

Com base no seu conhecimento e em pelo menos um dos itens da coletânea, discorra argumentativamente sobre o seguinte tema: *a influência do medo nas ações humanas*.

**Item 1.** “Ao princípio esperança, contrapomos o princípio responsabilidade, e não o princípio medo. Mas, certamente, o medo pertence à responsabilidade, tanto quanto a esperança. A esperança é uma condição de toda ação, pois ela supõe ser possível fazer algo e diz que vale a pena fazê-lo em uma determinada situação. Para o homem experimentado, e mesmo para o favorecido pela sorte, pode tratar-se de algo mais do que esperança: da certeza daquele que confia em si mesmo. Mas, por maior que seja a confiança em si, só se poderia ter a esperança de que os desdobramentos daquilo que já se obteve será, no fluxo imprevisível das coisas, aquilo que se desejou. Os homens experientes sabem que um dia podem desejar não ter agido desta ou daquela forma. O medo de que falo não se refere a esse tipo de incerteza, ou ele pode estar presente apenas como um efeito secundário. Com efeito, é uma das condições da ação responsável não se deixar deter por esse tipo de incerteza, assumindo-se, ao contrário, a responsabilidade pelo desconhecido, dado o caráter incerto da esperança; isso é o que chamamos de ‘coragem para assumir a responsabilidade’. O medo que faz parte da responsabilidade não é aquele que nos aconselha a não agir, mas aquele que nos convida a agir. Trata-se de um medo que tem a ver com o objeto da responsabilidade. A responsabilidade é o cuidado reconhecido como obrigação em relação a um outro ser, que se torna ‘preocupação’ quando há uma ameaça à sua vulnerabilidade. Mas o medo está presente na questão original, com a qual podemos imaginar que se inicie qualquer responsabilidade ativa: o que pode acontecer a ele, se eu não assumir a responsabilidade por ele? Quanto mais obscura a resposta, maior se delinea a responsabilidade. Quanto mais no futuro longínquo situa-se aquilo que se teme, quanto mais distante do nosso bem-estar ou mal-estar, quanto menos familiar for o seu gênero, mais necessitam ser diligentemente mobilizadas a lucidez da imaginação e a sensibilidade dos sentidos. Torna-se necessária uma heurística\* do medo capaz de investigar, que não só descubra e represente o novo objeto como tal, mas que tome conhecimento do interesse moral particular, ao ser interpelado pelo objeto, algo que jamais teria ocorrido antes.”

\**Heurística*: método para chegar à resolução de problemas, à invenção ou à descoberta; arte ou ciência de inventar, de descobrir; hipótese provisória adotada para investigar os fatos. **Fonte:** Hans Jonas. *O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica* [adaptado]. Trad.: Marijane Lisboa, Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto; Editora PUC-Rio, 2006, p. 351-352.

**Item 2.**

**Congresso internacional do medo**

Provisoriamente não cantaremos o amor,  
 que se refugiou mais abaixo dos subterrâneos.  
 Cantaremos o medo, que esteriliza os abraços,  
 não cantaremos o ódio porque esse não existe,  
 existe apenas o medo, nosso pai e nosso  
 companheiro,  
 o medo grande dos sertões, dos mares, dos  
 desertos,  
 o medo dos soldados, o medo das mães, o medo  
 das igrejas,  
 cantaremos o medo dos ditadores, o medo dos  
 democratas,  
 cantaremos o medo da morte e o medo de depois  
 da morte,  
 depois morreremos de medo  
 e sobre nossos túmulos nascerão flores amarelas  
 e medrosas.

**Fonte:** Carlos Drummond de Andrade. *Antologia poética*. 1ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2012, p. 139.

**Item 3.**



Desenho sem título de Pawel Kuczynski, publicado em 15/10/2016, no perfil do artista no Instagram. **Fonte:** <https://www.instagram.com/p/BLlzbWj5Kj/>. Acesso em 22/08/2021.

## MATEMÁTICA

---

**Convenções:** Consideramos o sistema de coordenadas cartesiano a menos que haja indicação contrária.

$\mathbb{N} = \{1, 2, 3, \dots\}$  : denota o conjunto dos números naturais.

$\mathbb{R}$  : denota o conjunto dos números reais.

$\mathbb{C}$  : denota o conjunto dos números complexos.

$i$  : denota a unidade imaginária,  $i^2 = -1$ .

$M_n(\mathbb{R})$  : denota o conjunto das matrizes  $n \times n$  de entradas reais.

$\overline{AB}$  : denota o segmento de reta de extremidades nos pontos  $A$  e  $B$ .

$\hat{A}OB$  : denota o ângulo formado pelas semi-retas  $\overrightarrow{OA}$  e  $\overrightarrow{OB}$ , com vértice no ponto  $O$ .

