

# UnB

Caderno

# ESPAÇO

## 2.º Dia

Aplicação: 18/1/2009

# Vestibular

## 1.º 2009

 **cespeUnB**  
Centro de Seleção e de Promoção de Eventos

### OBSERVAÇÕES

- Informações relativas ao vestibular poderão ser obtidas pelo telefone 0(XX) 61 3448-0100 ou pela Internet — <http://www.cespe.unb.br>.
- É permitida a reprodução deste material apenas para fins didáticos, desde que citada a fonte.

## Prova Objetiva – Parte III

### LEIA COM ATENÇÃO AS INSTRUÇÕES ABAIXO.

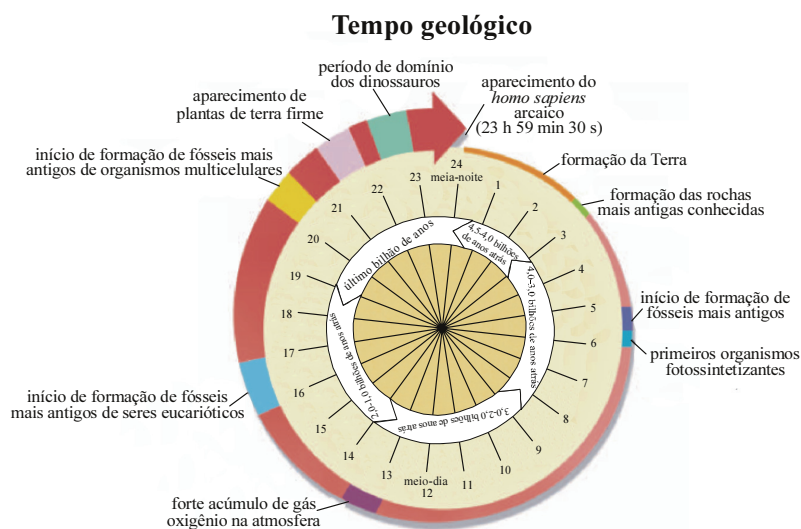
- 1 Ao receber este caderno, confira atentamente se o tipo de caderno — **ESPAÇO** — coincide com o que está registrado no cabeçalho de sua folha de respostas e no rodapé de cada página numerada deste caderno.
- 2 Quando autorizado pelo chefe de sala, no momento da identificação, escreva, no espaço apropriado da **folha de respostas**, com a sua caligrafia usual, a seguinte frase:  
*O tempo é a medida do movimento segundo o antes e o depois.*
- 3 Este caderno é constituído dos 150 itens da prova objetiva **Parte III**.
- 4 No final do seu caderno de provas, está incluída uma tabela contendo os valores das funções seno e cosseno para determinados ângulos.
- 5 Caso o caderno esteja incompleto, tenha qualquer defeito ou apresente discordância quanto ao tipo, conforme o item 1, solicite ao fiscal de sala mais próximo que tome as providências cabíveis.
- 6 Nos itens do tipo **A**, de acordo com o comando agrupador de cada um deles, marque, para cada item: o campo designado com o código **C**, caso julgue o item **CERTO**; ou o campo designado com o código **E**, caso julgue o item **ERRADO**. Nos itens do tipo **B**, marque, de acordo com o comando de cada um deles: o algarismo das **CENTENAS** na coluna **C**; o algarismo das **DEZENAS** na coluna **D**; e o algarismo das **UNIDADES** na coluna **U**. Todos esses algarismos, das **CENTENAS**, das **DEZENAS** e das **UNIDADES**, devem ser obrigatoriamente marcados, mesmo que sejam iguais a zero. Para as devidas marcações, use a **folha de respostas**, único documento válido para a correção da sua prova.
- 7 Nos itens do tipo **A**, recomenda-se não marcar ao acaso: a cada item cuja resposta marcada divirja do gabarito oficial definitivo, o candidato recebe pontuação negativa, conforme consta no Guia do Vestibulando.
- 8 Não utilize lápis, lapiseira (grafite), borracha e(ou) qualquer material de consulta que não seja fornecido pelo CESPE/UnB; não se comunique com outros candidatos nem se levante sem autorização do chefe de sala.
- 9 A duração da prova é de **cinco horas**, já incluído o tempo destinado à identificação — que será feita no decorrer da prova — e ao preenchimento da folha de respostas.
- 10 Você deverá permanecer obrigatoriamente em sala por, no mínimo, uma hora após o início da prova e poderá levar o seu caderno de prova somente no decurso dos últimos **quinze minutos** anteriores ao horário determinado para o término da prova.
- 11 A desobediência a qualquer uma das determinações constantes nas presentes instruções ou na folha de respostas poderá implicar a anulação da sua prova.

### AGENDA (datas prováveis)

- I **21/1/2009** – Divulgação, a partir das 19 h, dos gabaritos oficiais preliminares das provas objetivas na Internet, no endereço:  
[www.cespe.unb.br/vestibular](http://www.cespe.unb.br/vestibular)
- II **22 e 23/1/2009** – Recebimento de recursos contra os gabaritos oficiais preliminares das provas objetivas, exclusivamente no Sistema Eletrônico de Interposição de Recursos (Internet), mediante instruções e formulários que estarão disponíveis nesse sistema.
- III **27/1/2009** – Convocação dos candidatos para adesão aos critérios e aos procedimentos do sistema de cotas para negros (entrevista pessoal e declaração de opção).
- IV **16/2/2009** – Divulgação, a partir das 17 h, da listagem dos candidatos selecionados em 1.ª chamada.
- V **17/2/2009** – Divulgação, para consulta, do resultado individual de desempenho no endereço eletrônico mencionado no item I.
- VI **19 e 20/2/2009** – Registro, nos Postos Avançados da Secretaria de Administração Acadêmica (SAA) da UnB, dos candidatos selecionados em 1.ª chamada.
- VII **2/3/2009** – Divulgação da listagem dos candidatos selecionados em 2.ª chamada.
- VIII **4/3/2009** – Registro, nos Postos Avançados da Secretaria de Administração Acadêmica (SAA) da UnB, dos candidatos selecionados em 2.ª chamada.

## PARTE III

Figura para os itens de 1 a 11 e 14



Internet: <www.moderna.com.br>.

O tempo geológico representa a história da Terra desde a sua formação até o presente momento. A figura acima mostra uma relação de escalas em que se faz uma correspondência entre a duração de um dia e a idade da Terra. A partir das informações apresentadas na figura, julgue os itens de 1 a 11, considerando a história da Terra na escala de um dia.

- 1 O gás oxigênio acumulou-se na atmosfera terrestre ao longo das primeiras 14 horas e originou-se de atividades dos organismos fotossintetizantes, que existiram durante todo esse intervalo de tempo.
- 2 Infere-se das informações apresentadas na figura que os organismos heterotróficos anaeróbicos surgiram entre a 13.<sup>a</sup> e a 14.<sup>a</sup> hora.
- 3 Os fósseis mais antigos de seres eucarióticos devem ter sido provenientes de animais invertebrados marinhos com reprodução assexuada.
- 4 Embora o homem tenha surgido relativamente há pouco tempo na face da Terra, sua intervenção nos sistemas físicos e biológicos tem causado, no planeta, impactos mais destrutivos que os causados por espécies que viveram por muito mais tempo.
- 5 As informações apresentadas na figura são suficientes para que se conclua corretamente que, a partir da 13.<sup>a</sup> hora, a atmosfera terrestre adquiriu caráter redutor.
- 6 Infere-se das informações apresentadas que os vegetais que existiram na Terra até a 22.<sup>a</sup> hora apresentavam estômatos apenas na face superior da folha.
- 7 Pelas informações apresentadas, conclui-se corretamente que, quatro horas antes do aparecimento do *homo sapiens* arcaico, havia animais vertebrados que respiravam por pulmões.
- 8 Infere-se das informações apresentadas que os primeiros organismos endotérmicos capazes de produzir urina com concentração osmótica maior que a do plasma surgiram, no máximo, uma hora antes do aparecimento do *homo sapiens* arcaico.

- 9 Considere que o dia representado na figura corresponda, na semana, a uma quinta-feira e que a idade do universo seja de 13,7 bilhões de anos. Nesse caso, é correto afirmar que o universo originou-se antes das 23 h da segunda-feira da mesma semana.
- 10 Suponha que a escala para o registro do tempo geológico, em vez da escala de um dia apresentada acima, correspondesse aos cem anos compreendidos entre 1900 e 1999. Nessa nova escala, o período de domínio dos dinossauros na Terra seria anterior ao ano, segundo o calendário oficial brasileiro, do fim do regime militar instalado, no Brasil, em 1964.
- 11 Se, ao final da *i*-ésima hora do dia correspondente ao tempo geológico, para todo  $i = 1, 2, \dots, 23$ , fossem acrescidos  $i$  minutos aos 60 minutos originais, e isso correspondesse a um aumento do tempo geológico associado, conclui-se que, ao final das 24 horas do referido dia, o tempo geológico da Terra seria maior que 5,3 bilhões de anos.

