

**Universidade de São Paulo  
Instituto de Física de São Carlos  
Programa de Pós-graduação**

**Exame de Ingresso  
Física Biomolecular  
Segundo Semestre de 2025**

**LIVRO DE PROVAS**

**Código do(a) Candidato(a):**

## QUESTÕES DA ÁREA DE FÍSICA (Múltipla Escolha)

**Instruções:** As questões de Física são todas de múltipla escolha. Nessas questões você deve assinalar a resposta que considerar correta neste próprio livro de provas, marcando com um "X" o quadrado correspondente. Use caneta preta ou azul. Nas questões de múltipla escolha não utilize o livro de provas para fazer o desenvolvimento das questões ou para rascunho. Você poderá fazer o desenvolvimento das questões e rascunho na folha de anotações fornecida separadamente. **As respostas que serão consideradas para correção são aquelas assinaladas no livro de provas.**

**Questão 1:**

Um átomo de massa  $m = 4u$  (onde  $u$  é a unidade de massa atômica) move-se em uma dimensão  $x$ , na região de  $x$  positivo, sob a ação de um potencial de interação. A energia potencial deste sistema é dada por:

$$U(x) = A \left( \frac{a^3}{x^3} - \frac{a}{x} \right)$$

O átomo é solto, em repouso, na posição  $x = 1 \text{ nm}$ .

[Use:  $A = 20u \text{ (nm/s)}^2$ ,  $a = 1 \text{ nm}$ , onde  $u$  é a unidade de massa atômica e  $\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$ .]

Marque com um "X" o quadrado correspondente a alternativa correta.

- O potencial tem um ponto de equilíbrio estável em  $x = 1 \text{ nm}$ . O módulo da velocidade do átomo no ponto  $x = 2a$  é  $v(2a) = \frac{\sqrt{7}}{2} \text{ nm/s}$
- O potencial tem um ponto de equilíbrio estável em  $x = \sqrt{3} \text{ nm}$ . O módulo da velocidade do átomo no ponto  $x = 2a$  é  $v(2a) = 3,5 \text{ nm/s}$
- O potencial tem um ponto de equilíbrio instável em  $x = \sqrt{3} \text{ nm}$ . O módulo da velocidade do átomo no ponto  $x = 2a$  é  $v(2a) = \sqrt{3} \text{ nm/s}$
- O potencial tem um ponto de equilíbrio estável em  $x = \sqrt{3} \text{ nm}$ . O módulo da velocidade do átomo no ponto  $x = 2a$  é  $v(2a) = \frac{\sqrt{15}}{2} \text{ nm/s}$
- O potencial tem um ponto de equilíbrio instável em  $x = 1 \text{ nm}$ . O módulo da velocidade do átomo no ponto  $x = 2a$  é  $v(2a) = \frac{\sqrt{5}}{4} \text{ nm/s}$

O potencial é conservativo pois o problema é em uma dimensão e  $U(x)$  depende somente da posição. A energia total se conserva, portanto, e temos  $U(x = 1 \text{ nm}) = 0$  u  $(\text{nm/s})^2$ . A condição para os extremos,  $dU/dx = 0$ , dá que há um ponto crítico em  $x = +\sqrt{3} \text{ nm}$ , e pela segunda derivada, positiva, concluímos que é um ponto de equilíbrio estável. Para encontrar  $|v(2a)|$  fazemos:

$$E_c = (1/2) mv^2 = U(1 \text{ nm}) - U(2a) = (3/8) A, \text{ de onde tiramos que } v^2 = (3/4) A/m \\ = (3/4) (20/4) (\text{nm/s})^2 = (3/4)5 (\text{nm/s})^2 = 15/4 (\text{nm/s})^2.$$