$m(\overline{AB})$  : denota o comprimento do segmento  $\overline{AB}$ .

---

**Questão 1.** Seja  $x \in \mathbb{R}$ . Considere um retângulo  $R$  de lados medindo  $a = 9x^2 - 5x^4$  e  $b = 8x - 8x^3$ . Sabendo que o perímetro de  $R$  é 8 determine  $a$  e  $b$ .

**Questão 2.** Seja  $z \in \mathbb{C}$  e denote por  $\Im(z)$  a parte imaginária de  $z$ . Determine todos os possíveis  $z \in \mathbb{C}$  com  $\Im(z) \neq 0$  tais que temos simultaneamente  $\Im(z^3) = 0$  e  $\Im((1+z)^3) = 0$ .

**Questão 3.** Seja  $A$  a matriz com 5 linhas e 10 colunas cujas entradas  $a_{n,m}$  são dadas por

$$a_{n,m} = \begin{cases} 1, & \text{se } m = 1 \\ n + a_{n,(m-1)}, & \text{se } m > 1 \end{cases}.$$

Determine a soma de todas as entradas de  $A$ .

**Questão 4.** No jogo da velha, dois jogadores competem em um tabuleiro ordenado formado por 3 linhas e 3 colunas. Os jogadores se alternam marcando uma casa ainda não ocupada até que um deles ocupe toda uma linha, coluna ou diagonal, sendo declarado o vencedor. Quantas configurações diferentes do tabuleiro correspondem à vitória do primeiro jogador na sua terceira jogada?

**Questão 5.** Considere  $\arccos : [-1, 1] \rightarrow [0, \pi]$  e  $\arcsen : [-1, 1] \rightarrow [-\pi/2, \pi/2]$ . Determine todos os valores de  $\arccos(x)$  dado que  $x$  satisfaz

$$\arccos(x^4) + \arcsen(x^2 - 1/4) = \pi/2.$$

**Questão 6.** Seja  $A = (0, 1)$ . Considere a reta  $r$  de equação  $y = 1 - x/4$  e seja  $s$  uma reta passando pela origem  $O$  e que intersecta  $r$  no 1º quadrante em um ponto  $P$ . Determine o ponto  $Q$  do 2º quadrante que pertence a  $r$  e dista  $\sqrt{2}$  de  $s$  sabendo que  $\widehat{APO} = \theta$  e que  $\tan(\theta) = \frac{5}{3}$ .

**Questão 7.** Considere  $T$  um tronco de pirâmide regular de altura  $h = 4 + 2\sqrt{3}$  com bases hexagonais paralelas. Sabendo que o lado da maior base hexagonal mede  $8\sqrt{3}/3$  e que o ângulo diedral entre as faces laterais e a base do tronco mede  $75^\circ$ , determine o volume de  $T$ .



**Questão 8.** Seja  $Q$  um quadrilátero de vértices  $A, B, C$  e  $D$  cujos lados satisfazem  $m(\overline{AB}) = 5 = m(\overline{CD})$ ,  $m(\overline{BC}) = 3$  e  $m(\overline{DA}) = 8$ . Sabendo que  $Q$  é inscrito em uma circunferência de raio  $r$ , determine  $r$ .

**Questão 9.** Sejam  $P_1 = (0, 6)$ ,  $P_2 = (1, 5)$  e  $P_3 = (2, 6)$  e sejam  $C_1, C_2$  e  $C_3$  circunferências centradas em  $P_1, P_2$  e  $P_3$ , respectivamente. Sabendo que existe uma reta horizontal que é tangente a  $C_1, C_2$  e  $C_3$  determine  $C_1 \cap C_2 \cap C_3$  quando este não for vazio.

**Questão 10.** Considere um octaedro regular de aresta de comprimento  $l_1$ . Inscreva nesse octaedro um cubo cujos vértices estão nos baricentros das faces do octaedro. Dentro desse cubo inscreva um novo octaedro regular de aresta de comprimento  $l_2$  cujos vértices estão nos centros das faces do cubo. Continue com esse processo obtendo uma sequência  $l_i$  para  $i \in \mathbb{N}$ . Determine então o valor da razão  $l_{10}/l_1$ .

## QUÍMICA

### Constantes

Constante de Avogadro ( $N_A$ )	=	$6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Faraday (F)	=	$9,65 \times 10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ A}\cdot\text{s}\cdot\text{mol}^{-1} = 9,65 \times 10^4 \text{ J}\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
Carga elementar	=	$1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Constante dos gases (R)	=	$8,21 \times 10^{-2} \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 8,31 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1} = 1,98 \text{ cal}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$
Constante de Planck (h)	=	$6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$
Velocidade da luz no vácuo	=	$3,0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Número de Euler (e)	=	2,72

### Definições

Pressão:  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1,01325 \times 10^5 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2} = 1,01325 \text{ bar}$

Energia:  $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2} = 6,24 \times 10^{18} \text{ eV}$

Condições normais de temperatura e pressão (CNTP):  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$

Condições ambientes:  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $1 \text{ atm}$

Condições padrão:  $1 \text{ bar}$ ; concentração das soluções =  $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  (rigorosamente: atividade unitária das espécies); sólido com estrutura cristalina mais estável nas condições de pressão e temperatura em questão.

