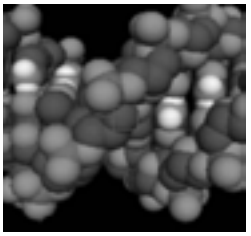

Figura XI – representação gráfica de estrutura do DNA (10^{-9} m)


Figura XII – representação gráfica do modelo atômico de Bohr (10^{-13} m)

No final do século XIX e início do século XX, foram propostos diversos modelos para o átomo, entre eles, os modelos de Thomson e de Rutherford. Posteriormente, o modelo de Rutherford foi aperfeiçoado por Niels Bohr, o qual assumiu que os elétrons se comportavam, em seu movimento ao redor do núcleo, como ondas com comprimento de onda $\lambda_n = \frac{h}{mv_n}$, em que m e v_n são, respectivamente, a massa e a velocidade do elétron que se encontra na órbita indicada pelo número natural n, e h é uma constante física. Essas ondas, no modelo de Bohr, obedecem à relação $n\lambda_n=2\pi r_n$, em que r_n é o raio da órbita de índice n.

A partir das informações apresentadas no texto, julgue os itens a seguir, sabendo que a constante elétrica $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$, em que ε_0 é a constante dielétrica do vácuo, e representando por e a carga do próton.

11 No modelo de Thomson, as partículas de carga negativa ficavam misturadas às partículas de carga positiva, formando uma massa compacta.

12 No modelo de Rutherford, a maior parte da massa do átomo se concentrava na eletrosfera, onde os elétrons giravam em órbitas ao redor do núcleo, em um modelo similar ao planetário.

13 No modelo de Bohr, a relação $n\lambda_n=2\pi r_n$, referida no texto, está associada ao fato de que os nós e os ventres de uma onda estacionária não mudam de posição ao longo do tempo.

14 Sabendo-se que no átomo de hidrogênio no modelo de Bohr a força elétrica entre núcleo e elétron é centrípeta, é correto afirmar que, nesse modelo, $r_n = n^2 r_1$, em que $r_1 = \frac{\varepsilon_0 h^2}{2\pi m e^2}$.

15 No modelo de Bohr para determinado átomo, quanto maior for o raio da órbita de índice n, menor será a velocidade do elétron que se encontra nessa órbita.

16 No átomo de hidrogênio no modelo de Bohr, a energia cinética do elétron é dada por $\frac{r_n k e^2}{2}$.

17 A energia total do elétron no átomo de hidrogênio no modelo de Bohr é dada por $\frac{-me^4}{4n^2\varepsilon_0^2 h^2}$.

18 A freqüência da luz capaz de promover a fotofosforilação acíclica corresponde à da cor verde.

RASCUNHO

Durante muito tempo pensou-se em Marte como um provável lugar para abrigar vida. A descoberta de metano em sua atmosfera tornou-se a primeira evidência de que isso seria possível. Essa descoberta sugere que, nesse planeta, esteja ocorrendo uma intensa atividade subterrânea biológica ou geoquímica. Sem essas atividades, o nível de metano em Marte, provavelmente, seria zero, uma vez que esse gás é rapidamente eliminado, por exemplo, pelas reações apresentadas a seguir.

I $2CH_4 \longrightarrow C_2H_6 + H_2$

II $H_2O + CH_4 \rightarrow H_2CO + 2H_2$

III $H_2O_2 + 2CH_4 \rightarrow 2H_2CO + 3H_2$

Os processos astronômicos e geológicos conhecidos, como as poeiras de meteoritos e os impactos de cometas e vulcões, que são fontes convencionais de metano, não conseguiriam repor o gás consumido pelas reações apresentadas. Uma fonte possível desse gás é a hidrogeoquímica, como as emanações hidrotérmicas. Nas condições que determinam essas emanações, os silicatos ultramáficos (rochas ricas em ferro e magnésio) podem reagir para produzir hidrogênio, em um processo conhecido como serpentinização, cujas reações são as apresentadas em IV, V e VI, sendo que a reação VI se processa com o consumo de produtos gerados em IV e V.

IV $6Fe_2SiO_4 + 7H_2O \rightarrow H_2(aq) + 3Fe_3Si_2O_5(OH)_4 + Fe_3O_4$

V $2Mg_2SiO_4 + 3H_2O \rightarrow Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + Mg(OH)_2$

VI $2Fe_3Si_2O_5(OH)_4 + 6Mg(OH)_2 \rightarrow$
$2H_2(aq) + 2Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + 2Fe_3O_4 + 4H_2O$

As reações do hidrogênio produzido na reação VI com grãos de carbono, dióxido de carbono ou minerais carbonatados produzem metano, de acordo com as seguintes reações.

VII $CO_2(aq) + \left[2 + \frac{m}{2n}\right] H_2(aq) \rightarrow \left(\frac{1}{n}\right) C_nH_m + 2H_2O$

VIII $CO_2(aq) + 4H_2(aq) \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

IX $C + 2H_2(aq) \rightarrow CH_4$

Essas reações, quando realizadas em laboratório, à pressão de 400 Pa, temperatura de 390 °C e com óxidos de cromo e ferro como catalisadores, produzem grande quantidade de metano.

Uma outra fonte de metano a ser considerada é a microbiana. Na Terra, microrganismos conhecidos como metanógenos produzem metano em reações que envolvem o consumo de hidrogênio, dióxido de carbono ou monóxido de carbono. As reações a seguir ilustram esse processo.

X $4CO + 2H_2O \rightarrow CH_4 + 3CO_2$

XI $4H_2 + CO_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

O metano produzido pode ser liberado para a atmosfera, talvez por perda gradual do gás através de rachaduras e fissuras ou por emissões esporádicas de vulcões.

Scientific American Brasil, n.° 6, jun./2007 (com adaptações).

Com base nas informações do texto, julgue os itens de **19** a **33**.

19 O composto H_2CO produzido na reação II tem grupo funcional ácido que, em meio aquoso, diminui o pH da água e produz o íon HCO^-.

20 A geometria da molécula H_2CO é trigonal plana.

21 O H_2O_2 é classificado como um peróxido, pois o módulo do número de oxidação do oxigênio nesse composto é maior que 2.

22 A comprovação da existência de fonte microbiana de metano em Marte seria suficiente para provar os princípios da teoria da abiogênese.

23 Na reação II, observa-se variação do número oxidação de elementos quando são comparados os reagentes e os produtos.

24 O metano produzido na Terra contribui para o efeito estufa na atmosfera terrestre.

25 Na Terra, a produção de metano por microrganismos ocorre predominantemente pelo processo da quimiossíntese.

26 Uma das reações mencionadas no texto é fotoquímica. Em diversos vegetais, ocorrem reações fotoquímicas, que se processam nos tilacóides e têm como conseqüência a formação de ATP.

27 Infere-se das informações do texto que os compostos Fe_2SiO_4 e Mg_2SiO_4 são óxidos básicos.

28 A seguinte equação química representa corretamente a reação global do processo de serpentinização mencionado no texto:

$$6Fe_2SiO_4 + 12Mg_2SiO_4 + 21H_2O \rightarrow$$
$$3H_2(aq) + 3Fe_3Si_2O_5(OH)_4 + Fe_3O_4 + 8Mg_3Si_2O_5(OH)_4$$

29 Considere que a reação VII se processe totalmente em fase gasosa em vez de em fase aquosa, seguindo a mesma estequiometria da equação apresentada, e que as substâncias que participam dessa reação se comportem segundo a lei dos gases ideais. Considere, ainda, que essa reação ocorra em um recipiente rígido e fechado, à temperatura constante e com quantidades estequiométricas dos reagentes no interior do recipiente, sob uma pressão total igual a p_1. Nesse caso, é correto afirmar que, após o consumo total dos reagentes na reação, a pressão total final no interior do recipiente será igual a $\left(\frac{4n+2}{6n+m}\right) p_1$.