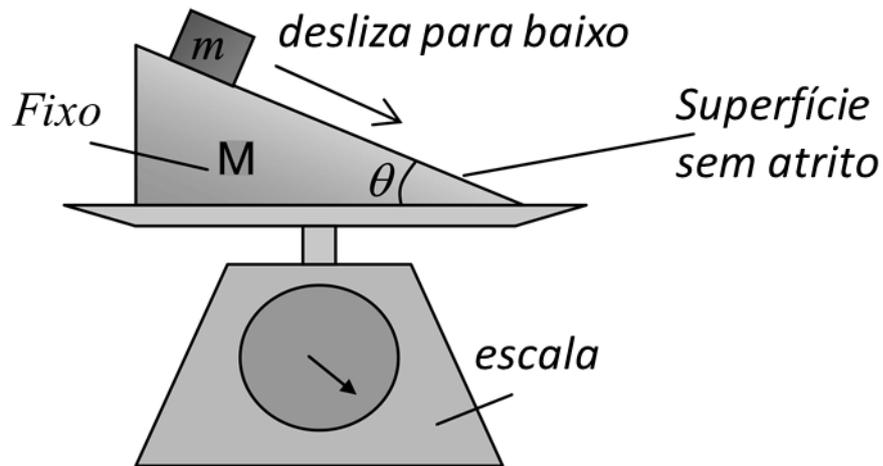
Assim,

$$v = \frac{\sqrt{15}}{2} \text{ nm/s}$$

**Questão 2:**

Um bloco de massa  $m = 1 \text{ kg}$  desliza sem atrito sobre uma cunha de massa  $M = 2 \text{ kg}$  que está fixa sobre uma balança (como representado de maneira esquemática na figura). O ângulo da figura é tal que  $\text{tg}\theta = 3/4$ . [Se necessário, use  $g = 10\text{m/s}^2$ .]

Enquanto o bloco desliza sobre a cunha, quanto marca a balança?



Marque com um "X" o quadrado correspondente a alternativa correta.

- (14/5) kg
- (13/5) kg
- (59/25) kg
- (41/25) kg
- (66/25) kg

O bloco de massa  $m = 1\text{kg}$ , ao deslizar, faz uma força normal à superfície inclinada da cunha que vale:

$$N = m g \cos(\theta).$$

Sabemos  $\cos(\theta) = 4/5$ , pois a cunha tem o formato de um triângulo retângulo 3-4-5.

A cunha sente, portanto, uma força vertical e para baixo dada por:

$$N_v = m g \cos^2(\theta).$$

Assim, a força normal total sobre a balança será:

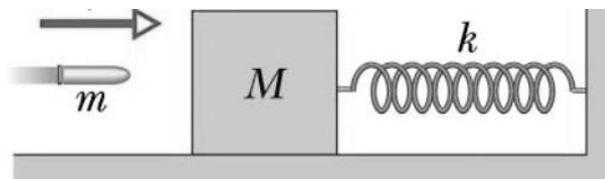
$$g [M + m \cos^2(\theta)],$$

e a balança irá marcar

$$M + m \cos^2(\theta) = 2\text{kg} + (1\text{kg} * 16/25) = (66/25) \text{kg}.$$

**Questão 3:**

Um bloco de massa  $M=3,990$  kg, inicialmente em repouso sobre uma mesa horizontal sem atrito está preso a um suporte rígido por uma mola de constante elástica  $k = 3600$  N/m. Uma bala de massa  $m = 10$  g e velocidade  $v$  de magnitude  $600$  m/s, conforme mostrado na figura a seguir, atinge o bloco e fica presa ao mesmo. Supondo que a compressão da mola seja nula até que a bala esteja completamente imersa no bloco, a velocidade do sistema bloco + bala ( $v_s$ ) imediatamente após a colisão e a amplitude  $A$  do movimento harmônico simples resultante são, respectivamente:



Marque com um "X" o quadrado correspondente a alternativa correta.

- $v_s = 1,5$  m/s e  $A = 5$  cm
- $v_s = 1,5$  m/s e  $A = 10$  cm
- $v_s = 3$  m/s e  $A = 5$  cm
- $v_s = 3$  m/s e  $A = 10$  cm
- Nenhuma das alternativas anteriores

A conservação de momento linear na colisão da bala com o bloco implica que a velocidade  $v_s$  do sistema bala + bloco imediatamente após a colisão é

$$mv = (M + m)v_s$$

Ou seja,

$$v_s = \frac{mv}{(M + m)}.$$

Após a colisão, a energia mecânica do sistema se conserva. A amplitude do movimento harmônico é determinada usando o ponto em que a energia mecânica total está armazenada completamente como energia potencial elástica,

$$E = \frac{(M + m)}{2} \frac{m^2}{(M + m)^2} v^2 = \frac{1}{2} kA^2.$$

Isolando a dependência com  $A$ ,

$$A = \frac{mv}{\sqrt{k(M + m)}}$$

Com os números dados no enunciado, encontramos:  $v_s=1,5$  m/s e  $A=5$  cm.

**Questão 4:**

Um motor mecânico faz com que um fio muito longo vibre para cima e para baixo produzindo ondas que se propagam. Na extremidade final do fio, as ondas viajantes são absorvidas, de modo que não há processo de reflexão. A velocidade da onda gerada é de 240 m/s, o deslocamento transversal máximo do fio é de 1 cm e a distância entre máximos consecutivos é de 3,0 m. Considerando  $y(x = 0, t = 0) = 0$ , a função de onda (em unidades do sistema internacional) que representa a onda que se propaga ao longo deste fio e a velocidade transversal máxima  $v_m$  de um ponto no fio são, respectivamente:

Marque com um "X" o quadrado correspondente a alternativa correta.