(s) = sólido. (ℓ) = líquido. (g) = gás. (aq) = aquoso. (conc) = concentrado. (ua) = unidades arbitrárias.

u.m.a. = unidade de massa atômica. [X] = concentração da espécie química X em  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

$\ln X = 2,3 \log X$

EPH = eletrodo padrão de hidrogênio

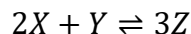
### Dados eventualmente necessários:

$$e^{10} = 2,2 \times 10^4$$

### Massas Molares

Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	Elemento Químico	Número Atômico	Massa Molar ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )
H	1	1,01	Cl	17	35,45
B	5	10,81	K	19	39,10
C	6	12,01	Ca	20	40,08
N	7	14,01	Mn	25	54,94
O	8	16,00	Br	35	79,90
F	9	19,00	Ag	47	107,87
Na	11	22,99	I	53	126,90
Mg	12	24,30	Hg	80	200,59
P	15	30,97	Pb	82	207,19
S	16	32,06	Pa	91	231,04

**Questão 1.** Considere a seguinte reação química hipotética:



A velocidade dessa reação é igual à constante de velocidade multiplicada pelas concentrações da espécie X elevada ao quadrado e da espécie Y. A constante de velocidade obedece a equação de Arrhenius:

$$k = A \cdot e^{\left(\frac{-E_a}{RT}\right)}$$

em que  $E_a$  representa a energia de ativação e A representa o fator de frequência. Sabendo-se que a energia de ativação da reação é igual a  $24,94 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  a  $300 \text{ K}$ , concentrações iniciais de X e Y iguais a  $0,2 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  e Z igual a zero, determine o valor numérico da:

- constante de velocidade da reação inversa, considerando o atingimento do equilíbrio quando a concentração de Z é igual a  $0,15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .
- velocidade da reação química, considerando o fator de frequência igual a  $25,00 \times e^{10} \text{ mol}^{-2}\cdot\text{L}^2\cdot\text{s}^{-1}$ .

**Questão 2.** O método de determinação da quantidade de nitrogênio amoniacal ( $\text{NH}_x$ ) em amostras de efluentes baseia-se nas seguintes etapas: (i) alcalinização da amostra, com excesso de base forte para produção de amônia, (ii) a qual é posteriormente destilada e recolhida em uma quantidade conhecida de uma solução padrão de ácido bórico. Após reação da amônia com o ácido, (iii) o borato formado é titulado com uma solução padrão de ácido sulfúrico, formando sulfato de amônio. Considere que uma amostra de 20,00 mL de efluente com densidade de  $1,50 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  foi alcalinizada com excesso de NaOH e que a titulação do borato consumiu 18,00 mL de uma solução aquosa  $0,500 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  em ácido sulfúrico. Com base nessas informações:

- a) escreva as reações químicas balanceadas que representam cada uma das etapas envolvidas nesse método.
- b) calcule o valor numérico da massa (em g) de sulfato de amônio formado.
- c) calcule o valor numérico da massa (em g) de nitrogênio na amostra.
- d) calcule o valor numérico do percentual do elemento N na amostra.

**Questão 3.** Um químico carregou um reator com 20 atm de uma mistura gasosa, constituída de uma substância A e de um componente inerte I, em uma proporção molar de A:I igual a 4:1. A temperatura do reator foi mantida constante e a pressão total foi monitorada, o que permitiu determinar a velocidade da reação em função do tempo, de acordo com os dados da tabela.

<b>t (min)</b>	0,89	2,08	3,75	6,25	10,42	18,75
<b>P (atm)</b>	21	22	23	24	25	26
<b>v (atm.min<sup>-1</sup>)</b>	1,96	1,44	1,00	0,64	0,36	0,16

Com base nesses dados e sabendo que a estequiometria da reação é  $2A(g) \rightarrow 3B(g)$ , pede-se:

- O valor numérico da ordem da reação.
- O valor numérico da constante de velocidade com sua unidade de medida.
- A composição no interior do reator no tempo 10,42 minutos em termos das pressões parciais (em atm) de cada componente.
- O valor numérico do tempo de meia vida da reação.

**Questão 4.** Um novo método para potabilização da água residual em espaçonaves emprega íons de prata como agente bactericida. Considere os dados de produto de solubilidade de alguns sais apresentados na Tabela 1 e o limite máximo permitido de íons nos padrões de qualidade da água potável disposto na Tabela 2.