RASCUNHO

Na física newtoniana, as regras para relacionar a posição  $x$  e o tempo  $t$ , medidos a partir de um sistema de coordenadas em repouso —  $S$  —, com a posição  $x'$  e o tempo  $t'$ , medidos a partir de um sistema —  $S'$  — que se move com velocidade  $V$ , com relação ao sistema  $S$ , são dadas pelas equações  $x' = x - Vt$  e  $t' = t$ , que são denominadas transformações de Galileu. Com o advento da teoria da relatividade especial proposta por Einstein, essas regras, com o nome de transformações de Lorentz, passaram a ser dadas por:  $x' = \gamma(x - Vt)$ ;  $t' = \gamma\left(t - \frac{Vx}{c^2}\right)$ , em que  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$  e

$c = 300.000$  km/s corresponde à velocidade da luz no vácuo, medida segundo qualquer referencial inercial, pois  $c$  é um valor absoluto. A distância que a luz percorre no vácuo em um ano, considerando-se que o ano tenha 365 dias e 6 h, é definida como ano-luz e utilizada para expressar distâncias entre corpos celestes.

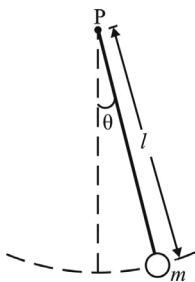
Com base nessas informações, julgue os itens a seguir.

- 12 O ano-luz corresponde a uma distância maior que 10 trilhões de quilômetros.
- 13 Sabendo-se que a estrela Alfa Centauro se encontra a aproximadamente 4,2 anos-luz da Terra, é correto afirmar que um evento que tenha ocorrido em Alfa Centauro, 4,2 anos antes de determinado instante  $t_0$  medido na Terra, seria visto, na Terra, no instante  $t_0$ .
- 14 Se um planeta  $P$  estiver a uma distância igual a  $15 \times 10^{13}$  km da Terra, de acordo com a figura do tempo geológico apresentada, a luz do Sol que por acaso tenha sido refletida na Terra na época do aparecimento do *homo sapiens* arcaico poderá estar chegando a  $P$  no instante atual.
- 15 Para a velocidade  $V$  de 1 m/s e posição  $x$  inferior a 10.000 km, as transformações de Lorentz e de Galileu fornecem os mesmos resultados pelo menos até a sexta casa decimal.
- 16 Se  $v' = \frac{x'}{t'}$  e  $v = \frac{x}{t}$ , então a relação entre essas velocidades, de acordo com as transformações de Galileu, é  $v' = v - V$ , sendo possível, segundo tais transformações, encontrar velocidade  $v'$  maior que a velocidade da luz.
- 17 Se  $v' = \frac{x'}{t'}$  e  $v = \frac{x}{t}$ , então a relação entre essas velocidades, de acordo com as transformações de Lorentz, é  $v' = \frac{v - V}{1 - \frac{vV}{c^2}}$ , não sendo possível, segundo tais transformações, encontrar velocidade  $v'$  maior que a velocidade da luz.
- 18 De acordo com as transformações de Galileu, se, em um relógio, no referencial  $S$ , mede-se um intervalo de tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$ , então nesse mesmo relógio, no referencial  $S'$ , será medido um intervalo de tempo  $\Delta t' = t_2' - t_1' = \Delta t$ .
- 19 De acordo com as transformações de Lorentz, se, em um relógio, no referencial  $S$ , mede-se um intervalo de tempo  $\Delta t = t_2 - t_1$ , então, nesse mesmo relógio, no referencial  $S'$ , será medido um intervalo de tempo  $\Delta t' = t_2' - t_1' = \gamma \Delta t$ , desde que o relógio esteja sendo considerado sobre o mesmo ponto  $x_1 = x_2$ .
- 20 A teoria da relatividade especial possibilita que, por meio das transformações de Lorentz, se justifique a idéia filosófica de que tudo é relativo.



Considere um relógio tradicional de dois ponteiros, tal como representado acima, em que, no instante  $t_0 = 0$ , os ponteiros estejam marcando exatamente 12 h. Nessa situação, faça o que se pede no item a seguir, que é do **tipo B**, desprezando, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após efetuar todos os cálculos solicitados.

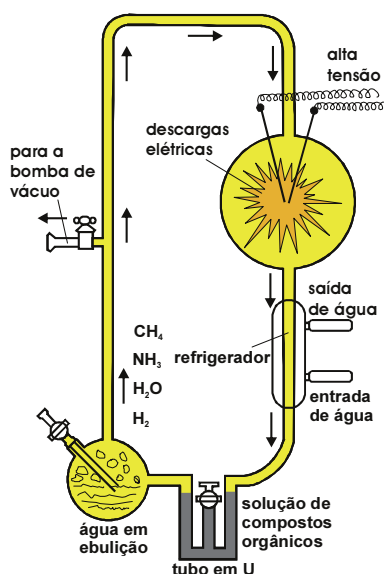
- 21 Calcule, **em radianos**, o menor ângulo medido entre o segmento de reta que corresponde à posição dos ponteiros em  $t_0$  e o segmento de reta correspondente à posição dos ponteiros no momento em que eles estarão novamente sobrepostos, pela primeira vez, após  $t_0$ . Multiplique o valor obtido por  $\frac{242}{\pi}$ .



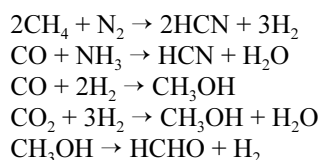
Considere um relógio de pêndulo simples, esquematizado na figura acima, é constituído por um fio dielétrico de massa desprezível e comprimento  $l$ , preso no ponto P e ligado a um corpo de massa  $m$  igual a 0,1 kg, que possui carga elétrica positiva igual a 0,1  $\mu\text{C}$ . Para que esse relógio meça as horas com precisão, é necessário que o referido pêndulo descreva 3.600 ciclos em uma hora. Devido a problemas na fabricação desse relógio, verificou-se que o pêndulo descrevia mais de 3.600 ciclos em uma hora, o que acarretava erro na medição das horas. Para resolver esse problema, foi sugerido o posicionamento de uma carga  $q$  no ponto P, de forma a alterar a força centrípeta que atua no corpo de massa  $m$ . Com relação a essa descrição, assuma que a amplitude de oscilação do pêndulo seja muito pequena, de modo que se possa considerar  $\sin \theta = \theta$  e  $\cos \theta = 1$ ; admita que a aceleração da gravidade valha  $10 \text{ m/s}^2$ , que a constante da Lei de Coulomb seja igual a  $9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-1}$  e que o comprimento  $l$  do pêndulo fabricado seja igual a 0,25 m. Com base nessas informações, faça o que se pede no item a seguir, que é do **tipo B**, desprezando, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após efetuados todos os cálculos solicitados.

- 22 Calcule, **em coulomb**, a carga  $q$  que deve ser colocada no ponto P para acertar o relógio. Multiplique o resultado obtido por  $-1 \times 10^8$ , se a carga  $q$  for negativa, ou por  $5 \times 10^7$ , se essa carga for positiva.

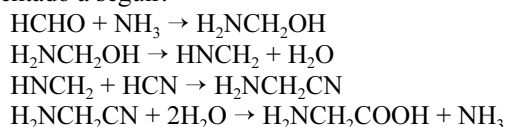
Texto para os itens de 23 a 30



Stanley Miller ficou conhecido pelos seus trabalhos acerca da origem da vida, orientados por Harold Clayton Urey. Em um dos seus experimentos, esquematizado na figura acima, Miller introduziu, em um recipiente, uma mistura de hidrogênio, água, amônia e metano — uma versão artificial da suposta atmosfera terrestre primitiva. Por meio de dois eletrodos, ele disparou cargas elétricas para simular o efeito de relâmpagos. Após uma semana de experimento, Miller observou a produção espontânea de glicina, um dos aminoácidos que compõem os seres vivos. Esse trabalho ficou conhecido como experimento de Urey-Miller, e o material formado, composto de água quente, aminoácidos e outras substâncias que teriam se formado espontaneamente, foi denominado sopa prebiótica. Uma das hipóteses aceitas atualmente para a formação de glicina é a de que a atmosfera primitiva continha  $N_2$ ,  $CO$  e  $CO_2$ , além dos gases previamente mencionados. Esses gases reagiriam formando pequenas moléculas, tais como  $HCN$  e  $HCHO$ , segundo as reações descritas pelas equações abaixo.



As substâncias  $HCN$  e  $HCHO$  continuariam a reagir formando substâncias mais complexas, entre as quais a glicina, como representado a seguir.



Considerando o texto acima, julgue os itens de 23 a 28.

- 23 As informações apresentadas no texto permitem que se conclua que a fórmula  $H_2NCH_2COOH$  representa a substância glicina.
- 24 A partir das equações apresentadas, é correto afirmar que a reação entre um aldeído e a amônia pode formar um aminoálcool.

25 A sopa prebiótica mencionada não continha inicialmente moléculas orgânicas, as quais surgiram depois, em decorrência de reações químicas estimuladas por descargas elétricas.

26 O nome oficial (IUPAC) da substância representada por  $HCHO$  é metanal.

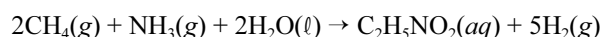
27 O ácido cianídrico ( $HCN$ ) é um ácido inorgânico fraco, que, em solução aquosa, dissocia-se de acordo com a equação  $HCN(aq) \rightleftharpoons H^+(aq) + CN^-(aq)$ , cuja constante de equilíbrio  $K$  pode ser corretamente representada pela expressão abaixo.

$$K = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

28 É correto concluir que, no experimento de Urey-Miller, a produção de glicina a partir dos gases mencionados é um processo endotérmico.