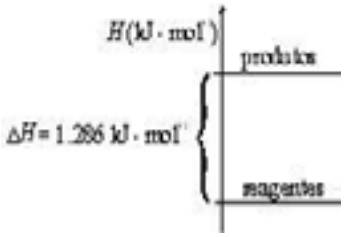
30 As taxas de desenvolvimento das reações representadas pelas equações VII, VIII e IX aumentam com a temperatura, mas as entalpias dessas reações em diferentes temperaturas, como, por exemplo, a 25 °C e a 390 °C, são idênticas, porque as entalpias das substâncias independem da temperatura.

31 A diferença de eletronegatividade entre o oxigênio e o carbono faz a molécula de dióxido de carbono apresentar um momento de dipolo maior que o da molécula de hidrogênio, o que torna o dióxido de carbono mais solúvel em água que o hidrogênio.

32 A tabela a seguir apresenta as entalpias de ligações que podem ser formadas entre átomos de carbono, oxigênio e hidrogênio.

ligações	entalpia de ligação ($kJ \cdot mol^{-1}$ a 25 ºC e 1 atm)
C–C	347
H–H	436
C–H	414
O–H	464
O=O	496
C=O	743

Considerando essas informações, conclui-se que o ΔH da reação de número X apresentada no texto, a 25 ºC e 1 atm, pode ser corretamente representado pelo gráfico abaixo.



33 Segundo a reação química indicada por XI no texto, microrganismos metanógenos produzem 1 g de metano consumindo 4 g de hidrogênio.

Alguns filósofos gregos, como Anaximandro de Mileto e Empédocles, preocuparam-se com problemas que hoje são objeto de estudo da evolução. Anaximandro acreditava que, da água e da terra aquecidas, surgiram peixes ou seres muito semelhantes a eles; nestes, formou-se o homem, sob a forma de embrião que ficava retido dentro desses seres até a puberdade; quando, por fim, esses seres se romperam, deles saíram homens e mulheres, com tal nível de desenvolvimento que eram capazes de se alimentar.

Empédocles acreditava que havia na Terra órgãos, como braços e pernas, que erravam pela superfície e que, às vezes, se combinavam aleatoriamente para formar organismos bem adaptados, que sobreviviam e davam origem ao que chamamos hoje de espécie. Em outras ocasiões, essas combinações formavam organismos incompletos e(ou) inadaptados, que eram incapazes de sobreviver.

Acerca desse tema, julgue os itens a seguir.

34 A idéia de que novas espécies podem surgir em curto período de tempo, a partir de grandes modificações em organismos que já existem, sem a influência de fatores ambientais, aproxima as idéias defendidas por filósofos gregos como Anaximandro e Empédocles do conceito moderno de especiação.

35 Tanto a moderna teoria da evolução quanto Empédocles reconhecem que fenômenos aleatórios provocam modificações nos seres vivos e que os resultados dessas modificações podem tornar os seres vivos bem adaptados ou inviáveis.

36 Embora com uma visão muito mais elaborada a respeito da evolução dos vertebrados, a moderna teoria da evolução, assim como Anaximandro, admite que o homem tenha se originado a partir de seres semelhantes a peixes.

RASCUNHO

Texto para os itens de 37 a 57

É sempre vantajoso para os seres vivos produzirem os compostos vitais dos quais necessitam? Uma série de experimentos demonstrou que não, se esses compostos puderem ser facilmente obtidos no ambiente.

Nesses experimentos, foram comparadas duas linhagens da bactéria *Bacillus subtillis*, que diferiam quanto à capacidade de fabricar o aminoácido triptofano. A linhagem selvagem era capaz de fazê-lo, e a linhagem mutante, não. Se populações das duas linhagens, com o mesmo número inicial de indivíduos, fossem colocadas em meio de cultura que não contivesse triptofano, apenas a linhagem selvagem sobreviveria.

Entretanto, se fossem colocadas em meio rico em triptofano, a população da linhagem mutante sobreviveria enquanto a população da linhagem selvagem diminuiria. Esses resultados levaram os pesquisadores a concluir que a capacidade de sintetizar triptofano se tornara desvantajosa na competição entre as duas linhagens, quando o meio era rico em triptofano.

Linus Pauling. **Como viver mais e melhor**. São Paulo: Best Seller, 1988 (com adaptações).

Acerca dos temas tratados no texto, julgue os itens que se seguem.

37 O triptofano é uma das bases nitrogenadas presentes no material genético de microrganismos.

38 Os experimentos descritos no texto demonstram como funciona o mecanismo evolutivo da seleção natural: a freqüência de características que não têm valor adaptativo, como a capacidade de sintetizar triptofano em meio no qual esse aminoácido está disponível, tende a diminuir ao longo das gerações.

39 A competição descrita no texto é do tipo interespecífica e representa interação negativa para as duas linhagens envolvidas, a selvagem e a mutante, no ambiente rico em triptofano.

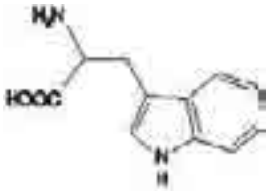
40 As bactérias selvagens mencionadas no texto são classificadas como autótrofos, por serem capazes de sintetizar o triptofano.

41 As informações apresentadas no texto são suficientes para se concluir que o comportamento observado nas populações de bactérias selvagens e mutantes é conseqüência da segregação de alelos.

42 A fabricação do triptofano depende de energia fornecida pelas mitocôndrias, que estão presentes no citoplasma das bactérias da linhagem selvagem.

Texto para os itens de 43 a 52

A figura a seguir ilustra a estrutura molecular do triptofano.



estrutura do triptofano

A tabela seguinte apresenta a composição e as características de uma solução aquosa de triptofano utilizada para a cultura de bactérias no experimento descrito do texto anterior.

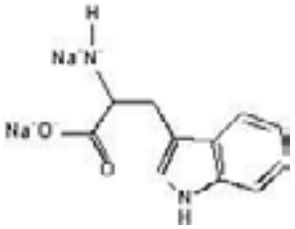
composição para 100,0 mL de solução	
triptofano	0,5 g
NaCℓ	0,5 g
KH_2PO_4	0,25 g
pH = 7,4 a 25 ºC	

Com base nessas informações, julgue os itens de **43** a **51**.

43 O triptofano é classificado como ácido carboxílico, uma vez que sua molécula contém grupos funcionais que liberam íons H^+ em água.

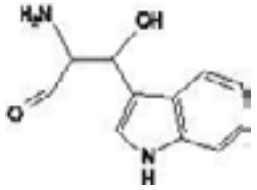
44 A cadeia carbônica do triptofano é classificada como mista, heterogênea, insaturada e aromática.

45 A reação do hidróxido de sódio com o triptofano forma água e o duplo sal cuja estrutura molecular está representada a seguir.

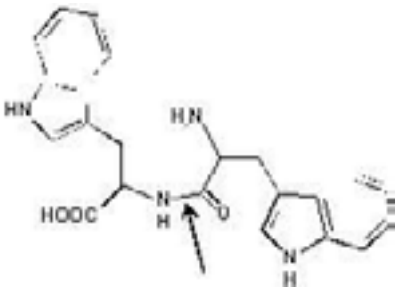


46 Se forem consideradas apenas as interações do tipo dipolo-dipolo, é correto afirmar que o triptofano é solúvel em água e também em tetracloreto de carbono.

47 O triptofano é isômero de posição da molécula representada pela estrutura a seguir.



48 A ligação covalente que une duas moléculas de triptofano, indicada pela seta na figura a seguir, é uma ligação peptídica.