Tabela 1. Dados de constantes de solubilidade.

Sal	$K_{ps}$
AgCl(s)	$1,21 \times 10^{-10}$
AgBr(s)	$4,90 \times 10^{-13}$
AgI(s)	$1,00 \times 10^{-16}$
NaCl(s)	37,3
NaBr(s)	127
NaI(s)	151
HgCl <sub>2</sub> (s)	$8,10 \times 10^{-2}$
HgBr <sub>2</sub> (s)	$6,20 \times 10^{-20}$
HgI <sub>2</sub> (s)	$3,20 \times 10^{-29}$

Tabela 2. Limite máximo permitido nos padrões de qualidade da água potável.

Espécie	Máximo nível permitido ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )
Cloretos	1000
Brometos	4,0
Iodetos	0,018
Prata	0,090
Sódio	20
Mercúrio	0,002

Sabe-se que concentrações de íons de prata acima de dez partes por bilhão ( $>10$  ppb) são suficientes para prevenir o crescimento de bactérias, algas e outros microorganismos. A estratégia do método consiste em assegurar uma concentração fixa de  $\text{Ag}^+$  na água potável por meio da saturação da solução com um sal de prata moderadamente solúvel. Com base nessas informações, responda:

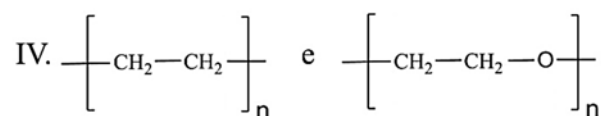
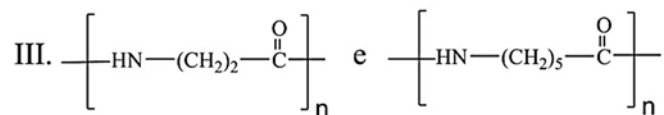
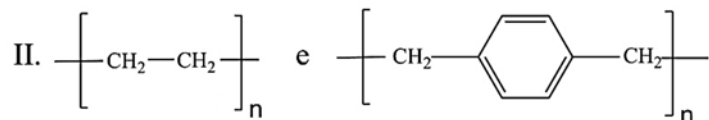
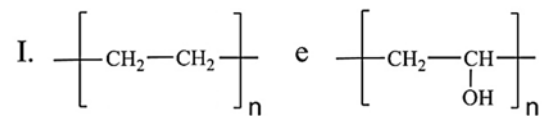
- Dentre os sais de prata apresentados na Tabela 1, indique qual(is) poderia(m) ser empregado(s) no método de potabilização da água e calcule a concentração em ppb de  $\text{Ag}^+$  na solução resultante.
- Dentre os sais de prata que não poderiam ser usados no item (a) e considerando o limite máximo permitido nos padrões de qualidade da água potável, indique aquele(s) sal(is) que poderia(m) ser empregado(s), juntamente com NaCl ou HgCl<sub>2</sub>, para ajustar a concentração total de  $\text{Ag}^+$  para 10,8 ppb. Determine o valor numérico da concentração final de  $\text{Na}^+$  ou  $\text{Hg}^{2+}$  em cada situação.



**Questão 5.** Na reação conhecida como “cão que late”, uma mistura de óxido nitroso e dissulfeto de carbono entra em combustão, gerando um clarão azulado e um som parecido com “woof” ou “uulsi”. Considerando uma combustão completa e que todo o enxofre gerado se encontra na forma de sólido  $S_8$ :

- a) escreva a equação química balanceada dessa reação.
- b) determine o valor numérico do volume de gás gerado (em litros) para cada 304 g de dissulfeto de carbono que reagiu de forma estequiométrica. Considere a pressão igual a  $10^5$  Pa e a temperatura de 300 K.
- c) calcule o valor numérico da massa de enxofre sólido (em g) gerado considerando a mesma quantidade de dissulfeto de carbono do item (b).

**Questão 6.** Considere os seguintes pares de homopolímeros, representados pelas respectivas fórmulas estruturais. Para cada par, indique qual homopolímero terá temperatura de fusão maior, considerando que suas massas molares sejam similares. Justifique a sua resposta.



**Questão 7.** Considere as seguintes informações:

- I. Primeira energia de ionização do cálcio:  $590 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- II. Segunda energia de ionização do cálcio:  $1145 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- III. Afinidade eletrônica do cloro:  $-340 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- IV. Entalpia de solubilização do cloreto de cálcio:  $-81 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- V. Entalpia de hidratação do íon de cálcio:  $-1579 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$
- VI. Entalpia de hidratação do íon de cloro:  $-378 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Com base nessas informações, responda os itens abaixo.

- a) Represente, na forma de equações químicas, as informações acima (I-VI).
- b) Equacione a reação de entalpia de rede do cloreto de cálcio a partir das equações I-VI, conforme a necessidade.
- c) Calcule o valor numérico da entalpia de rede do cloreto de cálcio (em  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).