Texto para os itens 29 e 30

Considere que Urey e Miller tenham conseguido obter glicina, em seu experimento, por meio da reação simplificada representada pela equação a seguir.



Com base nessa consideração e admitindo ainda que a reação acima tenha sido a única ocorrida no referido experimento, julgue o próximo item.

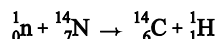
29 Caso a temperatura do sistema tenha sido mantida constante ao longo de todo o experimento, então a pressão interna do recipiente caiu continuamente à medida que a glicina foi sintetizada.

Considerando que  $M(H) = 1 \text{ g/mol}$ ;  $M(C) = 12 \text{ g/mol}$ ;  $M(N) = 14 \text{ g/mol}$ ;  $M(O) = 16 \text{ g/mol}$ ; e que o volume molar de um gás ideal nas CNTP (273,15 K e 100 kPa) seja 22,71098 L/mol, faça o que se pede no item a seguir, que é do tipo B, desprezando, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após efetuados todos os cálculos solicitados.

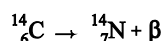
30 Calcule, em litros, o volume interno mínimo inicial do recipiente do experimento de Urey-Miller necessário para a obtenção de 1 g de glicina, caso o experimento fosse realizado nas CNTP e todos os gases se comportassem como ideais. Multiplique o valor obtido por 1.000.

RASCUNHO

Fósseis, que são vestígios de organismos, servem como indicadores do processo evolutivo da vida na Terra. O processo mais utilizado para a datação de fósseis é aquele em que se utiliza o decaimento radioativo do isótopo carbono-14. Os nêutrons gerados pela radiação cósmica reagem com o nitrogênio atmosférico, produzindo, continuamente, carbono-14 e um próton, conforme a equação abaixo.



Os átomos de  ${}^{14}_6C$ , recém-formados, cujo tempo de meia-vida é de 5.730 anos, combinam-se com átomos de oxigênio da atmosfera para formar gás carbônico —  ${}^{14}_6CO_2(g)$  —, que é incorporado aos seres vivos por meio da fotossíntese, entrando, assim, na cadeia alimentar. O carbono-12 decai continuamente, restabelecendo o  ${}^{14}_7N$  e gerando uma partícula  $\beta$ , conforme a equação seguinte.



A incorporação do carbono-12 pelos organismos cessa com a morte dos organismos, porém o decaimento radioativo desse isótopo continua, diminuindo continuamente a proporção de  ${}^{14}_6C$  em relação ao isótopo estável  ${}^{12}_6C$  ou ao  ${}^{13}_6C$ . O método de datação do carbono-14 consiste em medir-se a proporção de um dos isótopos  ${}^{12}_6C$  e  ${}^{13}_6C$  em relação ao isótopo  ${}^{14}_6C$ . Comparando-se essas proporções com as encontradas na atmosfera, é possível estimar, com bastante precisão, o tempo transcorrido a partir da morte de um organismo.

Considerando as informações do texto, julgue os itens seguintes.

- 31 É correto concluir que a partícula  $\beta$ , referida no texto, corresponde a um próton que abandona o núcleo do átomo de  ${}^{14}_6C$ , restabelecendo o  ${}^{14}_7N$ .
- 32 Como qualquer emissão radioativa, a radiação gerada pelo decaimento do carbono-14 é prejudicial ao organismo vivo, pois provoca danos genéticos.
- 33 O átomo de  ${}^{14}_6C$  possui 6 nêutrons em seu núcleo.
- 34 O átomo de  ${}^{14}_6C$  é isóbaro do átomo de  ${}^{14}_7N$ .
- 35 A existência do isótopo de carbono-14 é compatível com o modelo atômico de Thomson.
- 36 Considere que, em um fóssil encontrado em um sítio arqueológico, a razão entre a quantidade de átomos de  ${}^{14}_6C$  e a quantidade de átomos de  ${}^{13}_6C$  seja inferior a 0,1% da encontrada nos seres vivos. Nesse caso, é correto concluir que esse fóssil tem mais de 50.000 anos.
- 37 Considerando-se que o decaimento radioativo de um isótopo possa ser descrito pela função  $Q(t) = Q_0 e^{-kt}$ , em que  $e$  é tal que  $\ln e = 1$ , então, para o carbono-14,  $k = \frac{1}{5.730}$ .

RASCUNHO

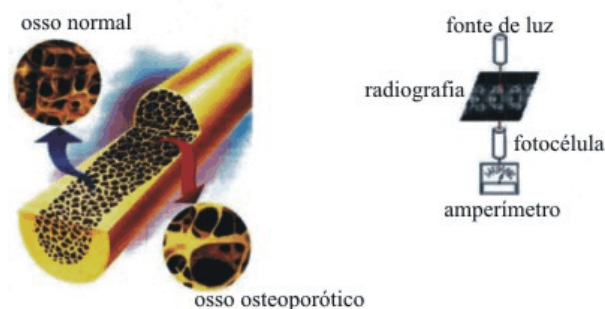
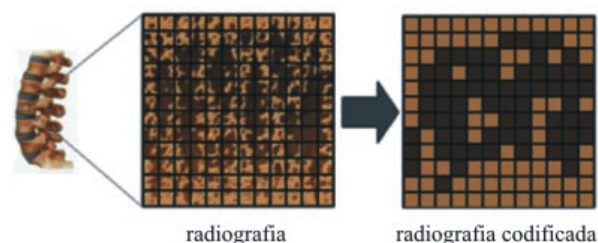


Figura I

Figura II



radiografia

radiografia codificada

Figura III

A osteoporose é uma doença que se caracteriza pela diminuição substancial da massa óssea de um organismo, conforme ilustrado na figura I, ficando os ossos mais sujeitos a fraturas. Vale ressaltar que a massa óssea aumenta durante a infância e, principalmente, na adolescência. Após cessar o crescimento ósseo, a formação e a reabsorção óssea ocorrem na mesma proporção. O hormônio calcitonina exerce papel importante nesse equilíbrio ao inibir a reabsorção óssea. Com o avanço da idade cronológica de um indivíduo, a formação óssea torna-se menor que a reabsorção, o que leva à perda de massa óssea. Uma das maneiras de se medir o grau de diminuição da massa óssea de determinada região do corpo é por meio da densitometria óptica, em que a luz emitida por uma fonte atravessa uma radiografia dos ossos, como mostrado na figura II. A densidade óssea da região é obtida a partir da relação entre a intensidade de luz que atravessa a radiografia e a que é emitida pela fonte, utilizando-se para isso um conjunto fotocélula-amperímetro. Na figura III, mostra-se a codificação de uma radiografia em termos de *pixels* realizada pelo densímetro óptico. A fonte de luz, nesse caso, ilumina cada *pixel* da radiografia com intensidade de  $0,35 \text{ W/m}^2$ . Na radiografia codificada na figura III, os *pixels* claros indicam a presença de massa óssea e os escuros, sua ausência. Os *pixels* claros, nessa radiografia codificada, representam diminuição em 5% da intensidade do feixe de luz incidente e os *pixels* escuros, em 90%, medida com o auxílio do conjunto fotocélula-amperímetro, mostrado na figura II. A perda de massa óssea pode ser medida a partir da relação entre a quantidade de *pixels* claros e a de *pixels* escuros na radiografia codificada.

Com base nessas informações, julgue os itens de 38 a 47, considerando que, no caso da figura III, toda luz emitida pela fonte incide sobre a radiografia e que  $Z(\text{Ca}) = 20$ .

- 38 Infere-se do texto que a perda de massa óssea característica da osteoporose deve-se ao aumento da atividade dos osteoblastos.

- 39 Em crianças, as cavidades do osso esponjoso são ricas em células adiposas.
- 40 Na infância e na adolescência, a formação óssea é menor que a reabsorção.
- 41 Considerando-se que a produção de calcitonina seja estimulada por hormônios estrógenos, é correto concluir que, ao entrar na menopausa, o processo de reabsorção óssea nas mulheres é reduzido.
- 42 O cálcio, um metal alcalinoterroso, desempenha várias funções nos seres vivos, interferindo na ativação de genes e em processos de transcrição e apoptose.
- 43 Se, no esquema apresentado na figura III, cada *pixel* possuir dimensões de  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ , então a potência de luz captada pela fotocélula para cada *pixel* é superior a  $30\ \mu\text{W}$ , no caso de um *pixel* claro, e inferior a  $5\ \mu\text{W}$ , no caso de um *pixel* escuro.
- 44 Com base na figura III, considerando o conjunto de *pixels* claros e escuros obtido para determinada radiografia codificada, é correto concluir que a média de redução da intensidade da luz emitida pela fonte medida pelo par fotocélula amperímetro é maior que 40%.
- 45 No densímetro óptico, para se evitar que haja reflexão da luz incidente na radiografia, é suficiente que se faça incidir a luz perpendicularmente à radiografia.
- 46 Considere que, na situação descrita, a corrente  $i$  medida no amperímetro mostrado varie em função da potência  $P$  de luz, em  $\text{W}$ , captada pela fotocélula segundo a equação  $i = aP^2 + bP + c$ , em que  $a$ ,  $b$  e  $c$  são constantes. Considere, também, que o amperímetro seja calibrado para marcar uma corrente  $i$  igual a zero quando  $P$  for máximo e  $i$  igual a  $100\text{ mA}$  quando  $P$  for zero. Nessa situação, se  $i = 100\text{ mA}$  é o máximo valor de corrente que pode ser medido pelo amperímetro, e se cada *pixel* possuir dimensões de  $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ , então  $a = -\frac{10^{14}}{35^2}\text{ mA} \cdot \text{W}^{-2}$ .
- 47 Considere que uma porção de formato cilíndrico tenha sido extraída de um osso e tenha afundado completamente na água. Nessa situação, as densidades do osso —  $\rho_{\text{osso}}$  — e da água —  $\rho_{\text{água}}$  — estão relacionadas por  $\rho_{\text{osso}} = \rho_{\text{água}} + \frac{Q}{gV}$ , em que  $Q$  representa o peso dessa porção,  $V$ , o volume de água deslocado pela porção do osso, e  $g$ , a aceleração da gravidade.