49 A presença de $NaC\ell$ na solução aquosa de triptofano descrita na tabela aumenta a condutividade elétrica dessa solução.

50 A concentração do KH_2PO_4 na solução aquosa de triptofano descrita na tabela é maior que 0,02 mol $\cdot$ L^{-1}.

51 A temperatura de ebulição da solução aquosa de triptofano descrita na tabela é maior que a da água.

52 Considerando os dados da tabela abaixo, calcule o pH da solução de triptofano a 60 ºC que mantém a mesma razão entre a concentração de H^+ e a concentração OH^- encontrada na solução aquosa preparada a 25 ºC, em pH = 7,4, apresentada no texto. Multiplique o valor encontrado por 100 e desconsidere, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após efetuar todos os cálculos solicitados.

temperatura (ºC)	K_w
25	1×10^{-14}
60	1×10^{-13}

(Como este item é do **tipo B**, não se esqueça de transcrever o resultado numérico para a folha de respostas).

Nos experimentos descritos anteriormente, considere que os números de indivíduos nas populações das bactérias selvagens e mutantes, em milhares, sejam, em função do tempo $t \geq 0$, em horas, dados por $P_1(t)$ e $P_2(t)$, respectivamente, em que $t = 0$ representa o início dos experimentos. As expressões a seguir são válidas para o experimento em meio que não contém triptofano.

$$P_1(t) = \frac{k}{1+(3^9-1)\times 3^{-t}}, \text{ para } t \geq 0.$$

$$P_2(t) = \begin{cases} 3^{\frac{5t-8}{t-2}}, & \text{para } 0 \leq t < 2, \\ 0, & \text{para } t \geq 2. \end{cases}$$

Quando o experimento é realizado em meio rico em triptofano, são válidas as seguintes expressões, para $t \geq 0$.

$$P_1(t) = 3^{(4-t)}, \text{ para } t \geq 0,$$

$$P_2(t) = \frac{k}{1+(3^9-1)\times 3^{-2t}}, \text{ para } t \geq 0.$$

Com base nessas informações e sabendo que, nas expressões apresentadas, k é uma constante real a ser determinada, julgue os itens subseqüentes

53 Em meio que não contém triptofano, $P_1(0) = \frac{k}{1+3^9}$.

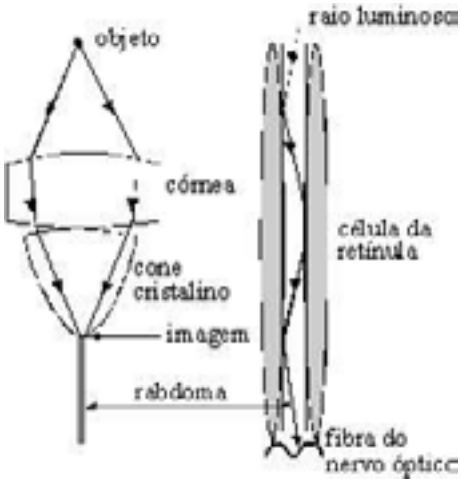
54 Como as populações de bactérias selvagens e mutantes têm o mesmo número de indivíduos em $t = 0$, independentemente do experimento, é correto concluir que $k = 3^8$.

55 É de 1 hora o tempo necessário para que a população $P_2(t)$, em meio que não contém triptofano, chegue a 27 mil indivíduos.

56 Para $t > 0$, a população $P_2(t)$, em meio rico em triptofano, é sempre menor que a população $P_1(t)$, em meio sem triptofano.

57 Tomando-se 0,625 como valor aproximado para $\log_3 2$, e supondo-se que, em meio rico em triptofano, a população de bactérias selvagens no instante $t = t_0$ é igual a 6 mil indivíduos, então $t_0 = 2{,}375$ horas.

RASCUNHO



As figuras acima representam parte do sistema de lentes do olho de um inseto, com seus componentes biológicos, sendo a retínula o elemento receptor de luz, cujo centro é ocupado por um cilindro translúcido, chamado rabdoma. Ao redor do rabdoma estão localizadas células fotorreceptoras. Sabe-se que os raios de curvatura das lentes dos olhos dos insetos são fixos. Portanto, esses animais não têm a capacidade de variar a distância focal do olho por meio da variação da curvatura de suas lentes, uma propriedade conhecida como poder de acomodação, presente no olho humano.

Considerando essas informações, julgue os itens seguintes.

58 Sabendo-se que a entrada do rabdoma — local onde o rabdoma se liga ao cone cristalino — se posiciona no foco do sistema de lentes do olho do inseto, é correto inferir que os insetos não enxergam com a mesma nitidez objetos posicionados a diferentes distâncias de seus olhos.

59 Sabendo-se que o poder de convergência de uma lente é definido como o inverso da distância focal; que, se a distância focal é medida em metros, o poder de convergência é medido em dioptrias (di); e que, em humanos, a distância entre o cristalino e a retina é igual à distância entre o cristalino e a imagem, é correto afirmar que, para o olho humano, se a distância cristalino-retina for igual a 2 cm, o seu poder de convergência será igual a 50 di.

60 Considere que os raios luminosos que chegam ao rabdoma sofram reflexões internas totais nas suas paredes, até chegarem à fibra do nervo óptico, como ilustrado na figura. Nesse caso, para que essas reflexões totais ocorram, a região que envolve o rabdoma deve possuir índice de refração menor que o índice de refração do próprio rabdoma.

61 Diferentemente dos mamíferos, que percebem a luz por meio de olhos simples, os insetos o fazem por meio de olhos compostos.

62 O uso de lente convergente permite que a miopia no olho humano seja corrigida.

Grande parte do conhecimento acerca da evolução humana está embasado em achados paleontológicos, sobretudo de esqueletos ou de parte deles. Os ossos do esqueleto humano são formados fundamentalmente por fosfato de cálcio $Ca_3(PO_4)_2$. Por sua vez, o esmalte dos dentes é formado por outro sólido, a hidroxiapatita $Ca_5(PO_4)_3OH$. O pH da boca influencia o seguinte equilíbrio, que favorece os reagentes em detrimento dos produtos.

$$Ca_5(PO_4)_3OH(s) + H_3O^+(aq) \rightleftharpoons 5Ca^{2+}(aq) + 3PO_4^{3-}(aq) + 2H_2O(\ell)$$

Entretanto, em algumas ocasiões outras partes do corpo podem ser preservadas. Exemplo disso é o Homem do Gelo, também denominado Ötzi, ilustrado na figura abaixo, o único do período neolítico encontrado na Europa. A impressionante preservação do corpo teria sido resultado de uma tempestade de neve que recobriu completamente o corpo e o protegeu, seguida de rápido congelamento-ressecamento. O corpo só foi exposto após um período excepcionalmente quente na região, mas a essa altura, o corpo já se encontrava naturalmente mumificado. Alguns sinais de decomposição que o corpo apresenta ocorreram antes da mumificação.



Considerando essas informações, julgue os itens seguintes.

63 A resistência dos ossos do corpo humano e o fato de eles serem sólidos nas condições ambientes são próprios de compostos formados pelo tipo de ligação química existente entre o fosfato e o cálcio.

64 A estabilidade do ânion fosfato, presente na reação mencionada no texto, é justificada pela teoria do octeto.

65 Quando a reação da hidroxiapatita descrita no texto está em equilíbrio, a velocidade da reação direta e a da reação inversa são iguais.

66 É correto inferir, a partir das informações do texto, que o pH da boca é levemente alcalino.