$y(x, t) = 0,02 \text{ sen}(2\pi x/3 - 160\pi t)$  e  $v_m = 1,6 \pi \text{ m/s}$

$y(x, t) = 0,01 \text{ sen}(2\pi x/3 - 80\pi t)$  e  $v_m = 3,2 \pi \text{ m/s}$

$y(x, t) = 0,01 \text{ sen}(2\pi x/3 - 160\pi t)$  e  $v_m = 1,6 \pi \text{ m/s}$

$y(x, t) = 0,01 \text{ sen}(2\pi x/3 - 160\pi t)$  e  $v_m = 3,2 \pi \text{ m/s}$

Nenhuma das alternativas anteriores

Queremos escrever  $y(x, t) = A \operatorname{sen}(kx - \omega t + \varphi)$ . Pelo enunciado,  $\varphi = 0$  e a amplitude é  $A = 0,01 \text{ m}$ . Para determinar  $k$ , usamos que  $k = 2\pi/\lambda = (2\pi/3) \text{ m}^{-1}$  enquanto  $v = \lambda f$ , o que leva a  $f = 80 \text{ Hz}$ . Disso,  $\omega = 160\pi \text{ rad/s}$ . Combinando essas informações, chegamos a:

$$y(x, t) = 0,01 \operatorname{sen}(2\pi x/3 - 160\pi t).$$

A velocidade transversal máxima  $v_m$  é determinada do máximo da derivada de  $y(x, t)$  em relação ao tempo, o que corresponde a  $v_m = A\omega = 1,6\pi \text{ m/s}$ .

**Questão 5:**

1) Um pedaço de cobre com 300 g é aquecido em um forno a uma temperatura T. O cobre é então inserido em um calorímetro de cobre com 150 g de massa contendo 220 g de água. A temperatura inicial da água e do calorímetro é de 20 °C e a temperatura após o equilíbrio é de 100 °C. O peso final do calorímetro e seu conteúdo indicaram que 5 g de água se perdeu devido a evaporação. Qual a temperatura T? Considere: Calor específicos: água=1,0 cal/g.K, cobre=0,09 cal/g.K. Calor latente de vaporização: água=540 cal/g.

Marque com um "X" o quadrado correspondente a alternativa correta.

- 892 °C.
- 877 °C
- 692 °C
- 677 °C
- Nenhuma das alternativas anteriores.

$$Q_{\text{calorimeter}} = m_{\text{copper}} C_{\text{copper}}(T_f - T_i) + m_{\text{water}} C_{\text{water}}(T_f - T_i) + m_{\text{water vapor}} Q_{\text{water vapor}}$$

$$Q_{\text{calorimeter}} = 150 * 0.09 * (100 - 20) + 220 * 1 * (100 - 20) + 5 * 540$$

$$Q_{\text{calorimeter}} = 1080 + 17600 + 2700 = 21380 \text{ cal}$$

$$Q_{\text{Hot copper}} = m_{\text{Hot copper}} * C_{\text{copper}} * (T - T_f)$$

$$Q_{\text{Hot copper}} = 300 * 0.09 * (T - 100) = 27 * (T - 100) = 27 T - 2700$$

Equating the two equations:

$$27 T - 2700 = 21380$$

$$27 T = 21380 + 2700 = 24080$$

$$T = 892 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## QUESTÕES DAS ÁREAS DE BIOMOLECULAR (Múltipla Escolha)

**Instruções:** As questões de Ciências Biológicas e Bioquímica são todas de múltipla escolha. Nessas questões você deve assinalar a resposta que considerar correta neste próprio livro de provas, marcando com um "X" o quadrado correspondente. Use caneta preta ou azul. Nas questões de múltipla escolha não utilize o livro de provas para fazer o desenvolvimento das questões ou para rascunho. Você poderá fazer o desenvolvimento das questões e rascunho na folha de anotações fornecida separadamente. **As respostas que serão consideradas para correção são aquelas assinaladas no livro de provas.**

**Questão 1:**

Considere uma enzima cuja atividade catalítica é modulada por fosforilação em um resíduo específico de serina, localizado estruturalmente longe do sítio ativo. Qual dos mecanismos a seguir descreve melhor como essa fosforilação distante poderia modular a atividade enzimática?

- A fosforilação altera diretamente o pH do sítio ativo.
- A fosforilação provoca uma alteração estrutural alostérica que afeta o sítio ativo.
- A fosforilação impede a ligação covalente do substrato ao sítio ativo.
- A fosforilação promove a desnaturação total da proteína.
- A fosforilação inibe competitivamente o sítio ativo da enzima.