**Questão 8.** Em um reator químico vazio, mantido a altas temperaturas, injeta-se uma mistura gasosa, com massa molar aparente igual a  $29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , constituída de amônia e oxigênio puros. Os gases reagem entre si formando óxido nítrico e água no estado gasoso. Ao final do processo, toda a amônia é consumida e são formados 20 mol de óxido nítrico. A respeito deste processo, pede-se:

- a) A equação química balanceada.
- b) Os valores numéricos das frações molares de amônia e de oxigênio no início da reação.
- c) O valor numérico da porcentagem de reagente em excesso.
- d) Os valores numéricos das quantidades (em mols) das espécies químicas no final da reação.

**Questão 9.** A etilcarbamilamina ou isocianeto de etila é utilizada como reagente em duas rotas reacionais:

- (i) Aquecimento a 250 °C que leva a sua isomerização funcional com a formação de um composto **A**, o qual reage com o cloreto de metil magnésio e, posteriormente, forma uma cetona **B** por hidrólise;
- (ii) Hidrólise em meio ácido com a formação de uma amina primária **C** e um composto **D**.

Com base no enunciado, escreva as reações químicas envolvidas nas rotas (i) e (ii). Escreva a estrutura química dos compostos **A**, **B**, **C** e **D**.

**Questão 10.** Uma mistura de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio, de massa igual a 39,0 g, foi adicionada à água, sendo observada a formação de um precipitado (Precipitado 1), o qual foi removido por filtração. Ao sobrenadante, foram adicionados 900 mL de uma solução aquosa  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  em nitrato de prata, sendo essa quantidade em excesso para garantir a formação de um precipitado (Precipitado 2) que também foi removido por filtração. Posteriormente, foi adicionada a essa nova solução sobrenadante uma placa polida de zinco metálico. Após um tempo suficientemente longo, observou-se um aumento de massa dessa placa igual a 3,76 g. A partir dessas observações:

- a) apresente todas as equações que representam as reações químicas balanceadas envolvidas no processo, identificando cada um dos precipitados.
- b) calcule o valor numérico do número de mols do Precipitado 2.
- c) calcule o valor numérico das massas de cloreto de cálcio e fluoreto de sódio na mistura inicial.

## FÍSICA

Quando necessário, considere as seguintes constantes:

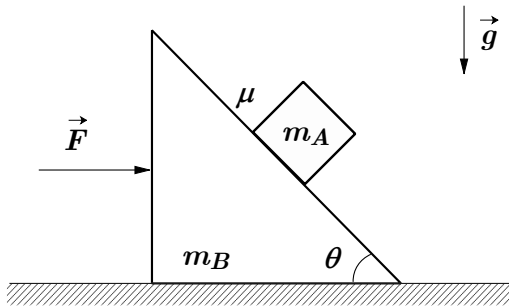
Aceleração local da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Velocidade da luz no vácuo  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

Massa molar do ar seco  $m_{\text{ar}} = 29 \text{ g/mol}$ . Massa molar da água  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol}$ .

Constante de Rydberg  $R_y = 13,6 \text{ eV}$ .

**Questão 1.** Um bloco de massa  $m_A$  encontra-se sobre a superfície de uma cunha de massa  $m_B$ , que desliza sem atrito em uma superfície plana devido à ação de uma força horizontal. O ângulo de inclinação da cunha é dado por  $\theta$ . Sabendo que o coeficiente de atrito entre o bloco e a cunha é  $\mu$ , calcule em função de  $m_A$ ,  $m_B$ ,  $\theta$ ,  $\mu$  e  $g$ :

- a aceleração mínima à qual a cunha deve ser submetida para que o bloco inicie um movimento de subida;
- a intensidade da força de contato entre o bloco e a cunha.



**Questão 2.** Existe um limite inferior da distância Terra-Lua para que o nosso satélite não se desintegre por efeitos de maré. Para determinar uma expressão aproximada dessa distância, considere a Lua como a composição de dois semi-satélites esféricos idênticos, homogêneos e em contato. Os corpos descritos realizam um movimento circular ao redor da Terra, cuja massa é dada por  $M_T$ , com os três centros sempre colineares. A estabilidade da Lua é associada à tendência natural dessas duas metades manterem o contato entre si por efeitos gravitacionais. Considerando que o raio da lua  $R_L$  é muito menor do que a distância Terra-Lua  $D$  e que  $M_T$  é muito maior que a massa da Lua  $M_L$ , faça o que se pede.

**Caso necessário, use:**  $(1 + x)^n \approx 1 + nx$ , se  $|x| \ll 1$ .

(a) Considerando que os semi-satélites têm a mesma densidade da Lua, determine os seus raios  $r$  e massas  $m$ . Deixe sua resposta em termos dos dados do enunciado.