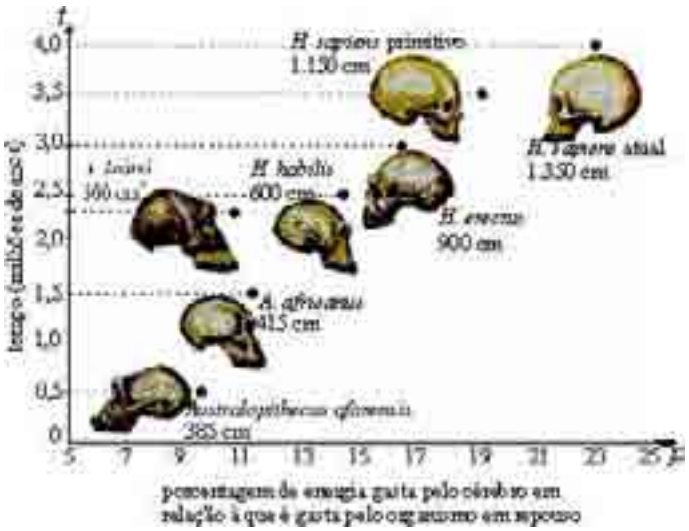
67 A constante de equilíbrio da reação apresentada no texto é

$$K_c = \frac{[Ca^{2+}]^5\,[PO_4^{3-}]^3\,[H_2O]^2}{[Ca_5(PO_4)_3OH]\,[H_3O^+]}.$$

68 A baixa temperatura da região onde foi encontrado o corpo do Homem do Gelo deve ter contribuído para a sua conservação, pelo fato de que essa condição reduz a energia cinética das moléculas e dos íons e, conseqüentemente, diminui o valor das constantes de velocidade das reações de degradação.

69 A chuva ácida pode contribuir para a degradação de achados arqueológicos, uma vez que é nociva ao esmalte dos dentes humanos.

Texto para os itens de 70 a 79



O cérebro humano ficou maior ao longo do tempo e passou a exigir cada vez mais energia. A figura acima apresenta, para um período de 4 milhões de anos de evolução dos hominídeos até o surgimento do *Homo sapiens* atual, a relação entre o tempo *t*, em milhões de anos, e a porcentagem *p* de energia gasta pelos cérebros mostrados em relação à energia gasta pelos respectivos organismos em repouso. A figura mostra, ainda, a evolução do volume *V* dos cérebros, em cm^3, nesse período.

Com base nessas informações, julgue os itens subseqüentes.

70 O crânio humano é uma estrutura formada a partir da mesoderme.

71 Em relação aos seus organismos em repouso, a porcentagem de energia gasta pelo cérebro do *A. boisei* era superior à do *A. africanus*.

72 A mediana da seqüência numérica crescente formada pelos volumes dos cérebros apresentados na figura é superior a 560 cm^3.

73 A média da seqüência numérica crescente formada pelos volumes dos cérebros apresentados na figura é inferior a 710 cm^3.

74 Um volume de água igual ao volume do cérebro do *Homo sapiens* atual é insuficiente para encher um tubo na forma de um cilindro circular reto de raio da base igual a 10 cm e altura igual a 5 cm.

75 Em um sistema de coordenadas cartesianas *t*O*V*, em que *t* é o tempo — em milhões de anos — e *V* é o volume do cérebro — em cm^3 —, considere a reta que passa pelo ponto de coordenadas (0,5, 385), correspondente ao *Australopithecus afarensis*, e (1,5, 415), correspondente ao *A. africanus*. Se o volume do crânio humano tivesse aumentado de acordo com essa reta, então o volume do crânio do *H. sapiens* atual deveria ser superior a 1.350 cm^3.

76 Em termos da porcentagem *p*, o volume *V* dos cérebros apresentados define uma função crescente *V*(*p*).

Considere a função $V = f(t) = at^2 + bt + c$, em que *a*, *b* e *c* são constantes reais, *t* é o tempo — em milhões de anos — e *V* é o volume do crânio — em cm^3. Suponha que, no sistema de coordenadas cartesianas *t*O*V*, o gráfico de *f*(*t*) contenha os pontos da forma (*t*, *V*) correspondentes ao *H. erectus*, ao *H. sapiens* primitivo e ao *H. sapiens* atual, de acordo com os dados da figura do texto. Com base nessas informações, julgue os itens seguintes.

77 Os coeficientes da função *f*(*t*) podem ser obtidos como solução do seguinte sistema linear:

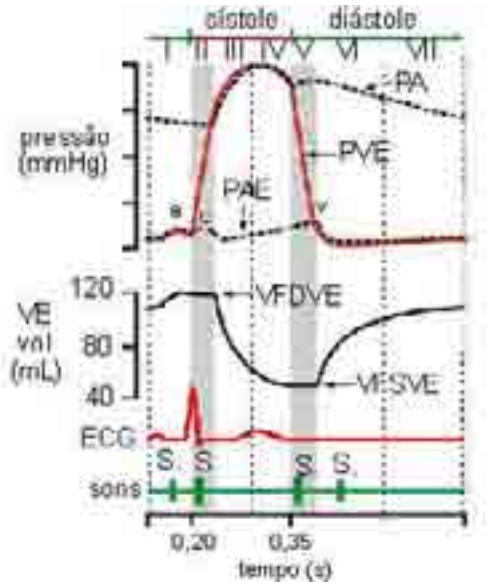
$$\begin{bmatrix} 9 & 3 & 1 \\ 12{,}25 & 3{,}5 & 1 \\ 16 & 4 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 900 \\ 1.150 \\ 1.350 \end{bmatrix}$$

78 O coeficiente *a* da função *f*(*t*) é igual a −100.

79 Se a evolução do volume do crânio humano seguisse a tendência estabelecida pela função *f*(*t*), então, daqui a 1 milhão de anos, ou seja, para $t = 5$, esse volume seria superior a 1.550 cm^3.

RASCUNHO

Texto para os itens de 80 a 96



Legenda
PAE = pressão no átrio esquerdo
PVE = pressão no ventrículo esquerdo
PA = pressão na aorta ascendente
VE = ventrículo esquerdo
VFDVE = volume ao final da diástole no ventrículo esquerdo
VFSVE = volume ao final da sístole no ventrículo esquerdo
ECG = eletrocardiograma

Na figura acima são apresentadas algumas características pertinentes ao coração humano, que bombeia o sangue que flui nas veias e nas artérias do corpo. Veias e artérias têm dimensões diversas, e apresentam, em geral, diâmetro maior próximo ao coração e muito menor nos capilares. Considerando que o sangue seja um fluido incompressível de densidade ρ constante, dado em $kg \cdot m^{-3}$, e que as veias e as artérias sejam perfeitamente cilíndricas, pode-se aplicar a expressão para o teorema de Bernoulli apresentada a seguir, para se estudar o fluxo sanguíneo.

$$\rho\frac{v_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \rho\frac{v_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2$$

Nessa equação, g é a aceleração da gravidade, e, para $i = 1$ e 2, v_i, h_i e P_i são a velocidade, a altura com relação ao solo e a pressão, respectivamente, no ponto Q_i do fluxo sanguíneo.

Considerando essas informações, julgue os próximos itens.

80 Devido à conservação de massa, a velocidade com que o sangue passa por uma artéria ou veia aumenta à medida que o raio dessa artéria ou veia diminui. A velocidade do sangue também pode ser alterada na presença de estímulos químicos, como acontece com as arteríolas da pele expostas à adrenalina.

81 Em qualquer ponto Q_i ao longo do fluxo sanguíneo, a razão entre a energia cinética e o volume de sangue é dada por $\frac{\rho v_i^2}{2}$.

82 O teorema de Bernoulli decorre diretamente da conservação de quantidade de movimento para fluidos.

83 Se a velocidade do sangue for a mesma tanto na cabeça quanto nos pés, então, de acordo com o teorema de Bernoulli, para uma pessoa em pé, a pressão nas veias da cabeça é maior que aquela registrada nos pés.

