

### Instruções

Você está recebendo:

- este caderno com o enunciado das questões objetivas, discursivas e relativas às suas impressões sobre a prova, obedecendo à seguinte distribuição:

Partes	Questões	Páginas	Valor
Questões objetivas	1 a 40	2 a 13	80
Questões discursivas esp. LICENCIATURA	1 a 5	14	20
Questões discursivas esp. BACHARELADO	6 a 10	15 e 16	20
Rascunho das questões discursivas	11 a 15	17 a 21	---
Impressões sobre a prova Licenciatura	41 a 49	22	---
Bacharelado	50 a 54		
	55 a 59		

- 1 Folha de Respostas destinada às respostas das questões objetivas e de impressões sobre a prova. O desenvolvimento e as respostas das questões discursivas, a caneta esferográfica de tinta preta, deverão ser dispostos nos espaços especificados.

Verifique se este material está em ordem e se o seu nome na Folha de Respostas está correto. Caso contrário, notifique imediatamente a um dos Responsáveis pela sala.

Após a conferência, você deverá assinar a Folha de Respostas, a caneta esferográfica de tinta preta, e assinalar o gabarito correspondente à sua prova ①, ②, ③ ou ④.

Na Folha de Respostas, a marcação das letras, correspondentes às suas respostas (apenas uma resposta por questão), deve ser feita preenchendo todo o alvéolo a lápis preto nº2 ou a caneta esferográfica de tinta preta, com um traço contínuo e denso.

Exemplo:                 
          A    B    C    D    E

Tenha cuidado com a Folha de Respostas, para não a dobrar, amassar ou manchar.

Não são permitidas consultas a material bibliográfico, cadernos ou anotações de qualquer espécie, ou utilização de calculadora.

Você pode levar este Caderno de Questões.

Quando terminar, entregue a um dos Responsáveis pela sala a Folha de Respostas e assine a Lista de Presença. Cabe esclarecer que nenhum graduando deverá retirar-se da sala antes de decorridos 90 (noventa) minutos do início do Exame.

OBS.: Caso ainda não o tenha feito, entregue ao Responsável pela sala as respostas da Pesquisa e as eventuais correções dos seus dados cadastrais. Se não tiver trazido as respostas da Pesquisa você poderá enviá-las diretamente ao INEP (Edifício - Sede do MEC, Anexo I - Esplanada dos Ministérios, Bloco "L" - Brasília, DF - CEP 70047-900).

Você terá 4 (quatro) horas para responder às questões objetivas, discursivas e de impressões sobre a prova.

OBRIGADO PELA PARTICIPAÇÃO!

1. Em 1900, Max Planck apresenta à Sociedade Alemã de Física um estudo, onde, entre outras coisas, surge a idéia de quantização. Em 1920, ao receber o prêmio Nobel, no final do seu discurso, referindo-se às idéias contidas naquele estudo, comentou:

"O fracasso de todas as tentativas de lançar uma ponte sobre o abismo logo me colocou frente a um dilema: ou o *quantum* de ação era uma grandeza meramente fictícia e, portanto, seria falsa toda a dedução da lei da radiação, puro jogo de fórmulas, ou na base dessa dedução havia um conceito físico verdadeiro. A admitir-se este último, o *quantum* tenderia a desempenhar, na física, um papel fundamental... destinado a transformar por completo nossos conceitos físicos que, desde que Leibnitz e Newton estabeleceram o cálculo infinitesimal, permaneceram baseados no pressuposto da continuidade das cadeias causais dos eventos. A experiência se mostrou a favor da segunda alternativa."