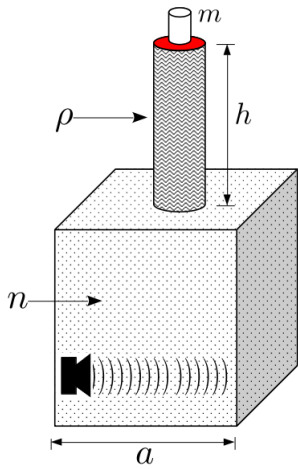
(b) Estime o valor mínimo de  $D$  para que a Lua não se desintegre. Deixe sua resposta em termos de  $M_T$ ,  $m$  e  $r$ .



**Questão 3.** As fontes  $F_1$  e  $F_2$  contêm duas buzinas que geram ruídos de frequências próprias  $f_1$  e  $f_2$  ( $f_2 > f_1$ ), respectivamente. A fonte  $F_1$  mantém-se em repouso, enquanto a fonte  $F_2$  realiza um movimento harmônico simples de frequência  $f_m$  e amplitude  $A$  ao longo da reta que une os dois corpos. Um observador vizinho a  $F_1$  registra um intervalo acústico entre os dois sons captados que varia de  $5/4$  até  $3/2$ . Considere o tempo de propagação do som desprezível. Com base nas informações fornecidas, determine:

- (a) o intervalo acústico entre  $f_1$  e  $f_2$ ;
- (b) a relação entre  $f_m$ ,  $A$  e a velocidade do som  $v_0$ .

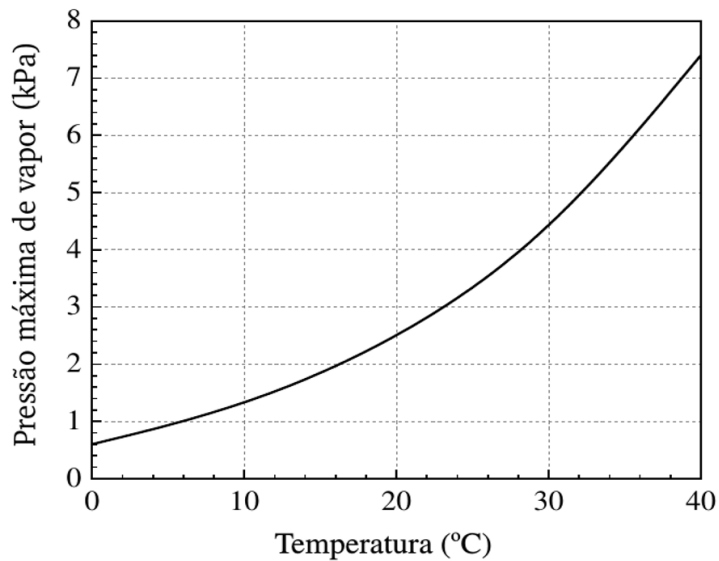
**Questão 4.** Considere um cubo de lado  $a$ , que contém  $n$  mols de um gás ideal em equilíbrio termodinâmico, sobre o qual é colocado um recipiente cilíndrico de altura  $h$  e raio  $r$ , completamente preenchido de um fluido de densidade  $\rho$ . O cilindro e o cubo são separados por uma membrana flexível. No topo do cilindro, há uma outra membrana flexível sobre a qual é colocada um corpo de massa  $m$ . Sabendo que a velocidade de propagação do som é  $v_0$  a uma temperatura  $T_0$ , que a pressão atmosférica vale  $P_{atm}$  e que uma fonte sonora gera uma onda com frequência  $f$  no interior do cubo, determine:



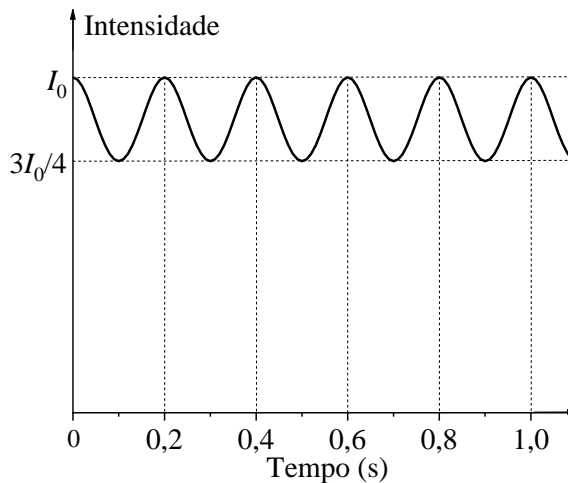
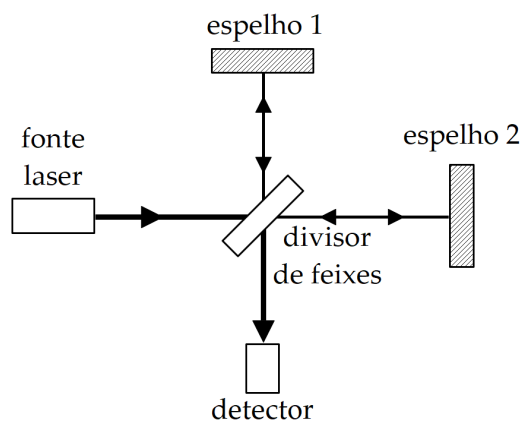
- a temperatura do gás no interior do cubo;
- uma expressão para o comprimento de onda dessa onda no meio gasoso.