**Justificativa:** Modificações covalentes em locais distantes do sítio ativo regulam enzimas por mudanças alostéricas.

**Questão 2:**

Imagine que você é responsável por criar uma estrutura artificial semelhante a uma membrana biológica, usando exclusivamente fosfolípidos purificados e que serão colocados diretamente em água. Ao realizar esse experimento, você percebe que os fosfolípidos se organizam rapidamente em uma estrutura de bicamada, ou pequenos lipossomos esféricos. Qual característica molecular explica melhor essa auto-organização dos seus fosfolípidos?

- As moléculas possuem apenas regiões apolares que se repelem mutuamente, formando rapidamente estruturas isoladas.
- A presença exclusiva de cargas negativas na molécula induz a formação imediata das bicamadas por repulsão eletrostática.
- As caudas hidrofóbicas dos fosfolípidos se atraem fortemente por ligações covalentes, formando estruturas fechadas.
- A estrutura anfipática dos fosfolípidos faz com que as regiões hidrofóbicas se afastem espontaneamente da água, enquanto as regiões hidrofílicas interagem diretamente com ela.
- As moléculas são integralmente polares, atraindo fortemente as moléculas de água e formando estruturas rígidas imediatamente insolúveis

**Justificativa:** A estrutura anfipática (cabeças polares que interagem com a água e caudas apolares que tendem a evitar água) explica porque os fosfolípidos formam estruturas organizadas espontaneamente. Ao formarem essas estruturas, as caudas hidrofóbicas são protegidas do ambiente aquoso, diminuindo interações desfavoráveis (hidrofóbicas) e aumentando a entropia das moléculas de água circundantes, estabilizando termodinamicamente o sistema.

**Questão 3:**

Durante o processo de replicação do DNA, o papel da enzima primase é o de sintetizar pequenos segmentos de RNA (primers) sem a necessidade de uma extremidade 3'-OH livre. Caso a atividade da primase fosse especificamente bloqueada por um fármaco, qual seria o efeito imediato no processo replicativo?

- Ocorre bloqueio imediato do desenovelamento inicial da dupla-hélice do DNA.
- A DNA polimerase não conseguiria iniciar a síntese das novas fitas de DNA, pois depende da presença de primers.
- Haveria uma redução na velocidade da replicação, mas o processo continuaria normalmente sem prejuízos.
- Apenas a fita líder seria sintetizada normalmente, enquanto a fita descontínua seria afetada.
- O reparo das bases incorretamente pareadas seria interrompido, aumentando a taxa de mutações.

**Justificativa:** A DNA polimerase necessita um grupo 3'-OH livre para poder catalisar a adição de um nucleotídeo. Portanto, para a amplificação das duas fitas do DNA, a polimerase precisa de um iniciador, e que é fornecido pela ação da primase.

**Questão 4:**

Uma célula animal armazena energia principalmente na forma de glicogênio, enquanto uma célula vegetal armazena energia principalmente como amido. Qual característica estrutural torna esses polissacarídeos especialmente eficientes para armazenamento energético?

- Ambos possuem ligações  $\beta(1\rightarrow4)$ , que são facilmente quebradas por enzimas.
- Ambos possuem cadeias lineares rígidas que permitem fácil empilhamento e armazenamento.
- Ambos são altamente ramificados, permitindo rápida liberação das unidades de glicose quando necessário.
- Ambos possuem estrutura linear rígida, dificultando o acesso enzimático e protegendo o estoque energético.
- São formados por glicose e frutose, facilitando a obtenção imediata de energia.

**Justificativa:** Tanto glicogênio quanto amido (principalmente amilopectina) apresentam estruturas altamente ramificadas, permitindo rápida liberação energética devido ao fácil acesso das enzimas degradativas às extremidades dessas ramificações.

**Questão 5:**

Durante um experimento laboratorial, um pesquisador na área de física biomolecular identificou uma molécula de RNA na célula que possui diversas regiões de pareamento interno formando alças e estruturas complexas. Porém, o pesquisador não foi capaz de detectar uma tradução direta desse RNA em proteínas. Considerando esse contexto, qual seria a função mais provável dessa molécula de RNA?

- Atuar exclusivamente como molde direto para a síntese proteica no ribossomo.
- Servir como RNA mensageiro típico (mRNA).
- Exercer funções estruturais ou catalíticas específicas, como um RNA ribossomal (rRNA) ou um RNA transportador (tRNA).
- Atuar exclusivamente na replicação do DNA, fornecendo um molde permanente para a síntese de novas fitas.
- Ser um RNA degradável e que a célula utiliza para gasto proposital de energia.

**Justificativa:** Estruturas secundárias complexas são típicas de RNAs funcionais não codificantes (como rRNA e tRNA), importantes em atividades catalíticas e estruturais na célula.