84 Assumindo-se que $h_1 = h_2$ e que $v_1A_1 = v_2A_2$, em que A_1 e A_2 são as áreas circulares das seções perpendiculares dos cilindros que representam as artérias ou veias e v_1 e v_2 são as velocidades nos pontos Q_1 e Q_2 em que A_1 e A_2 são calculadas, o teorema de Bernoulli implica que

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho v_1^2}{2}\left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1\right).$$

85 Sabendo-se que, no processo de arteriosclerose, uma artéria é estreitada internamente, então a pressão interna (de dentro para fora) no ponto de estreitamento diminui, o que pode contribuir para fazer a artéria se fechar ainda mais.

86 Infere-se das informações apresentadas que, no processo evolutivo em que o homem adquiriu uma posição mais ereta, deve ter ocorrido aumento da capacidade de bombeamento do coração.

87 No período demarcado pela faixa vertical indicada por II na figura, as diferenças de pressão permitem deduzir que, nesse período, todas as válvulas do coração humano estão abertas e as suas quatro câmaras se comunicam.

88 A figura apresentada mostra que, após o estímulo elétrico de maior amplitude registrado pelo ECG, ocorre aumento da pressão ventricular.

89 A variação de volume observada entre VFDVE e VFSVE é causada pela expansão dos pulmões durante o movimento de expiração.

90 Considerando que pelo coração passam correntes elétricas, como indicado pelo registro do ECG apresentado, então, caso um pulso elétrico de duração 0,02 s provoque no coração uma corrente elétrica contínua de 1 mA, conclui-se que a energia total dissipada pelo coração, nesse intervalo de tempo, é igual a 10^{-4} J, modelando-se o coração por uma resistência ôhmica de valor igual a 2 Ω.

91 A circulação linfática em vertebrados é independente da sanguínea, de modo que linfa e sangue não entram em contato.

92 No caso de peixes, o sangue recém-oxigenado nos capilares branquiais comunica-se diretamente com o sangue arterial, que é distribuído aos tecidos sem etapa de bombeamento intermediária, diferentemente do que ocorre no coração humano.

RASCUNHO

Suponha que a pressão no ventrículo esquerdo (PVE) de uma pessoa durante um período em que ocorre a sístole seja dada, em mmHg, por $P(T) = -25\,T^2 + 300\,T - 779$, para $4 \leq T \leq 8$, sendo $T = 20\,t$ e t, o tempo, em segundos, utilizado na obtenção do ECG. Com base nesse modelo, julgue os itens a seguir.

93 Nesse modelo, o tempo t satisfaz à condição $0{,}2 \leq t \leq 0{,}4$.

94 Durante a sístole, a PVE dessa pessoa é superior a 20 mmHg.

95 Durante a sístole, a PVE máxima dessa pessoa é igual a 121 mmHg.

96 Se 3,8 e 8,2 são as raízes de $P(T)$ e o polinômio $R(T)$ é o resto da divisão de um polinômio $Q(T)$ por $P(T)$, sendo $Q(3{,}8) = 29$ e $Q(8{,}2) = 51$, então $R(0) < 8$.

Texto para os itens de 97 a 99

Considere uma bateria de chumbo com ddp de 12 V. As duas semi-reações não-balanceadas dessa bateria são apresentadas a seguir.

I $Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons PbSO_4(s) + e^-$

II $PbO_2(s) + H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + e^- \rightleftharpoons PbSO_4(s) + H_2O(\ell)$

Com relação a essas reações, julgue os próximos itens.

97 A reação I ocorre no ânodo da bateria.

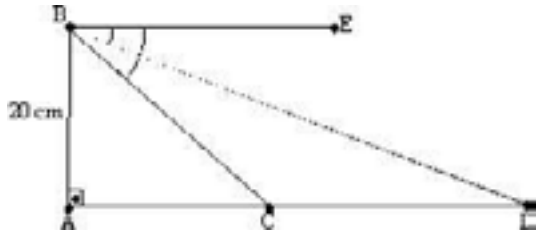
98 Na bateria referida, para cada mol de Pb(s) consumido, 2 mols de elétrons são transferidos do pólo negativo para o pólo positivo.

99 Considere que a bateria referida no texto seja composta por uma associação em série de seis pilhas, em que a reação de cada uma delas é dada pela expressão

$$Pb(s) + SO_4^{2-}(aq) + PbO_2(s) + 4H^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightleftharpoons$$
$$2PbSO_4(s) + 2H_2O(\ell).$$

Sabendo que o potencial de redução da reação I, quando balanceada, é −0,35 V, calcule, **em volts**, o potencial de redução da reação II balanceada. Multiplique o valor obtido por 100, e desconsidere, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após realizar todos os cálculos solicitados.

(Como este item é do **tipo B**, não se esqueça de transcrever o resultado numérico para a folha de respostas).



Na figura acima, os triângulos ABC e ABD são retângulos em A, AB mede 20 cm, o segmento BE é paralelo ao segmento AD e os ângulos $\widehat{CBE}$ e $\widehat{DBE}$ são iguais a $\frac{\pi}{6}$ e $\frac{\pi}{12}$, respectivamente. Com base nessas informações e com o auxílio da tabela de valores das funções seno e cosseno apresentada ao final do caderno de prova, julgue os itens que se seguem.

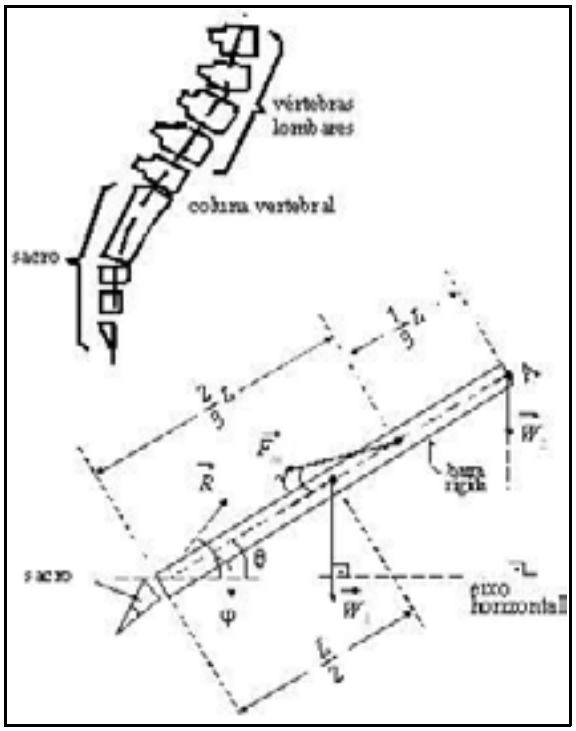
100 A partir das relações $\frac{7\pi}{12} - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{12}$ e $\frac{7\pi}{12} = \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{4}$, conclui-se que $\cos\left(\frac{\pi}{12}\right) < 0{,}92$.

101 Se a é o comprimento do segmento BD e b é o comprimento do segmento BC, então $b = 2a\,\text{sen}\left(\frac{\pi}{12}\right)$.

102 A área do triângulo BCD, em cm^2, é igual a $200 \times \left[tg\left(\frac{5\pi}{12}\right) - tg\left(\frac{\pi}{3}\right)\right]$.