(Adaptado de Moulton, F.R. e Schiffers, J.J. **Autobiografia de la ciencia**. Trad. Francisco A. Delfiane. 2 ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1986. p. 510)

O referido estudo foi realizado para explicar

- (A) a confirmação da distribuição de Maxwell-Boltzmann, de velocidades e de trajetórias das moléculas de um gás.
- (B) a experiência de Rutherford de espalhamento de partículas alfa, que levou à formulação de um novo modelo atômico.
- (C) o calor irradiante dos corpos celestes, cuja teoria havia sido proposta por Lord Kelvin e já havia dados experimentais.
- (D) as emissões radioativas do isótopo Rádio-226, descoberto por Pierre e Marie Curie, a partir do minério chamado "pechblenda".
- (E) o espectro de emissão do corpo negro, cujos dados experimentais não estavam de acordo com leis empíricas até então formuladas.

2. Analise o texto abaixo de Galileu Galilei.

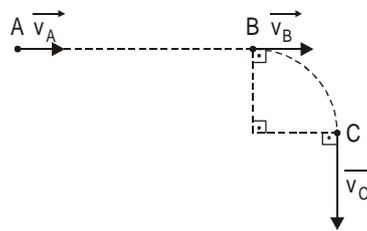
"Não me parece oportuno ser este o momento para empreender a investigação da causa da aceleração do movimento natural; a respeito, vários filósofos apresentaram diferentes opiniões, reduzindo-a, alguns, à aproximação do centro; outros, à redução progressiva das partes do meio que falta serem atravessadas; [...] Estas fantasias, e muitas outras, conviria serem examinadas e resolvidas com pouco proveito. Por ora, é suficiente que se investiguem e demonstrem algumas propriedades de um movimento acelerado (qualquer que seja a causa da aceleração) de tal modo que a intensidade de sua velocidade aumenta, após ter saído do repouso [...]."

(Adaptado de Galileu Galilei. **Duas Novas Ciências**. Trad. Mariconda, L. e Mariconda, P.R. São Paulo: Nova Stella, ched editora e Istituto Italiano di Cultura, 1982. p. 131)

Nesse trecho, o autor tece considerações que representam uma tomada de posição importante para a Ciência, que é a

- (A) prova de que a explicação de Aristóteles sobre a queda dos corpos era errada.
- (B) busca explicativa do "como" os corpos caem, ao invés do "por quê".
- (C) necessidade de inclusão do meio, para explicar a queda dos corpos.
- (D) busca explicativa do "porquê" os corpos caem, ao invés do "como".
- (E) negação das suas idéias, frente à sua condenação pelo "Tribunal do Santo Ofício".

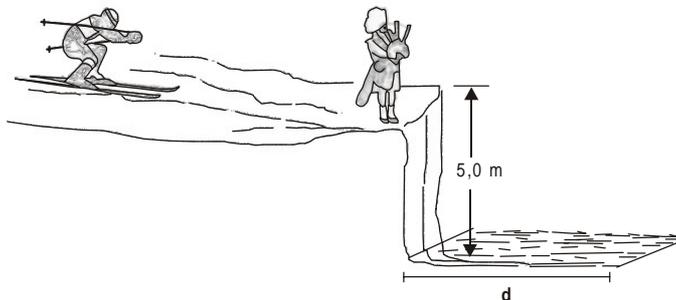
3. A figura abaixo representa a trajetória de um ponto material que passa pelos pontos A, B e C, com velocidades  $\vec{v}_A$ ,  $\vec{v}_B$  e  $\vec{v}_C$  de módulos  $v_A = 8,0$  m/s,  $v_B = 12,0$  m/s e  $v_C = 16,0$  m/s. Sabe-se que o intervalo de tempo gasto para esse ponto material percorrer os trechos AB e BC é o mesmo e vale 10s.