Uma ampulheta foi construída tendo-se feito um pequeno furo nos vértices de dois cones circulares retos iguais, que foram unidos por esses vértices. O raio da base —  $r$  — de cada cone equivale a 20% da sua altura —  $h$ . A areia colocada na ampulheta ocupa inicialmente todo o volume —  $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$  — de um dos

cones e demorava exatamente 1 hora para cair do cone superior para o inferior, à vazão de  $6\pi \text{ cm}^3/\text{min}$ . Com base nessas informações, faça o que se pede no item a seguir, que é do **tipo B**, desprezando, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após efetuados todos os cálculos solicitados.

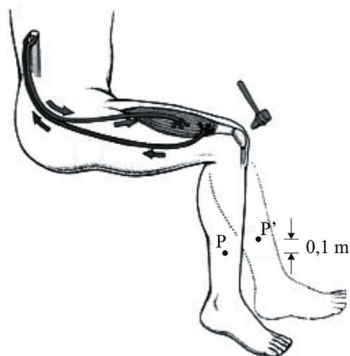
- 48** Calcule, **em centímetros**, o raio da base de cada cone utilizado para construir a ampulheta. Multiplique o valor obtido por 50.

Nas últimas décadas, surgiram várias teorias acerca do envelhecimento; a teoria dos radicais livres é uma delas. Em células eucarióticas, durante o metabolismo celular, a redução completa do oxigênio leva à formação de água nas mitocôndrias; porém a redução incompleta do oxigênio origina diversas espécies reativas, como o radical livre superóxido ( $\text{O}_2^-$ ). Radicais livres são moléculas que possuem um elétron a mais que sua configuração normal e, por isso, têm vida-média muito curta. Para manter a quantidade de radicais livres sob controle, as células produzem enzimas que os eliminam. Quando esse equilíbrio fisiológico é rompido, a concentração excessiva desses radicais pode levar a lesões teciduais.

A partir dessas informações e considerando, ainda, que na molécula de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), dois átomos de oxigênio  ${}_8\text{O}$  compartilham elétrons, constituindo uma espécie química mais estável, julgue os itens que se seguem.

- 49** O texto descreve uma situação que ocorre em organelas citoplasmáticas que contêm DNA de herança materna.
- 50** Nas células procarióticas, há enzimas associadas à parte interna da membrana celular responsáveis pelo metabolismo aeróbico.
- 51** A partir das informações apresentadas no texto, é correto concluir que a molécula de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) é formada por uma ligação dupla covalente.
- 52** O superóxido ( $\text{O}_2^-$ ) segue a regra do octeto.
- 53** As moléculas isoladas apresentam as mesmas propriedades das substâncias que elas constituem.
- 54** Infere-se das informações apresentadas no texto que radicais livres são pouco estáveis e, por isso, muito reativos.
- 55** A distribuição eletrônica de um átomo de oxigênio é  $1s^2 2s^2 2p^4$ .

Texto para os itens de 56 a 62



A patela é um pequeno osso de formato piramidal que se articula com o fêmur e atua como eixo para aumentar a alavanca do grande músculo quadríceps femoral. O reflexo patelar é um exemplo de reação corporal automática à estimulação. Trata-se de uma reação involuntária rápida a um estímulo externo e que ocorre antes mesmo que a informação chegue ao cérebro. Havendo um estímulo, a fibra sensitiva de um nervo aferente raquidiano transmite um potencial de ação até a medula espinhal. Na medula, neurônios associativos são estimulados e, por sua vez, estimulam as fibras motoras eferentes. Esse estímulo produzirá uma resposta de contração do músculo quadríceps femoral. Esse movimento, ilustrado na figura acima, forma um arco, denominado arcorreflexo. Na transmissão do potencial de ação, íons de carga positiva deslocam-se em direção a um potencial negativo. Em uma membrana, somente os íons que vão no sentido da transmissão criam um potencial de ação nessa membrana, pois a membrana anterior está em período refratário e a membrana posterior, em potencial de repouso.

A partir dessas informações, julgue os próximos itens.

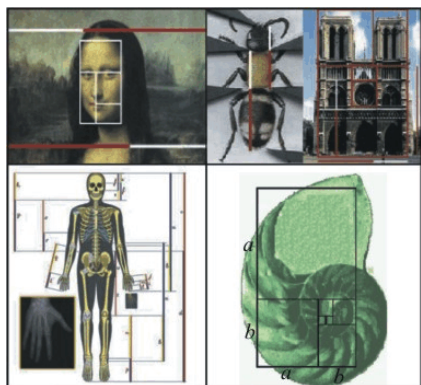
- 56 Infere-se das informações apresentadas no texto que o arcorreflexo decorre de uma contração muscular e que, por isso, depende da interação entre as proteínas contráteis; do provimento de energia por meio da hidrólise de ATP; e da liberação do cálcio pelo retículo sarcoplasmático, após despolarização da membrana da célula muscular.
- 57 Se um axônio for estimulado artificialmente por meio de eletrodo, é possível que a transmissão do potencial de ação seja alterada, podendo ocorrer em dois sentidos, caso os períodos refratários dos axônios sejam eliminados.
- 58 O aumento da área da seção transversal do axônio acarreta redução da velocidade de propagação do “potencial de ação” porque ocorre diminuição da resistência longitudinal do axônio.
- 59 Mesmo que o neurônio esteja em potencial de repouso, existe uma diferença de potencial entre os dois lados da sua membrana celular, devido à distribuição desigual de íons entre os meios intra e extracelular e às diferenças de permeabilidade da membrana a esses íons.
- 60 O “potencial de ação” refere-se a uma alteração que ocorre, em milésimos de segundos, na polaridade da voltagem de um neurônio, que passa de negativa para positiva e, em seguida, retorna para negativa.
- 61 Em células vegetais, não ocorre “potencial de ação”.

Considere que a massa da parte do membro inferior de uma pessoa, que vai do joelho ao pé — perna e pé —, seja igual a 2 kg e que seu centro de massa esteja localizado no ponto indicado por P, como ilustrado na figura. Considere, ainda, que, no movimento de “arcorreflexo” descrito no texto, o ponto P se desloque para o ponto P', realizando-se trabalho contra a gravidade. Suponha que o equivalente a 10% desse trabalho seja convertido em calor durante o referido movimento e que esse calor seja utilizado para aquecer a coxa da pessoa. Suponha, ainda, que a coxa tenha massa de 5 kg, que o seu calor específico seja de  $1,05 \text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$  e que a aceleração da gravidade seja  $10 \text{ m/s}^2$ . Com base nessas informações, faça o que se pede no item a seguir, que é do **tipo B**, desprezando, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após efetuados todos os cálculos solicitados.

- 62 Calcule, em °C, o aumento de temperatura na coxa dessa pessoa, devido à conversão de calor aludida acima, depois de ela realizar 1.000 vezes o movimento de arcorreflexo. Multiplique o valor obtido por  $10^5$  e considere que 1 cal seja igual a 4,18 J.

RASCUNHO

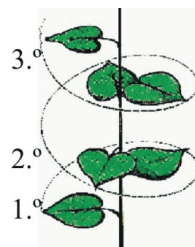
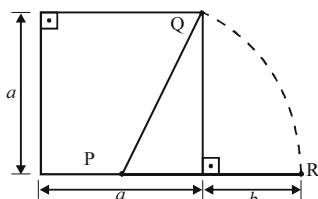
**Texto para os itens de 63 a 70**



A razão áurea é uma relação matemática definida algebricamente pela expressão  $\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \varphi$ , em que  $a$  e  $b$  representam números, e  $\varphi$ , uma constante de valor aproximado igual a 1,618. Na figura acima, são apresentadas situações em que está presente a razão áurea, que, por traduzir beleza e harmonia, é também encontrada na arquitetura, nas artes visuais e, muito frequentemente, na música. A característica comum dessas obras de arte é que, a partir do ponto focal ou clímax, é possível definir elementos no tempo, como na música, ou no espaço, como na pintura e na fotografia, que respeitam à razão áurea. Na estrutura da forma sonata do período clássico, por exemplo, o clímax divide o intervalo do tempo total da música em duas partes  $a$  e  $b$  que obedecem à razão áurea.