**Questão 5.** Uma cidade localiza-se ao nível do mar, próxima à costa oceânica à oeste e a poucos quilômetros de uma cordilheira. Durante o dia, uma brisa constante úmida de ar flui da costa para a montanha. Um barômetro localizado na cidade indica uma pressão de 100 kPa a temperatura de 25°C. Por sua vez, um outro barômetro localizado no ponto mais alto da cordilheira indica uma pressão de 80 kPa. Considere que o calor específico molar do ar a volume constante vale  $2R$ . Se necessário, considere:  $\sqrt[3]{2} \approx 1,26$  e  $\sqrt[3]{10} \approx 2,15$ .

- Estime a temperatura no ponto mais alto da cordilheira em Kelvin.
- Considerando uma umidade relativa  $\phi_0 = 50\%$  ao nível do mar e  $\phi_1 = 10\%$  no ponto mais alto da cordilheira, estime o volume de água em  $\text{m}^3$  que precipita por hora na trajetória da brisa entre a cidade e o pico se o fluxo médio de ar seco que alcança o topo da cordilheira for de  $2,0 \times 10^9 \text{ kg/h}$ .
- Explique qualitativamente a razão pela qual desertos se formam no lado continental das cordilheiras



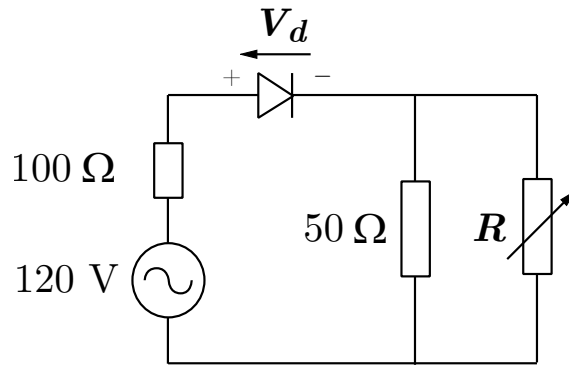
**Questão 6.** O LIGO é um observatório de ondas gravitacionais baseado em interferômetros de Michelson-Morley. Considere um interferômetro no qual um feixe LASER monocromático de 300 nm é dividido em dois feixes que percorrem dois caminhos ópticos de 4,0 km. Quando uma onda gravitacional atravessa esse sistema com velocidade  $c$ , o espaço-tempo é perturbado. Esse efeito pode ser aproximado como movimentos harmônicos simples do espelho 1 e do espelho 2 ao longo dos caminhos ópticos de seus respectivos feixes incidentes. Enquanto um comprimento de um braço do interferômetro contrai, o outro se dilata na mesma amplitude. Durante a passagem da onda gravitacional, o sinal medido no detector, originalmente igual a  $I_0$ , passa a descrever um comportamento como o representado no gráfico abaixo.



Faça o que se pede nos itens a seguir.

- Determine o comprimento de onda da onda gravitacional detectada.
- Qual a máxima variação do comprimento de cada braço do interferômetro?

**Questão 7.** Considere o circuito ilustrado abaixo com uma fonte de corrente alternada senoidal de 60 Hz e tensão de pico de 120 V, um diodo ideal sujeito a uma diferença de potencial  $V_d$ , dois resistores, cujas resistências elétricas valem  $50\Omega$  e  $100\Omega$ , e um reostato de resistência variável  $R$ . Um diodo é um dispositivo eletrônico que permite a passagem de corrente em apenas um sentido ( $V_d > 0$ ).