Pode-se afirmar que o módulo da aceleração média desse ponto material nos trechos AB e BC, respectivamente, em  $m/s^2$ , é de

- (A) 0,40 e 0,20
- (B) 0,40 e 0,40
- (C) 0,40 e 2,0
- (D) 4,0 e 2,0
- (E) 4,0 e 4,0

4. Observe a figura abaixo.



Um escocês toca, distraidamente, sua gaita parado na beira de um barranco, coberto de neve, com 5,0 m de altura. Um esquiador, apesar de seus esforços para breicar, atinge o escocês com uma velocidade de 10 m/s e, agarrados, se precipitam pelo barranco. Sabendo-se que os dois homens com seus respectivos apetrechos têm a mesma massa e que a aceleração gravitacional local é igual a  $10$  m/s<sup>2</sup>, eles cairão a uma distância **d** da base do barranco. O valor de **d**, em metros, é aproximadamente,

- (A) 2,5
- (B) 5,0
- (C) 10,0
- (D) 12,5
- (E) 15,0

5. Um ovo quebra quando cai de determinada altura num piso rígido, mas não quebra se cair da mesma altura num tapete felpudo. Isso ocorre porque
- (A) a variação da quantidade de movimento do ovo é maior quando ele cai no piso.
  - (B) a variação da quantidade de movimento do ovo é maior quando ele cai no tapete.
  - (C) o tempo de interação do choque é maior quando o ovo cai no tapete.
  - (D) o tempo de interação do choque é maior quando o ovo cai no piso.
  - (E) o impulso do piso sobre o ovo é maior que o impulso do tapete.

6. Em um tubo horizontal, a água flui com velocidade  $v$ , sob pressão  $p$ . Num certo trecho, o tubo tem seu diâmetro reduzido à metade do diâmetro original. Na seção mais estreita, a
- (A) vazão é reduzida à metade do seu valor inicial.
  - (B) velocidade de escoamento é igual a  $\frac{v}{2}$ .
  - (C) pressão é igual a  $2p$ .
  - (D) velocidade de escoamento permanece igual a  $v$ .
  - (E) pressão é menor que  $p$ .

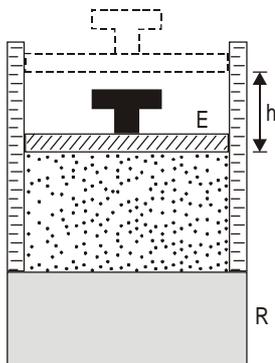
7. Uma força no plano  $xy$  é dada por  $\vec{F} = \frac{F_0}{r}(y\vec{i} - x\vec{j})$ , onde  $F_0$  é uma constante e  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ . O trabalho realizado por essa força sobre uma partícula é
- (A) igual a  $-2\pi RF_0$  se a partícula descrever uma circunferência completa de raio  $R$ , no sentido anti-horário.
  - (B) igual a  $F_0 r$  se a partícula se deslocar em linha reta, desde a origem até o ponto localizado em  $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j}$ .
  - (C) nulo, se a partícula percorrer um número inteiro de ciclos sobre uma circunferência.
  - (D) sempre nulo, para qualquer deslocamento sobre um arco de circunferência.
  - (E) independente da trajetória no plano onde a partícula se desloca.

8. Uma roda de raio  $R = 0,7 \text{ m}$  e massa  $M = 10 \text{ kg}$  gira a uma frequência de  $1 \text{ Hz}$  em torno de seu eixo. A roda é colocada em um tanque redondo fixo, com  $1\,000 \text{ kg}$  de água. Considerando desprezível a dissipação de energia nas paredes do tanque, a frequência final da roda, em Hz, será

Dados:

- (A) 0                      Momento de inércia da água =  $500 \text{ kgm}^2$
- (B) 0,005                Momento de inércia da roda =  $MR^2$
- (C) 0,01
- (D) 0,1
- (E) 1

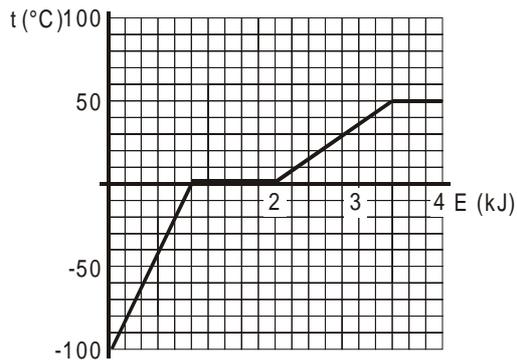
9. A figura abaixo representa um gás encerrado por um cilindro com êmbolo móvel E de massa  $m = 2,5 \text{ kg}$ , área  $A = 40 \text{ cm}^2$ . Todas as paredes são adiabáticas, exceto a da base inferior, que separa o cilindro do reservatório térmico R.