A partir dessas informações, julgue os itens a seguir.

- 63 O sistema respiratório do artrópode mostrado na figura é vantajoso, do ponto vista evolutivo, em ambientes com baixa disponibilidade de água.
- 64 A partir da definição algébrica da razão áurea, é correto concluir que  $\varphi$  é uma das soluções da equação de segundo grau  $\varphi^2 = \varphi + 1$ .
- 65 Entre os filósofos pré-socráticos que associaram a linguagem matemática aos elementos da natureza, encontra-se Pitágoras.
- 66 Galileu foi defensor do uso da linguagem matemática na modelagem dos fenômenos naturais.
- 67 Na Idade Média, período de enorme estagnação científica, não ocorreu avanço no uso da matemática para o estudo da natureza.
- 68 Apesar de não ter utilizado de maneira intensa a linguagem matemática em seus trabalhos, Aristóteles estabeleceu parte dos fundamentos do que hoje se denomina lógica.
- 69 Considere que um geômetra-músico, ao compor uma música, tenha associado todo o intervalo de tempo que antecede ao clímax a um comprimento  $a$ , que utilizou posteriormente para construir um quadrado de lado  $a$ , como mostrado na figura a seguir. Ele, então, a partir do ponto P que divide a base do quadrado em dois segmentos iguais, traçou o segmento de reta PQ, como mostrado na figura. Em seguida, obteve o segmento de comprimento  $b$ , fazendo com que os pontos Q e R pertençam ao arco de circunferência de raio PQ, conforme mostrado na figura. Sabendo-se, ainda, que  $a + b$  corresponde ao intervalo de tempo total da música, conclui-se que essa música com o clímax assim definido tem a estrutura da forma sonata do período clássico.



Assim como a razão áurea, a sequência de Fibonacci está presente em situações naturais, como no crescimento de vegetais e na reprodução de animais. Trata-se de uma sequência numérica, definida da seguinte maneira: o primeiro e o segundo números da sequência são 1; os números seguintes são obtidos somando-se os dois números imediatamente anteriores na sequência.

Dessa forma, o terceiro número é 2, o quarto é 3, e assim sucessivamente. Certas plantas mostram os números de Fibonacci no crescimento de seus galhos. Por exemplo, a figura acima ilustra um galho de uma planta que produziu 1 folha em um 1.º estágio, 2 folhas no 2.º estágio e 3 folhas no 3.º estágio. Dessa forma, no 4.º estágio desse galho, existiriam 5 folhas. Nesses galhos, normalmente, as folhas não crescem uma acima das outras, pois isso prejudicaria as folhas de baixo: elas crescem seguindo uma distribuição helicoidal, como mostrado na figura.

A partir dessas informações, julgue os itens que se seguem.

- 70 Definindo-se  $f_n = \frac{a_{n+1}}{a_n}$ , em que  $a_n$  é o  $n$ -ésimo termo da sequência de Fibonacci, conclui-se que  $f_{n+1} \times f_n = f_n + 1$ . Dessa forma, assumindo-se que os valores de  $f_n$ , para  $n$  suficientemente grande, são aproximadamente iguais a determinado valor  $\varphi > 0$ , é correto concluir que esse valor de  $\varphi$  é a razão áurea.
- 71 A disposição helicoidal das folhas no galho permite que aumente a exposição das folhas ao Sol, o que otimiza a produção de matéria orgânica.
- 72 As folhas mostradas na figura pertencem a plantas que possuem tecidos especializados para o transporte de substâncias.
- 73 Para o crescimento de vegetais, incluindo-se o crescimento helicoidal mostrado na figura, a planta necessita do hormônio somatostatina.
- 74 Nas plantas com folhas como na ilustração, o floema transporta a seiva elaborada desde o tecido fotossintetizante até os órgãos consumidores, denominados meristemas.

RASCUNHO

## Texto para os itens de 75 a 81

RASCUNHO



Por apresentar o corpo segmentado em forma de espiral, como ilustrado ao lado, o *nautilus* é um ser que apresenta a razão áurea em seu desenvolvimento. Os nautilóides são cefalópodes marinhos arcaicos, que, muito abundantes no Paleozoico, correspondem aos gêneros *Allonautilus*, já extintos, e *Nautilus*, que vivem no sudoeste do Oceano Pacífico. Os cefalópodes marinhos são rápidos e seu corpo apresenta simetria bilateral e é composto por cabeça, massa visceral e tentáculos. A partir dessas informações, julgue os itens a seguir.

- 75 A concha do organismo mostrado funciona como um endoesqueleto e é constituída de proteínas e  $\text{CaCO}_3$ , um óxido inorgânico.
- 76 De acordo com o texto, todas as espécies de nautilóides, viventes ou extintas, pertencem ao mesmo gênero.
- 77 A afirmativa de que “o *nautilus* é um ser que apresenta a razão áurea em seu desenvolvimento” justifica-se pelo fato de haver “simetria bilateral” em seu corpo, como mencionado no texto.
- 78 A rapidez dos cefalópodes marinhos, aludida no texto, pode ser justificada pelo fato de esses seres apresentarem sistema de propulsão a jato realizado por estrutura modificada do pé.
- 79 Em resposta ao estresse, cefalópodes como lulas e polvos eliminam tinta que armazenam em câmaras especializadas.
- 80 O molusco mostrado na figura possui coração constituído por quatro cavidades elásticas independentes, por onde o sangue pobre em oxigênio atravessa em direção à região anterior do corpo.

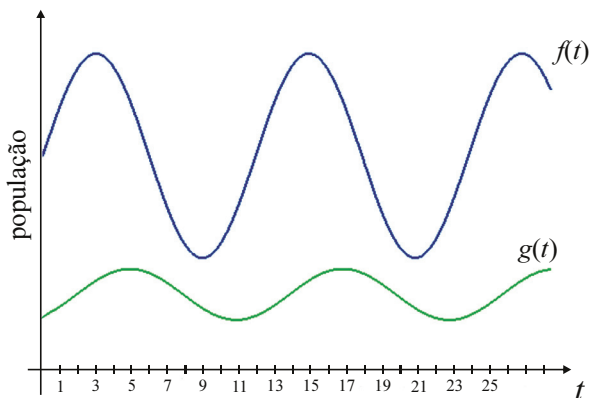
Considere que, nos cefalópodes marinhos descritos no texto, o deslocamento seja realizado com o auxílio de uma estrutura que, por meio de contrações, implementa uma espécie de propulsão a jato, expelindo parte da água do mar contida em seu interior. De maneira simplificada, essa estrutura pode ser modelada por um cone circular reto, e, no processo de contração, o raio da base do cone diminui, e sua altura permanece constante, mantendo-se a forma de um cone circular reto. Considere, ainda, uma situação hipotética em que a redução do raio da base do cone de um cefalópode seja de 3 cm para 1 cm, ao final do processo de contração; a altura do cone seja de 12 cm; e toda a água contida no interior do cone seja expelida instantaneamente à velocidade de 1 m/s. Nessa situação, faça o que se pede no item a seguir, que é do **tipo B**, desprezando, para a marcação na folha de respostas, a parte fracionária do resultado final obtido, após efetuados todos os cálculos solicitados.

- 81 Calcule, em **cm/s**, a variação de velocidade máxima que o cefalópode descrito pode obter, ao final de um processo de contração, caso a massa total do cefalópode, na situação anterior ao início da expulsão da água, seja de 400 g e a densidade da água no local, de  $1 \text{ g/cm}^3$ .

Considere que uma criação de coelhos tenha sido iniciada a partir de um casal recém-nascido da mesma espécie de coelhos. Considere, ainda, que os organismos dessa espécie se tornem adultos quando completam um mês de vida e que, a partir desse instante, as fêmeas sejam fertilizadas, o que implica que, ao final de cada gestação, que tem duração de um mês, da fertilização ao nascimento, sejam gerados dois novos coelhos, sendo a fêmea novamente fertilizada imediatamente após esse nascimento. Suponha, ainda, que, nessa criação de coelhos, no prazo de um ano, a taxa de mortalidade seja zero e que o cruzamento, por ser controlado, ocorra apenas entre coelhos da mesma geração, ou seja, entre coelhos que nasceram no mesmo mês.

Com base nessas informações, julgue os itens a seguir, sabendo que o casal de coelhos que deu início à criação será fecundado no início do terceiro mês.

- 82** Se, a cada gestação, nascerem coelhos de ambos os sexos, então, é possível que a sequência  $\{q_i\}$ ,  $i = 1, \dots, 5$ , em que  $q_i$  corresponde à quantidade de coelhos machos na referida criação ao final do  $i$ -ésimo mês, seja uma sequência de Fibonacci.
- 83** Se a probabilidade de nascerem coelhos machos e fêmeas em cada gestação for a mesma, então, imediatamente após o nascimento dos coelhos da segunda geração, a probabilidade de que em todas as duas gerações nasçam coelhos dos dois sexos é igual a  $\frac{1}{8}$ .
- 84** Considerando-se que o casal de coelhos que deu início à criação seja homozigoto para determinada característica e que ambos possuam alelos diferentes para essa mesma característica, é correto esperar que, na segunda geração, 75% dos coelhos nascidos sejam heterozigotos.
- 85** No início do 5.º mês, haverá, no mínimo, 10 coelhos na criação.
- 86** Considere que, no início do 5.º mês da criação, todos os coelhos serão vendidos por R\$ 30,00 cada um. Nesse caso, se o casal de coelhos que iniciou a criação custou R\$ 70,00 e houve uma despesa total de R\$ 100,00 com a criação, o lucro máximo que poderá ser obtido é de R\$ 130,00.