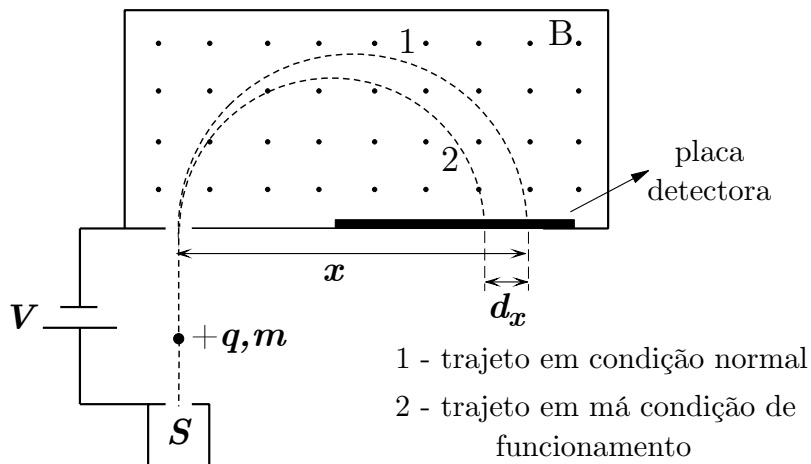
Faça o que se pede nos itens a seguir.

- Descreva e esboce o gráfico da corrente  $i(t)$  que atravessa o reostato quando este está configurado para oferecer uma resistência elétrica de  $R = 25\Omega$ .
- Determine o valor de  $R$  que proporciona uma transferência máxima de potência da fonte alternada ao reostato.

**Questão 8.** Em um espectrômetro de massa, íons de massa  $m$  e carga  $q$  são acelerados de uma fonte  $S$  até uma fenda por uma diferença de potencial elétrico  $V$ . Assim que atravessam a fenda, acessam uma câmara na qual existe um campo magnético uniforme  $B\hat{z}$ , perpendicular ao plano ilustrado pela figura abaixo. Em condições normais de funcionamento, os íons entram na câmara com velocidade perpendicular ao anteparo e têm o movimento completamente contido no plano da figura até atingir a placa detectora a uma distância horizontal  $x$  da fenda de entrada.

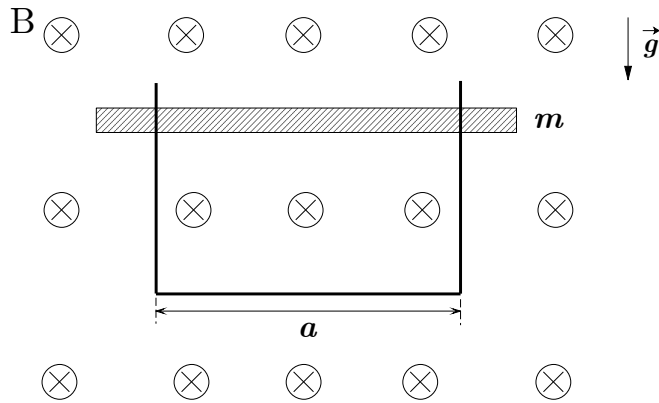
Contudo, verificou-se um desvio horizontal  $d_x$  nos valores esperados de suas medidas, resultando em uma distância  $x - d_x$ , associada a uma elevação vertical do ponto de detecção de  $d_z$ . Suspeita-se que as partículas carregadas tenham uma componente de velocidade vertical de tal forma que a velocidade de entrada das mesmas faz um ângulo  $\alpha$  com a direção normal ao anteparo. Assumindo essas considerações, calcule:

- (a)  $\cos \alpha$  em termos de  $d_x$ ,  $B$ ,  $q$ ,  $m$  e  $V$ ;  
 (b) a distância  $d_z$  em termos de  $B$ ,  $q$ ,  $m$ ,  $V$  e  $\alpha$ .



**Questão 9.** Considere uma haste condutora móvel de massa  $m$  e resistência  $R$  sobre trilhos fixos condutores em forma de  $U$ , conforme a figura abaixo. Esse sistema está em uma região com campo magnético  $\vec{B}$  uniforme e perpendicular ao plano do trilho. Em um determinado instante, a haste é solta do repouso e cai sob a influência da gravidade  $\vec{g}$  e de uma força de resistência do ar, proporcional à sua velocidade,  $\vec{F}_r = -\alpha\vec{v}$ . Considerando que a resistência da haste é muito maior que a resistência do trilho, faça o que se pede.

- Forneça o diagrama de forças que atuam na haste e indique suas intensidades.
- Determine a velocidade terminal da haste.
- Esboce o gráfico da velocidade  $v(t)$ .



**Questão 10.** Uma placa metálica é iluminada com radiação de diferentes comprimentos de onda a fim de coletar fotoelétrons. Os elétrons emitidos são desacelerados por uma diferença de potencial, e os potenciais de corte para os quais a corrente elétrica deixa de ser detectada para cada comprimento de onda isolado são apresentados na tabela a seguir.

$\lambda$ (Å)	$V_c$ (V)
250	37
150	70
110	100
50	235

Faça o que se pede nos itens a seguir.

- Determine, em eV, a função trabalho da placa metálica.
- Em seguida, foi utilizada uma lâmpada de hidrogênio para iluminar a mesma placa metálica. Determine de quais saltos quânticos dos elétrons do átomo de H é possível obter radiação capaz de emitir fotoelétrons da placa metálica considerada.