Suponha que o gás absorva do reservatório térmico a quantidade de calor  $Q = 4,5 \text{ J}$  e, em conseqüência, o êmbolo suba uma altura  $h = 1,0 \text{ cm}$ . Pode-se afirmar que o trabalho realizado pelo gás contra a pressão atmosférica e a variação da energia interna, de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, em joules, são, respectivamente,

- (A) 2,0 e 0,20                      Dados:
- (B) 2,0 e 0,25                       $g = 10 \text{ m/s}^2$
- (C) 4,0 e 0,20                       $P_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- (D) 4,0 e 0,25
- (E) 4,0 e 0,30

10. Um bloco sólido de 0,1 kg, inicialmente a  $-100^{\circ}\text{C}$ , é aquecido e o gráfico de sua temperatura em função da energia que lhe é fornecida está representado abaixo.



Uma análise dos valores representados no gráfico permite concluir que o calor específico do material que constitui o bloco no estado sólido ( $C_S$ ), o calor latente de fusão daquele material ( $L_F$ ) e seu calor específico no estado líquido ( $C_L$ ) são, respectivamente,

	$C_S$ J/kg $^{\circ}\text{C}$	$L_F$ J/kg	$C_L$ J/kg $^{\circ}\text{C}$
A	200	10 000	350
B	100	10 000	280
C	100	2 000	35
D	10	1 000	35
E	5	500	7

11. O pêndulo de um relógio, feito com um material de coeficiente de dilatação  $\alpha = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ , tem período de 1,0 s na temperatura em que foi calibrado. Utilizado a  $10^{\circ}\text{C}$  acima dessa temperatura, a diferença aproximada que o uso nessas condições vai acarretar, durante um dia, em segundos, será de

- (A) 1,3  
(B) 3,0  
(C) 4,0  
(D) 17  
(E) 38

**Sugestão:**

Utilize a expansão válida para um valor  $x$  pequeno:

$$(1 + x)^{\frac{1}{2}} \cong 1 + \frac{x}{2}$$

12. Em um processo adiabático quase-estático (I) e em uma expansão livre de um gás (II) pode-se dizer que a entropia

- (A) se conserva em I, diminuindo em II.  
(B) se conserva em ambos.  
(C) aumenta em ambos.  
(D) aumenta em I, conservando-se em II.  
(E) se conserva em I, aumentando em II.

13. Um corpo de dimensões muito pequenas, com carga  $+Q$ , está em frente a uma placa metálica aterrada, de dimensões consideradas infinitas. Se o corpo carregado dista  $x$  da placa, o valor da carga total induzida na placa vale

(A)  $-\frac{2}{3}Q$

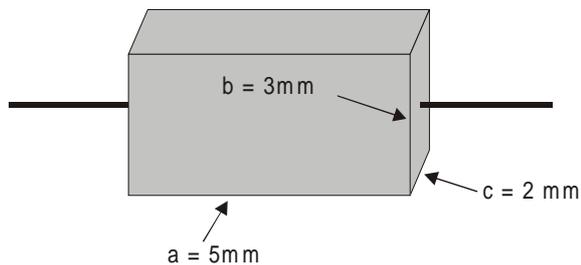
(B)  $-2\pi xQ$

(C)  $-Q$

(D)  $-2Q$

(E) zero

14. Com um bloco de medidas  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , feito de um material de grande resistividade, quer-se construir um resistor conforme a figura abaixo.