Leões cercam, em silêncio, gazelas que bebem água tranquilamente em um lago qualquer. De repente, o grupo percebe a presença do inimigo e sai em disparada. Mas os leões avançam em velocidade, até que uma presa é rendida e, em questão de tempo, após ter alimentado uma família de leões, sua carcaça é eliminada por abutres e pela natureza. Os gráficos acima descrevem as populações de leões —  $g(t)$  — e de gazelas —  $f(t)$  — ao longo do tempo —  $t$  —, em escala linear.

Tendo como base as informações do gráfico e do texto acima, julgue os próximos itens, com relação à situação descrita no texto.

- 87** O texto e o gráfico descrevem uma interação que permite regular a densidade populacional de leões e de gazelas.
- 88** Antes de constituírem a relação trófica que os envolve, descrita no texto, filhotes de leões e de gazelas se alimentam de leite materno.
- 89** É correto inferir que a população de gazelas, ao longo do tempo, é periodicamente reduzida a menos da metade do maior número registrado desses animais.
- 90** A população descrita pela função  $g(t)$  começa a diminuir no instante em que a população descrita pela função  $f(t)$  atinge o menor valor. Com isso, em alguns momentos, ocorre uma redução do número de predadores, o que implica o aumento da população de presas.
- 91** Em  $0 < t < 3$ , a taxa média de crescimento populacional associada à função  $f(t)$  é maior que a taxa média de crescimento populacional associada à função  $g(t)$ .
- 92** É correto afirmar que  $g(t) \leq g(t + 6)$ , para  $0 < t < 25$ .
- 93** Se  $h(t)$  denota a população de abutres no instante  $t$  e  $h(t + 3) = g(t)$ , então a população de abutres ultrapassa a de gazelas nos instantes em que esta população de gazelas estiver com a menor quantidade de indivíduos.
- 94** Considere que  $h(t)$  denote a população de abutres no instante  $t$  e que as populações das 3 espécies referidas no texto, para  $t > 25$ , estejam relacionadas no tempo pelas equações  $h(t) \times f(t - 6) = f(t) + g(t - 4)$  e  $h(t + 3) = g(t)$ . Nessa situação, caso ocorra a extinção das gazelas no instante  $t_0 > 25$ , de acordo com as equações apresentadas, ocorrerá a extinção dos abutres no instante  $t_0 + 5$ .

Os animais A e B, de duas espécies distintas, coexistem em determinada planície. O animal A é predador de B, que, por sua vez, é herbívoro. Sobre essa planície, é posicionado um sistema de coordenadas cartesianas ortogonais  $xOy$ , em que as unidades são dadas em metros. No instante  $t = 0$ , o animal B está na origem desse sistema, e o animal A, sobre o eixo  $Oy$ , no ponto de coordenadas  $(0, 240)$ . Nesse instante, B detecta a presença de A e foge sobre o eixo  $Ox$ , no sentido positivo, com velocidade constante  $v_B = 10$  m/s, sendo sua posição descrita pelos pontos de coordenadas  $(x_B, 0) = (v_B \times t, 0)$ , para  $t \geq 0$ , dado em segundos. No mesmo instante  $t = 0$ , o animal A parte em perseguição a B, sendo sua posição descrita pelos pontos de coordenadas  $(x_B, \frac{242}{1+x_B} - 2)$ .

Com base nessas informações, julgue os itens subsequentes.

- 95** As informações apresentadas são suficientes para se concluir corretamente que, na perseguição de B, o animal A percorre a trajetória descrita com módulo da velocidade constante.
- 96** O animal A alcançará B em 10 s.
- 97** Suponha que, em  $t = 0$ , um animal C, predador de A, posicionado no ponto de coordenadas  $(0, 0)$ , parta, com velocidade constante  $v_C$ , em direção a um ponto em que possa capturar A, antes que este capture B. Suponha, ainda, que a trajetória de C seja retilínea e faça um ângulo  $\theta$  com o eixo  $Ox$ , tal que  $\text{tg } \theta = 2$ . Nessa situação, para que C capture A antes que A capture B, será necessário que  $v_C$  seja igual ou superior a  $10\sqrt{5}$  m/s.
- 98** As informações apresentadas são suficientes para se concluir corretamente que o organismo B produz enzimas capazes de digerir celulose.

### Texto para os itens de 99 a 103

O trem transpõe, travessa, vencendo a barreira do som.  
Tudo agora é silêncio (ruído branco?)  
Não corre mais, nem voa; nem vacila ou flutua;  
Firma-se, geometriza-se na geodésica do mundo,  
No seu orientar-se pelo eixo do tempo.

Do vértice da luz vai para o futuro aberto em cone,  
e deixa em cone o passado fechado em sombra.

(...)

Todo o universo é um só brinquedo de criança;  
Entretidos com ele os sábios morrem, cansados de brincar.  
Bem perto, passou, de repente, um fragmento de tempo:  
Um fragmento de pretérito perfeito.

Joaquim Cardozo. *Visão do último trem subindo ao céu*. In: *Poesias completas*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979, p. 130-2.

Julgue os próximos itens, relativos ao poema acima.

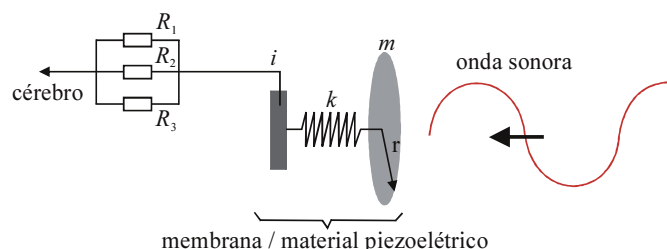
- 99** No primeiro verso, a aliteração — sequência de fonemas consonantais idênticos — causa efeito fonético imitativo — efeito onomatopéico.
- 100** Na última estrofe, o tempo presente se mescla com o passado, ao qual o poeta atribui concretude, como evidencia o emprego da expressão “Bem perto”, que denota espaço; da forma verbal “passou”; e do substantivo “fragmento”, com referência ao passado perfeito.

RASCUNHO

A partir da leitura do poema anterior, sabendo que uma geodésica que liga dois pontos posicionados sobre uma superfície é o menor percurso, sobre essa superfície, que liga esses dois pontos; que as geodésicas sobre uma esfera são arcos de circunferência sobre a esfera, de centro coincidente com o centro da esfera; e considerando que a Terra seja esférica, de raio igual a 6.300 km, julgue os itens a seguir, tomando 3,14 como valor aproximado para  $\pi$ .

- 101** Em uma superfície plana, retangular, com dimensões de  $100 \text{ m} \times 75 \text{ m}$ , a geodésica de maior comprimento mede 125 m.
- 102** O comprimento da geodésica que une duas cidades localizadas em dois pontos antipodais sobre a superfície da Terra é, no máximo, 50% superior ao comprimento do segmento de reta que une essas duas cidades.
- 103** Considere que a geodésica sobre a superfície da Terra que une duas cidades meça 3.297 km. Nessa situação, lembrando que  $\sin^2 x = \frac{1 - \cos 2x}{2}$ , é correto concluir que o segmento de reta que une essas duas cidades tem comprimento inferior a 3.200 km.

RASCUNHO



A audição humana se inicia com as variações de pressão exercidas sobre uma membrana do ouvido interno. A figura acima ilustra um modelo físico para parte do sistema auditivo humano, em que essa membrana é modelada empregando-se material piezoelétrico, utilizado para transformar energia mecânica em energia elétrica. Nessa figura, a membrana, ou o material piezoelétrico, é representada por uma base circular de raio  $r$  e massa  $m$ , presa a uma mola de constante elástica  $k$ , modelando a elasticidade da membrana. Considere que a corrente  $i$  resultante, produzida pelo material piezoelétrico, seja proporcional ao deslocamento da mola com relação à sua posição de equilíbrio e que correntes inferiores a determinado valor  $i_m$  não sejam percebidas pelo cérebro. Nessa figura, o sistema neural responsável por levar a corrente elétrica  $i$  até o cérebro — processo denominado propagação neuronal — é representado pelos resistores  $R_1$ ,  $R_2$  e  $R_3$ .

Considerando o modelo apresentado, julgue os itens que se seguem.