RASCUNHO

Texto para os itens de 103 a 110



O volume cerebral dos humanos aumentou em torno de 300% em relação ao de seus antepassados pré-históricos e sua coluna vertebral adaptou-se a essa modificação. A coluna vertebral do ser humano típico, ilustrada acima, pode ser modelada por uma barra rígida de comprimento *L* conforme mostrado. Nesse modelo, $\vec{W}_1$ é o peso do tronco, $\vec{W}_2$ corresponde à soma dos pesos dos braços e da cabeça, $\vec{F}_m$ é a força exercida pelos músculos eretores da espinha, $\vec{R}$ é a reação do sacro sobre a espinha e θ é o ângulo entre a barra rígida (coluna vertebral) e o eixo horizontal mostrado. Nessa figura, também são indicados os ângulos φ — entre a direção do vetor $\vec{R}$ e o eixo horizontal — e γ — entre a direção do vetor $\vec{F}_m$ e a barra rígida.

Considerando essas informações, julgue os itens subseqüentes.

103 Para que a coluna vertebral mantenha um ângulo θ com a horizontal, como referido, os músculos eretores devem realizar uma força cujo módulo $|\vec{F}_m|$ é dado pela expressão a seguir:

$$|\vec{F}_m| = \frac{3}{2} \times \left(\frac{|\vec{W}_1|}{2} + |\vec{W}_2| \right) \cos\theta \, \operatorname{cossec}\gamma .$$

104 O módulo da força de reação do sacro sobre a espinha pode ser corretamente expresso por

$$|\vec{R}| = [|\vec{F}_m| \operatorname{sen}\gamma + (|\vec{W}_1| + (|\vec{W}_2|)\cos\theta] \operatorname{cossec}(\varphi - \theta).$$

105 Considerando o modelo da figura, conclui-se que um aumento percentual de *p*% no peso do cérebro humano, devido ao aumento de seu volume, implica aumento da força dos músculos eretores das costas também em *p*%, se forem mantidos inalterados os ângulos e os outros pesos mostrados na figura.

106 Considerando o modelo da figura, conclui-se que para se manter o módulo de $\vec{F}_m$ constante à medida que o peso do cérebro humano aumenta, devido ao aumento de seu volume, é suficiente aumentar adequadamente o ângulo θ, se forem mantidas fixas todas as outras variáveis físicas e biológicas.

RASCUNHO

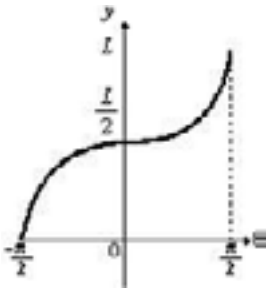
Ainda considerando o texto anterior, jugue os próximos itens.

107 Na contração dos músculos eretores da espinha, o sarcômero torna-se mais curto devido ao encurtamento das miofibrilas, que se encontram em seu interior.

108 Sabendo-se que, durante a evolução, os seres humanos passaram a se sustentar na posição ereta e que os músculos eretores da espinha realizam força menor para manter o corpo ereto que para mantê-lo curvado, é correto inferir que o menor gasto de energia pode ter contribuído para a boa adaptação dos indivíduos eretos ao ambiente, que foram favoravelmente selecionados em relação a hominídeos que se mantinham em posição mais curvada.

109 O ser humano, cuja coluna vertebral está ilustrada na figura, possui sistema nervoso dorsal, que é característico dos cordados.

110 Suponha que o eixo horizontal, indicado no modelo da figura, permaneça fixo e que o ponto A, também indicado na figura, se movimente devido à rotação da barra em torno do ponto de contato com o sacro, de tal modo que θ varie no intervalo $\left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right)$. Nessa situação, o gráfico da função $y(\theta)$, que mede a distância do ponto A ao eixo horizontal, no sistema cartesiano θOy, tem o aspecto mostrado na figura ao lado.



Texto para os itens de 111 a 114

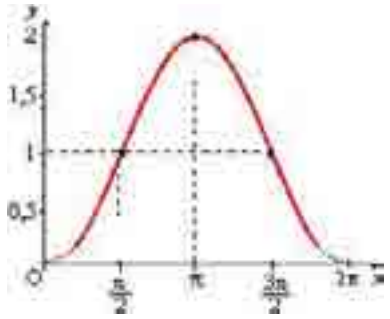
Considere que determinado trecho sinuoso de uma avenida possa ser descrito pela região compreendida entre os gráficos das funções $f(x) = \cos kx$ e $g(x) = 5 + \cos kx$, em que $k = \frac{1}{2}$ rad $\cdot$ m^{-1} e $0 \leq x \leq 16$, no sistema de coordenadas cartesianas xOy, que tem o metro como unidade de medida nos eixos Ox e Oy.

Com base nessas informações, julgue os itens seguintes.

111 O menor valor de $g(x)$ ocorre quando $x = 2\pi$.

112 A função $f(x)$ é decrescente no intervalo $0 \leq x \leq 2\pi$.

113 A figura a seguir pode representar corretamente o gráfico, no sistema cartesiano xOy, da função $p(x) = -2 \times [f(x) - 1] \times [g(x) - 4]$, para $0 \leq x \leq 2\pi$.



114 Suponha que o trecho da avenida referido no texto deva ser revestido com uma camada uniforme de asfalto de 10 cm de espessura. Nessas condições, calcule, **em m³**, o volume de asfalto a ser empregado nesse revestimento. Multiplique o valor obtido por 100 e desconsidere, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após realizar todos os cálculos solicitados.

(Como este item é do **tipo B**, não se esqueça de transcrever o resultado numérico para a folha de respostas).

RASCUNHO

Há, na natureza, certos materiais que apresentam desintegração radioativa. Por meio desse processo de transição, os núcleos dos átomos instáveis emitem, espontaneamente, determinada partícula para adquirir uma configuração mais estável. Uma maneira de representar matematicamente o processo de decaimento dos núcleos dos átomos de um material radioativo é por meio da expressão $N(t) = N_0e^{-\lambda t}$, em que N_0 é o número de átomos instáveis inicialmente presentes, no instante $t = 0$, $N(t)$ é o número de átomos instáveis que ainda não se desintegraram até o instante t, medido em anos, e λ é uma constante, que depende do material.

Com base nessas informações, julgue os próximos itens.

115 Se, para $t = 20$ anos, N_1 é o número de átomos instáveis do material referido acima que ainda não se desintegraram, então, em $t = \frac{\ell n 2}{\lambda} + 20$, restarão $\frac{N_1}{2}$ átomos instáveis desse material que ainda não se desintegraram.

116 Se T é o instante em que $N(T) = \frac{N_0}{3}$, então $N(t) = N_0 3^{-\frac{t}{T}}$.

117 Considere-se que $N(T_m) = \frac{N_0}{2}$, em que T_m é denominado meia-vida do material. Se t_0 é tal que $t_0 = 10T_m$, então, no instante t_0, mais de 99% do material já terá se desintegrado.

No início do século XX, um estudo envolvendo duas variedades de trigo contribuiu para a compreensão da herança quantitativa. Nesse estudo, plantas puras que produziam sementes vermelhas foram cruzadas com plantas puras que produziam sementes brancas, e todas as plantas da geração F_1 produziam sementes que possuiam coloração intermediária entre os tipos parentais.

Depois do autocruzamento dos indivíduos dessa geração, verificou-se, entre as sementes produzidas pela geração F_2, uma gradação contínua de cores do vermelho ao branco, sendo que cerca de 1/16 das sementes eram vermelhas e 1/16 eram brancas como os tipos parentais, e aproximadamente 14/16 tinham cores intermediárias que poderiam ser classificadas em três categorias: rosa-claro, rosa-médio e rosa-escuro. Esses resultados sugeriram que a cor das sementes nessas variedades de trigo era determinada por dois pares de alelos, localizados em dois *loci* diferentes mas agindo sobre a mesma característica, e produzindo efeitos cumulativos.

E. J. Gardner e D. P. Snustad. **Genética**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986, p. 390 (com adaptações).