Quando se soldam ao bloco dois terminais paralelos às arestas de medida  $a$ , tanto o resistor como o valor de sua resistência serão denominados  $R_a$ . Quando os terminais forem soldados paralelamente às arestas de medida  $b$ , tem-se o resistor  $R_b$  e, na outra face, o resistor  $R_c$ . Comparando-se os valores de  $R_a$ ,  $R_b$  e  $R_c$ , tem-se:

(A)  $R_a > R_c > R_b$

(B)  $R_b > R_c > R_a$

(C)  $R_c > R_a > R_b$

(D)  $R_a > R_b > R_c$

(E)  $R_c > R_b > R_a$

15. Uma bobina, de seção reta igual a  $60\text{ cm}^2$  e resistência  $36\ \Omega$ , submetida à taxa de variação do campo magnético de  $150\text{ T/s}$ , perpendicular ao plano da bobina, produz corrente induzida de  $2,0\text{ A}$  em suas espiras. O número de espiras dessa bobina é

(A) 40

(B) 64

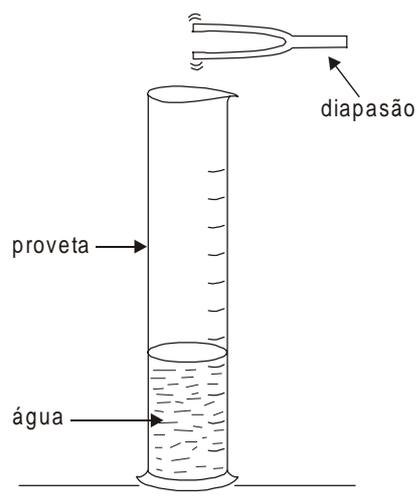
(C) 80

(D) 480

(E) 640

16. Coloca-se uma esfera de material de permeabilidade magnética  $\mu$  em uma região onde, inicialmente, há um campo magnético constante. Pode-se afirmar que o campo magnético
- não penetra na esfera.
  - será reduzido, tanto no interior quanto no exterior da esfera.
  - desaparece devido à blindagem eletrostática, comumente conhecida como gaiola de Faraday.
  - induz no interior da esfera um campo de dipolo magnético que muda o valor do campo em seu exterior.
  - induz na esfera um campo elétrico.
- 
17. O poder das pontas é uma consequência da forma como as partículas portadoras de carga elétrica se distribuem na superfície de um condutor. Em um dado condutor carregado, em equilíbrio eletrostático, pode-se afirmar que, em relação ao restante da superfície, nas pontas,
- a quantidade de cargas é sempre menor, mas a densidade de cargas é sempre maior.
  - a quantidade de cargas é sempre maior, mas a densidade de cargas é sempre menor.
  - a quantidade e a densidade de cargas são sempre maiores.
  - a quantidade e a densidade de cargas são sempre menores.
  - a quantidade e a densidade de cargas são sempre iguais.
- 
18. Considerando-se as equações de Maxwell pode-se afirmar que
- as ondas eletromagnéticas viajam sempre com velocidades menores que a da luz.
  - os campos elétrico e magnético obedecem a equações de onda que podem ser escritas na forma relativística.
  - cada campo, elétrico e magnético, é obtido resolvendo-se a respectiva equação de continuidade.
  - o campo magnético de uma corrente dependente do tempo é dado pela Lei de Biot-Savart.
  - o campo elétrico pode ser sempre obtido através da Lei de Coulomb, de acordo com teoria da relatividade.
- 
19. Uma barra de cobre cai horizontalmente, sob a ação da gravidade, perpendicularmente a um campo magnético constante. Suponha que, logo após o movimento se iniciar, seja induzida uma corrente de intensidade  $i$  pela barra, que flui como em um circuito fechado. Desprezando-se a resistência do ar, pode-se afirmar que a barra
- continua a cair em queda livre.
  - começa a freiar e pára logo em seguida.
  - tem sua aceleração aumentada, atingindo um valor maior que  $g$ .
  - cai com velocidade proporcional à raiz quadrada do tempo.
  - cai e sua velocidade aumenta até atingir um valor finito.
- 
20. Considere o próton como sendo uma esfera de carga  $+e$ , com densidade volumétrica de carga uniforme e raio  $R$ , centrada na origem do sistema de coordenadas. Tomando-se o potencial igual a zero no infinito, pode-se afirmar que em seu interior o
- módulo do campo elétrico é constante.
  - módulo do campo elétrico é menor em pontos mais afastados da origem.
  - potencial elétrico é constante e vale  $\frac{e}{4\pi\epsilon_0 R}$ .
  - potencial elétrico é menor em pontos mais afastados da origem onde seu valor é maior que  $\frac{e}{4\pi\epsilon_0 R}$ .
  - potencial elétrico em pontos vizinhos à superfície interna difere daquele nas vizinhanças da superfície externa.
- 
21. Quando uma fonte sonora de frequência  $f$  aproxima-se de um observador com velocidade  $v_F$ , o observador perceberá esse som com uma frequência  $f'$  dada por  $f' = f \frac{v}{v - v_F}$ , onde  $v$  é a velocidade do som no meio. Os sons mais graves que se pode escutar têm uma frequência de 20Hz. Para que um observador consiga escutar o som de uma fonte que se aproxima com velocidade  $v_F$  e emitindo um som de 15Hz, é necessário que a relação  $\frac{v_F}{v}$  seja, no mínimo,
- $\frac{1}{4}$
  - $\frac{1}{3}$
  - $\frac{1}{2}$
  - $\frac{3}{4}$
  - $\frac{4}{3}$
- 
22. Uma onda luminosa, de comprimento  $\lambda = 3000 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ) incide sobre uma fenda dupla. A distância entre as fendas é de 0,5 mm. Coloca-se um anteparo a uma distância de 2,5 m das fendas. A distância do primeiro máximo de interferência em relação ao máximo principal, em mm, é
- 7,5
  - 3,0
  - 1,5
  - 0,75
  - 0,3