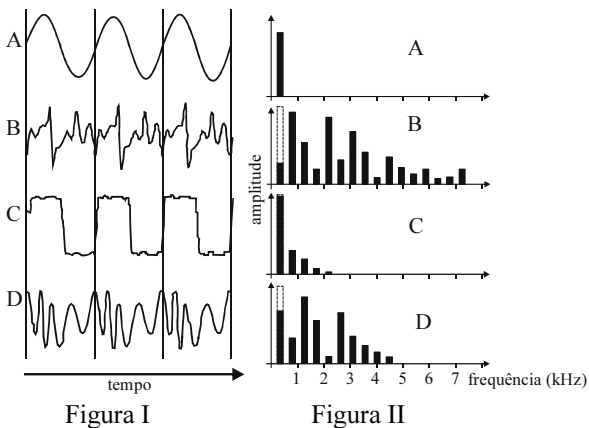
- 104** No ouvido humano, a cóclea é responsável pela conversão das vibrações acústicas em sinais elétricos, que são interpretados pelo cérebro como diferentes sons.
- 105** É correto inferir das informações apresentadas que, se o valor da constante  $k$  da mola for aumentado, então, o sistema modelado torna-se capaz de perceber sons de menor intensidade.
- 106** Tendo como base a lei de inércia e as informações apresentadas, é correto inferir que, se a membrana do modelo descrito possuir massa  $m \neq 0$ , ondas sonoras de qualquer frequência serão fielmente percebidas pelo cérebro.
- 107** De acordo com o modelo, a corrente que chega ao cérebro é menor que aquela produzida pela membrana devido à presença de resistência elétrica no sistema neural.
- 108** No modelo, parte da energia mecânica produzida na membrana e convertida em energia elétrica é dissipada por efeito Joule durante a propagação neuronal.
- 109** Considerando-se que, no modelo,  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ , é correto afirmar que a resistência equivalente do sistema neural é igual a  $3R/2$ .
- 110** Considere dois sistemas auditivos A e B representados de acordo com o modelo descrito, cujas membranas tenham mesma massa e, respectivamente, raios  $r_A$  e  $r_B$ , tal que  $r_A < r_B$ . Nessa situação, supondo que as ondas sonoras que chegam nesses dois sistemas causem a mesma pressão nas respectivas membranas, é correto afirmar que o sistema A perceberá sons de intensidade tal que não são percebidas pelo sistema B.
- 111** Sabendo-se que os materiais piezoelétricos incluem cristais de quartzo e hidroxiapatita, cerâmicas, materiais semicondutores, polímeros e compósitos e que a membrana do ouvido interno é constituída por colágeno e tecido ósseo, é correto concluir que tanto o colágeno quanto o tecido ósseo devem contribuir para o efeito piezoelétrico.

Entender o som e suas propriedades pode ajudar a compreender a música e o modo como os organismos são capazes de responder aos mais diversos tipos de estímulos sonoros. Das inúmeras propriedades dos sons, destacam-se as apresentadas a seguir.

I As ondas sonoras sofrem interferência. Um exemplo do fenômeno de interferência é o batimento, que ocorre quando há a interferência de duas ondas sonoras de frequências  $f_1$  e  $f_2$  muito próximas, em hertz. A expressão matemática para a onda resultante é  $y(t) = A \text{sen}(2\pi f_M t) \cos(2\pi f_m t)$ , em que  $f_M > f_m$  representam frequências relacionadas a  $f_1$  e  $f_2$ . Esse fenômeno produz um som característico do diapasão, aparelho usado para afinar instrumentos musicais.

II As ondas sonoras são percebidas com frequências diferentes, dependendo de como a fonte e(ou) o observador do sinal sonoro estiverem se movimentando. Esse é o denominado efeito Doppler. Devido a esse fenômeno, na situação em que uma fonte se desloca, em movimento retilíneo, com velocidade constante  $v_s$ , no sentido contrário a um observador parado, a onda sonora de frequência  $f$  emitida por essa fonte é recebida com frequência  $f'$ , tal que  $f' = \left(\frac{v}{v+v_s}\right) f$ , em que  $v$  representa a velocidade da onda no meio em que ela se propaga. Caso essa fonte se desloque de forma que se aproxime do observador, a frequência  $f'$  será dada por  $f' = \left(\frac{v}{v-v_s}\right) f$ .

Outra propriedade importante relacionada a ondas sonoras é o timbre, característico de um instrumento, definido pelo número de harmônicos que esse instrumento apresenta quando uma nota é tocada. Na figura I, a seguir, são apresentadas as formas das ondas sonoras emitidas por quatro instrumentos musicais — A, B, C e D — e, na figura II, são mostrados os harmônicos correspondentes, em kHz, por meio dos quais é possível determinar os timbres desses instrumentos.



Com base nas informações apresentadas, julgue os itens de 112 a 120.

112 É correto inferir do texto que a percepção do timbre de determinado instrumento pelo ser humano depende da capacidade de o ouvido perceber os diferentes harmônicos presentes na onda sonora.

113 Considere que duas ondas  $y_1(t) = A \text{sen}(2\pi f_1 t)$  e  $y_2(t) = A \text{sen}(2\pi f_2 t)$  sejam adicionadas, interferindo-se. De acordo com o texto, nessa interferência, ocorre batimento com amplitude igual a  $2A$  e frequências  $f_M = \frac{f_1 + f_2}{2}$  e  $f_m = \frac{f_1 - f_2}{2}$ .

114 Considere que um carro esteja se deslocando lentamente em uma avenida retilínea, afastando-se de outro carro parado nessa avenida. Nessa situação, se as buzinas desses carros forem idênticas e forem acionadas durante um mesmo intervalo de tempo e simultaneamente, elas produzirão o fenômeno definido como batimento, em qualquer ponto da avenida entre esses dois carros, desde que haja potência suficiente para que esse fenômeno ocorra.

115 Considere que um carro esteja se deslocando com velocidade  $v_s$  em uma avenida retilínea, afastando-se de um observador parado nessa avenida. Nessa situação, se a buzina desse carro for acionada, o observador perceberá que o som produzido pela buzina será mais aguda à medida que é aumentado o módulo da velocidade do carro.

116 É correto inferir das informações apresentadas que os instrumentos A, B, C, e D estão produzindo ondas sonoras periódicas de mesma frequência.

117 Se dois instrumentos E e F tocarem, respectivamente, segundo as formas de onda a seguir:

$$y_E(t) = a_1 \text{sen}(2\pi f_1 t) + b_1 \text{sen}(4\pi f_1 t),$$

$$y_F(t) = a_2 \text{sen}(2\pi f_2 t) + b_2 \text{sen}(6\pi f_2 t),$$

então, esses instrumentos estarão soando com timbres diferentes.

118 Considere que um instrumento em um trio elétrico em movimento esteja tocando uma nota musical de frequência  $f_0$ . Nesse caso, para que um observador parado ouça essa nota um harmônico acima da nota tocada nesse instrumento, ou seja, com frequência  $2f_0$ , é necessário que o carro se movimente na direção do observador com a metade da velocidade do som.

119 As ondas sonoras representadas pelas expressões

$$y_1(t) = a_1 \text{sen}(2\pi f_1 t) + b_1 \text{sen}(6\pi f_1 t) \text{ e}$$

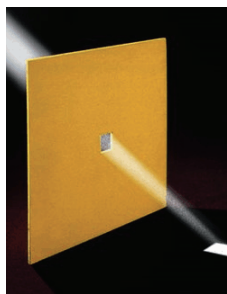
$$y_2(t) = a_2 \text{sen}(2\pi f_1 t) + b_2 \text{sen}(10\pi f_1 t)$$

são periódicas com períodos distintos.

120 Em vertebrados, a capacidade de perceber os diferentes sons depende da presença de quimiorreceptores.

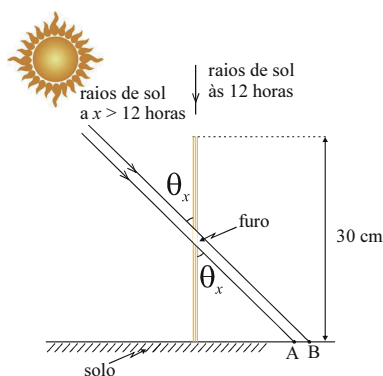
RASCUNHO

A figura ao lado ilustra uma das obras da artista contemporânea brasileira Lygia Pape (1927-2004). Nessa obra, a superfície amarela corresponde a um quadrado de lado igual a 30 cm, posicionado no solo, no qual foi feito um furo quadrado de área igual a 1% do quadrado inicial e cujo centro coincide com o centro geométrico deste quadrado. Por esse furo, a luz do Sol penetra, projetando sobre o solo uma forma geométrica



Lygia Pape. **Luz**. Guache sobre cartão, 18 unidades 30 cm × 30 cm × 0,2 cm (cada), 1959-60.

retangular, cuja área varia de acordo com a posição do Sol, ou seja, com a hora do dia. Admita que, conforme o esquema ilustrado abaixo, ao meio dia, não haja projeção de figura geométrica no solo; que os raios solares que passam pelo furo sejam paralelos, como ilustrado abaixo, para determinada hora do dia; que  $\theta_x$ , indicado na figura, seja dado por  $\theta_x = (x - 12) \times 15^\circ$ , para 12 horas <  $x \leq 18$  horas; e que a base da figura projetada no solo mais próxima do quadrado amarelo tenha o mesmo comprimento do lado do furo.



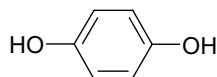
Com base nessas informações e desprezando a espessura do material utilizado para fabricar o quadrado amarelo, julgue os itens a seguir.