Considere que o genótipo dos tipos parentais mencionados no texto sejam AABB e aabb, respectivamente para as plantas que produziam sementes vermelhas e brancas, e julgue os itens a seguir.

118 Do cruzamento entre indivíduos AaBb da geração F_1, espera-se 1/16 de descendentes que produzem sementes brancas, 4/16 de descendentes que produzem sementes da categoria rosa-claro, 6/16 de descendentes que produzem sementes da categoria rosa-médio, 4/16 de descendentes que produzem sementes da categoria rosa-escuro e 1/16 de descendentes que produzem sementes vermelhas.

119 A probabilidade de surgir um descendente com o genótipo AaBb do cruzamento entre uma planta que produz sementes vermelhas (AABB) com uma planta que produz sementes da categoria rosa-médio (AaBb) é maior que a probabilidade de surgir um descendente com o mesmo genótipo AaBb do cruzamento entre duas plantas que produzem sementes da categoria rosa-médio (AaBb).

120 Considere-se que, tendo sido exposta à radiação, uma planta com genótipo Aabb tenha se tornado Aab-. Se essa planta for cruzada com plantas que produzem sementes vermelhas (AABB), todas as descendentes produzirão sementes da categoria rosa-escuro.

RASCUNHO

Texto para os itens de 121 a 128

Considere um conjunto de pontos em um sistema de coordenadas cartesianas xOy, identificado com o plano complexo, sendo cada ponto $P(x, y)$ correspondente ao número complexo $z = x + iy$, em que $i = \sqrt{-1}$. Considere ainda que esses pontos estejam distribuídos nos dois subconjuntos descritos a seguir.

Subconjunto I: Quarenta pontos, vinte dos quais encontram-se sobre uma mesma reta e os demais em um semicírculo, como mostra a figura abaixo. Dessa forma, quaisquer três pontos que se encontram no semicírculo nunca estão em linha reta.

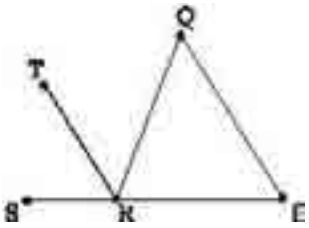


Subconjunto II: N pontos, cada um deles representando um dos vértices de um polígono regular, cuja soma dos ângulos internos é igual a θ. Esse polígono encontra-se inscrito na circunferência de centro na origem e raio 1.

Com base nessas informações, julgue os itens a seguir.

121 Escolhendo-se ao acaso três pontos do subconjunto I, a probabilidade de ser possível formar um triângulo tendo esses três pontos como vértices é inferior a 0,75.

122 Se os pontos P, Q, R, S e T do subconjunto I, como ilustra a figura a seguir, são tais que, no triângulo PRQ, o comprimento do lado PR é igual ao comprimento do lado RQ e o segmento RT é paralelo ao lado PQ, então a reta que contém o segmento RT é a bissetriz do ângulo $\widehat{QRS}$.



123 Se $\theta = 1.080^{\circ}$, então $N = 6$.

124 Se o polígono que origina o subconjunto II tiver 10 lados e se um dos vértices desse polígono estiver sobre o eixo Ox positivo, então $z = \cos\frac{7\pi}{5} + i\,\text{sen}\,\frac{7\pi}{5}$ também será um dos vértices desse polígono.

125 Se $z_1 = 3 - 4i$ e $z_2 = 2 + 3i$ são pontos do plano complexo, então $z = z_1 z_2$ encontra-se no primeiro quadrante desse plano.

126 Se $\overline{z}$ é o número complexo conjugado de z, então as únicas soluções da equação $z^2 = \overline{z}$ são $z = 0$ e $z = 1$.

Ainda com base nas informações do texto, faça o que se pede nos dois itens a seguir, que são do **tipo B**.

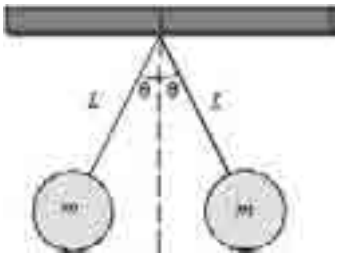
127 Calcule o número de retas distintas que podem ser formadas passando por pelo menos dois pontos quaisquer do subconjunto I.

128 Considere que o polígono que origina o subconjunto II tenha 25 lados e que seja construído um prisma regular tendo esse polígono como base. Nessa situação, calcule o número de diagonais desse prisma.

RASCUNHO

Nos dois itens a seguir, que são do **tipo B**, faça o que se pede, desconsiderando, para as marcações na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após realizar todos os cálculos solicitados.

129 Considere a figura abaixo, na qual dois objetos de massas m = 10 kg estão presos a fios de comprimento L = 1 m. Considere ainda que esses objetos possuem cargas Q_1 = 0,6 μC e Q_2 = 2,0 μC e estão em um local em que a intensidade da aceleração da gravidade é igual a 10 m/s^2 e a constante eletrostática do meio é igual a 9×10^9 N · m^2 · C^{-2}. Com base nessas informações, calcule o ângulo θ, representado na figura, para a situação de equilíbrio, sabendo que θ, nessa situação, é muito menor que 1 radiano e, por isso, assumindo que, senθ = θ e cosθ = 1. Multiplique o valor obtido por 10.000.



130 Considere que um corpo em oscilação livre com período T_1 esteja preso a um teto por um fio submetido a uma temperatura de 0 ºC. Considere ainda que, quando submetido a uma temperatura e 1.000 ºC, esse corpo, preso ao teto pelo mesmo fio, oscila livremente com período T_2. Nessa situação, sabendo que o coeficiente de dilatação linear do fio é igual a 2,1 × 10^{-4} ºC^{-1}, calcule $10 \times \frac{T_2}{T_1}$.

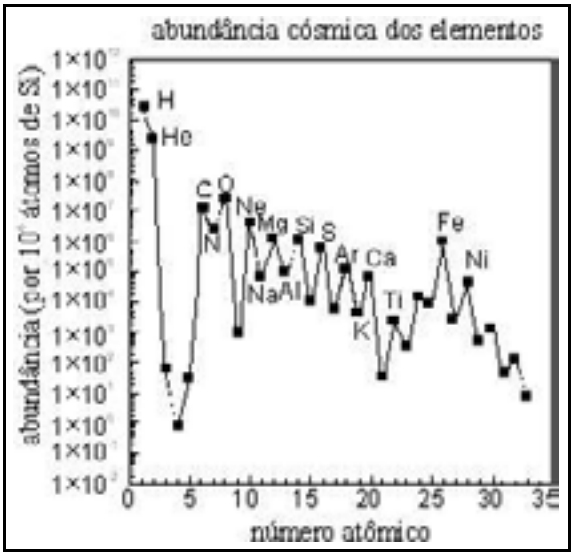
RASCUNHO

No interior das estrelas, por causa das altas temperaturas, são formados naturalmente elementos químicos. As reações a seguir, em que $^2D_1$ representa um elemento químico com seu número atômico e sua massa atômica, ilustram processos de formação de átomos no interior das estrelas.

I $^2D_1 + {}^2D_1 \rightarrow {}^4He_2$ + energia

II $^4He_2 + {}^4He_2 \rightarrow {}^8Be_4$ + energia

De fato, o processo mais comum de formação de átomos é o que incorpora um átomo de hélio, além de elementos previamente existentes. Por isso, os átomos que apresentam massa atômica múltipla de 4 são os mais abundantes no cosmos, como mostrado no gráfico abaixo.



Joseph Silk. *In*: **O big bang, a origem do universo**. Brasília: UnB, 1998 (com adaptações).

Considerando as informações apresentadas, julgue os itens seguintes.

131 O fato de as reações I e II apresentadas ocorrerem no interior das estrelas, como referido no texto, é compatível com a constatação de que é necessária muita energia para superar a repulsão elétrica existente entre átomos reagentes.