- 121 Nesse trabalho, a artista explora a luz como material artístico para gerar formas.
- 122 Do ponto de vista das artes visuais, verifica-se que, nesse trabalho, é produzida uma forma orgânica a partir do uso da luz.
- 123 Nas artes visuais, a cor amarela é considerada uma cor fria.
- 124 A linha da base do quadrado que define o furo mostrado está a uma altura do solo inferior a 12 centímetros.
- 125 Às 15 horas, a figura projetada pelo furo no solo será a de um quadrado.
- 126 Entre 12 horas e 16 horas, a base do retângulo que é projetado pelo furo no solo que está mais próxima do anteparo correspondente à obra se move à velocidade média de 13,5 centímetros por hora.
- 127 Às 14 horas, a área do retângulo projetado pelo furo no solo será menor que a área do próprio furo.
- 128 É possível que, em algum momento, a área do retângulo projetado pelo furo no solo seja maior que a área do quadrado amarelo correspondente à obra ilustrada na figura.

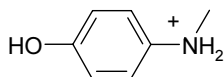
O filme fotográfico é constituído por uma base plástica, geralmente formada por triacetato de celulose, sobre a qual é depositada uma emulsão fotográfica formada por uma camada de gelatina que contém cristais de brometo de prata (AgBr), sensíveis à luz. Quando a luz atinge o filme, íons de prata contidos no haleto são transformados em prata metálica, formando a imagem latente. A função do revelador, solução alcalina normalmente à base de metol e hidroquinona, é concluir a redução dos halletos de prata próximos aos átomos de prata metálica. Antes do fixador, o filme é tratado com uma solução denominada interruptor, que normalmente contém ácido acético ou ácido cítrico. O fixador, solução ácida de tiosulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), retira da emulsão os cristais de haleto de prata não-sensibilizados pela exposição à luz, por meio da formação de complexos solúveis com os cristais de prata. Em seguida, realiza-se lavagem, feita com água, que precisa ser trocada constantemente, a fim de remover o fixador, deixando somente a imagem formada pela prata metálica. A formação de gotas no filme fotográfico, durante a secagem, pode marcá-lo, devido ao inchaço que a emulsão sofre quando molhada. Por isso, antes da secagem, deve-se lavar o filme com uma solução surfactante. A secagem natural, ou secagem ao ar, é considerada ideal, porém podem ser usadas estufas com temperatura interna mantida até 40 °C.

Com relação às informações do texto, julgue os itens de **129** a **139**.

- 129** Pelas informações apresentadas, é correto concluir que o triacetato de celulose usado nos filmes fotográficos é um polímero.
- 130** As informações apresentadas são suficientes para que se conclua que o termo “gelatina” refere-se a uma dispersão coloidal classificada como sol, que possui fase dispersa sólida e fase contínua líquida.
- 131** Em um filme fotográfico sob ação da luz, a formação de prata metálica ocorre segundo a equação  $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ , em que  $\text{e}^-$  representa um elétron.
- 132** Sabendo-se que a hidroquinona e o metol, referidos no texto, possuem as fórmulas estruturais mostradas abaixo, é correto concluir que fenóis possuem caráter básico.

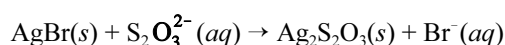


hidroquinona



metol

- 133** A partir das informações do texto, infere-se que o interruptor mencionado diminui o pH da emulsão, preparando-a para receber o fixador.
- 134** É correto concluir que, nos procedimentos descritos, ocorre reação entre o brometo de prata e o íon tiosulfato, conforme a equação a seguir, que está correta do ponto de vista estequiométrico.



- 135** Considerando-se que a solução fixadora aludida no texto tenha 300 g/L de tiosulfato de sódio e que a massa molar desse sal seja 158,1097 g/mol, é correto afirmar que a concentração do íon tiosulfato, na solução fixadora, é inferior a 2 mol/L.
- 136** É correto concluir que, na etapa de lavagem da emulsão, a água deve migrar, por difusão, para o meio mais concentrado, de forma semelhante ao que ocorre em uma célula animal colocada em meio hiperosmótico.
- 137** No processo de lavagem, a troca constante de água, aludida no texto, acelera a remoção dos solutos do fixador, uma vez que duas soluções em contato tendem, com o tempo, a equilibrar suas concentrações.
- 138** É correto inferir das informações apresentadas que, na lavagem do filme antes da secagem, evita-se a formação de gotas com a redução da tensão superficial da água.
- 139** A secagem natural é um método de separação de misturas embasado no fenômeno da evaporação, por ação do calor e do vento, ao passo que a secagem em estufa é um método de separação de misturas que tem como base o fenômeno da sublimação.

RASCUNHO

A Filosofia pode nos ajudar a analisar e compreender diversos fenômenos naturais e sociais, bem como formas de produção artística. O conceito de tempo, suas percepções sociais e o tipo de temporalidade envolvido nas mais diversas produções artísticas têm sido discutidos ao longo de toda a história da Filosofia.

O filósofo Santo Agostinho, que viveu na Alta Idade Média, dizia que o tempo é o movimento de distensão da alma humana: o passado é a memória que se possui, o futuro é a expectativa que se nutre e o presente é a atenção que se dedica a algo. A percepção do tempo, portanto, é uma articulação dessas três instâncias psicológicas.

De acordo com Fraisse, no comportamento social, “o operário pago ao dia não tem os mesmos comportamentos temporais que o membro de uma classe média pago ao mês, ou do *rentier* que recebe anualmente os seus dividendos ou as suas rendas”.

Fraisse, 1967. *Apud* K. Pomian. *Enciclopédia Einaudi*, vol. 29. Lisboa: Casa da Moeda, 1993, p. 12 (com adaptações).

Para Roland Barthes, a fotografia possui uma temporalidade, que ele expressa assim: “(...) ele vai morrer. Leio ao mesmo tempo: isto será e isto foi. Observo, horrorizado, um futuro anterior em que a morte é a aposta. Dando-me o passado absoluto da pose (aoristo), a fotografia diz-me a morte no futuro. O que me fere é a descoberta desta equivalência. Diante da foto da minha mãe criança, digo para mim mesmo: ‘(...) ela vai morrer’. Estremeço como o psicótico de Winnicott, perante uma catástrofe que já aconteceu. Quer o sujeito tenha ou não morrido, toda fotografia é essa catástrofe.”

Em obras de arte, pode haver mais de uma temporalidade sendo simultaneamente articulada. Assim, na representação cênica, há o tempo cênico, que é aquele, simultaneamente, da representação e do espectador que a está assistindo. Há também o tempo dramático, associado ao discurso narrativo, que anuncia e fixa uma temporalidade.

Patrice Pavis. *Dicionário de Teatro*. São Paulo: Perspectiva, 1999 (com adaptações).

Considerando os textos acima e os diferentes aspectos relacionados ao tema por eles abordados, julgue os itens de **140 a 150**.

**140** No trecho citado de Roland Barthes, o autor defende que a atenção com que se observa a fotografia evoca a memória e a expectativa, o que, à luz do conceito agostiniano de tempo, pode produzir a “distensão da alma”, referida por Santo Agostinho.

**141** Está de acordo com a citação de Roland Barthes, interpretada à luz do conceito agostiniano de tempo, a afirmação de que o ato de olhar uma fotografia é equivalente ao momento da “atenção que se dedica a algo”.

**142** Segundo o conceito de tempo de Santo Agostinho, tipos distintos de remuneração, como os mencionados por Fraisse, estão associados a diferentes distensões da alma.

**143** A partir das informações apresentadas, é correto afirmar que o tempo cênico é aquele do relógio do espectador e dos atores, sendo também o tempo da física.

**144** Sabendo-se que, para o filósofo Aristóteles, o tempo é a medida do movimento segundo o antes e o depois, é correto concluir que o tempo cênico pode ser apreendido pela concepção aristotélica de tempo.

**145** No teatro, o movimento, a voz, o gesto, o espaço, o texto, a atuação, a sonoplastia, a iluminação e os recursos cênicos utilizados procuram estabelecer o que se pode denominar máscara de atuação, para revelar questões humanas que são representadas em determinado espaço/tempo cênico e dramático.

**146** O tempo dramático não é exclusivo do teatro, visto ser característico do discurso narrativo que anuncia e fixa uma temporalidade.

**147** As informações apresentadas são suficientes para se concluir que a física possui temporalidade dramática.

**148** É possível estabelecer uma analogia entre as temporalidades envolvidas na pintura e as envolvidas na representação cênica, pois, na pintura, tal como na representação cênica, pode-se identificar o tempo do relógio, transcorrido no processo de pintar uma tela, e o tempo dramático, relativo à imagem pintada.

**149** O ato de se tirar uma fotografia pode possuir uma temporalidade distinta daquela envolvida no ato de se pintar um quadro, haja vista que o primeiro ato pode ocorrer em um instante, ao passo que o segundo ato normalmente ocupa um intervalo de tempo perceptível por quem o realiza.

**150** Santo Agostinho viveu na Alta Idade Média, período de acomodação entre as estruturas de um Império Romano em desintegração e os elementos introduzidos pelos denominados bárbaros germânicos, da que resultou, com variações temporais e geográficas, o sistema feudal.

**Tabela de valores  
das funções seno e cosseno**

$\theta$	$\text{sen}(\theta)$	$\text{cos}(\theta)$
$\frac{\pi}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$