132 A reação I corresponde a decaimento radioativo com emissão de partícula alfa.

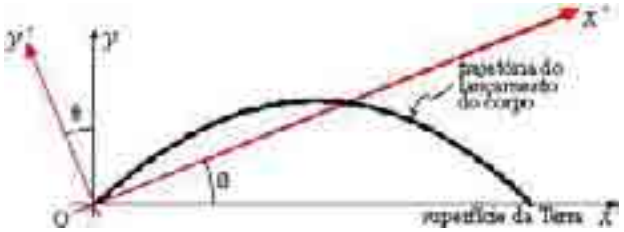
133 O elemento químico $^2D_1$, indicado na reação I, é normalmente denominado deutério, hidrogênio de massa atômica igual a 2.

134 A configuração eletrônica do átomo formado na reação II é $1s^2\,2s^2\,2p^4$. O elemento químico associado a esse átomo é comum nas macromoléculas que formam polímeros em seres vivos.

135 Considerando-se o gráfico apresentado, é correto afirmar que quanto maior a abundância cósmica de um elemento químico, maior a sua primeira energia de ionização.

A observação de estrelas e planetas é realizada desde a Antiguidade, período em que os gregos formularam teorias sobre a organização e o funcionamento do universo. Para a correta observação, é fundamental saber se o referencial no qual se encontra o observador é ou não acelerado, pois vários fenômenos podem decorrer do fato de o observador se encontrar em um referencial acelerado.

Nesse contexto, considere o lançamento de um projétil obliquamente em relação à superfície da Terra, considerada plana, visto de dois referenciais distintos: um referencial S_0, definido pelo sistema de coordenadas xOy, em que o eixo Oy é perpendicular à superfície da Terra e o eixo Ox encontra-se no plano que define a superfície da Terra; e um referencial S_1 definido pelo sistema de coordenadas $x'Oy'$, obtido pela rotação de S_0 de um ângulo θ, no sentido anti-horário, como mostra a figura abaixo.



A partir dessas informações, julgue os itens a seguir.

136 Sabendo-se que ao realizarem observações do movimento dos planetas os gregos da Antiguidade estavam em um referencial acelerado, é correto inferir que, nessas observações, era possível que, em determinados momentos, alguns dos planetas retrocedessem, em vez de se moverem sempre em um mesmo sentido.

137 O heliocentrismo, que teve Galileu como um de seus defensores, começou a prosperar, como teoria da organização dos corpos celestes, a partir dos trabalhos de Nicolau Copérnico, no início da Revolução Industrial.

138 Para $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ e desprezando-se a resistência do ar, o lançamento citado no texto apresenta, segundo o referencial S_0, um movimento na direção Oy com aceleração constante e não-nula e um movimento uniforme na direção Ox. No referencial S_1, o movimento apresenta aceleração constante e diferente de zero tanto na direção Ox' como na direção Oy'.

139 Na situação acima, o referencial S_0 é inercial, enquanto o referencial S_1 é acelerado.

140 Considere-se que, no lançamento descrito, o projétil seja lançado com velocidade v_0 e ângulo $\frac{\pi}{2}$, em relação ao eixo Ox. Nessa situação, no referencial S_0, o projétil se moverá sempre no sentido positivo do eixo Ox; no entanto, no referencial S_1, é possível que o observador veja o projétil movendo-se no sentido contrário ao sentido positivo do eixo Ox', em determinado intervalo de tempo, mesmo desprezando-se a resistência do ar.

141 Devido às descobertas de Copérnico, a visão atual da física com relação ao universo é heliocêntrica.

RASCUNHO

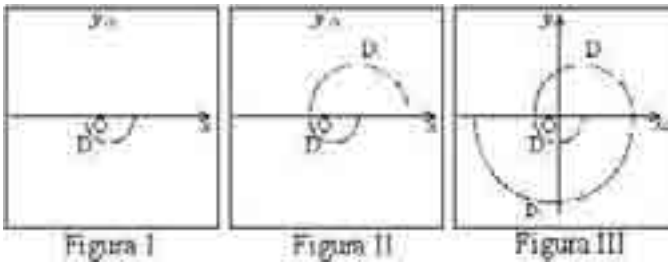


Figura I Figura II Figura III

A forma geométrica de algumas galáxias, como, por exemplo, a da Via Láctea, pode ser modelada, em escala, pela seguinte construção: no sistema de coordenadas cartesianas xOy, a espiral é formada por semicírculos cujos centros estão no eixo Ox. O primeiro semicírculo, D_0, construído no semiplano $y \leq 0$, tem o centro na origem e raio $r_0 = 1$ m, como ilustra a figura I acima. O segundo semicírculo, D_1, construído no semiplano $y \geq 0$, com raio $r_1 > r_0$, é tal que as extremidades esquerdas dos semicírculos D_0 e D_1 coincidem (figura II). O semicírculo D_2 é construído no semiplano $y \leq 0$, com raio $r_2 > r_1$ e com a extremidade direita desse semicírculo coincidindo com a do semicírculo D_1 (figura III). A construção da seqüência D_3, ..., D_n de semicírculos prossegue dessa forma. Duas maneiras distintas de serem escolhidos os raios dos semi-círculos D_1, D_2, ..., D_n são definidas pelas condições a seguir.

Condição I: o raio de cada semicírculo é igual ao raio do semicírculo anterior acrescido de 1 m;

Condição II: o raio de cada semicírculo é igual ao dobro do raio do semicírculo anterior.

Com base nessas informações, e considerando que a unidade de medida dos eixos cartesianos é o metro, julgue os itens que se seguem.

142 A equação da reta que passa pelos pontos de interseção do semicírculo D_0 com a parte positiva do eixo Ox e com a parte negativa do eixo Oy é $x + y = 1$.

143 O ponto (7, 0) pertence à espiral construída de acordo com a condição I.

144 Se D_0, D_1, D_2, ..., D_n forem os semicírculos construídos segundo a condição I, então a distância dos centros desses semicírculos com relação à origem do sistema xOy será uma função crescente de n.

145 Se os semicírculos forem construídos de acordo com a condição I, então o comprimento da espiral, do ponto inicial de D_0 até o ponto final do semicírculo D_{10}, será igual a 66π m.

146 Se uma partícula percorrer a trajetória da espiral construída segundo a condição I, no sentido horário, com velocidade linear constante, então, na passagem do primeiro semicírculo para o segundo, a intensidade da aceleração radial da partícula diminuirá pela metade.

147 Os pontos (4, 0), (6, 0), (8, 0) e (10, 0) não pertencem à espiral construída de acordo com a condição II.

148 Se os semicírculos forem construídos a partir da condição II, então o comprimento da espiral, do ponto inicial de D_0 até o ponto final do semicírculo D_9, será igual a 1.022π m.

149 Considere que uma partícula percorra a trajetória da espiral construída a partir da condição II, no sentido horário, e que a intensidade da força centrífuga que atua sobre ela se mantenha constante em toda a trajetória. Nessa situação, a velocidade angular ω_n da partícula varia segundo a expressão $\omega_n = 2^n k$, em que k é uma constante e $n \geq 0$ é um número inteiro que indica o semicírculo D_n no qual a partícula se encontra.

150 Uma partícula que se move com velocidade angular constante ω sobre a espiral construída segundo a condição II terá, em cada instante t, a posição de sua projeção sobre o eixo Ox descrita pela expressão $x(t) = r_n \cos(\omega t - \pi)$, em que t é o tempo transcorrido desde o instante em que a partícula se encontrava no ponto inicial de D_0 e r_n é o raio do semicírculo D_n no qual a partícula se encontra no instante t.

RASCUNHO