23. A figura abaixo representa uma experiência para a determinação da velocidade do som no ar.



Um diapasão emite um som de frequência de 440 Hz, obtendo-se um reforço sonoro (ressonância) quando a altura da superfície da água à boca da proveta é 17,5 cm. Nesse caso, pode-se afirmar que a velocidade do som, é, em m/s,

- (A) 340
- (B) 338
- (C) 330
- (D) 320
- (E) 308

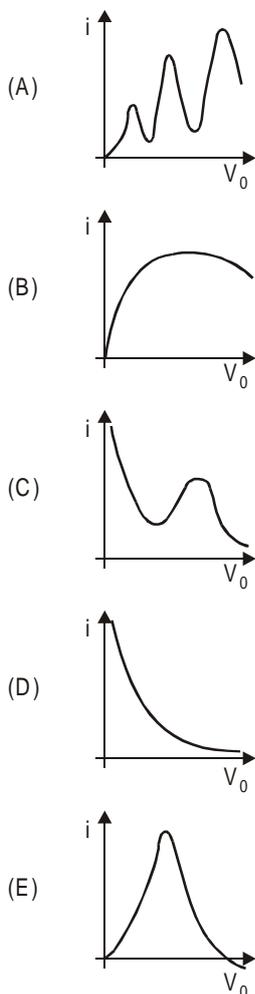
24. Uma onda é descrita pela função de onda  $\Psi(t, \vec{x}) = A \sin(\vec{k} \cdot \vec{x} - \omega t)$ , onde  $A$ ,  $\vec{k}$ ,  $\omega$  são constantes, sendo  $\vec{k} = (k_x, k_y, k_z)$  um vetor. Pode-se afirmar que a

- (A) onda se propaga com frequência  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ , comprimento de onda  $\lambda = \frac{2\pi}{|\vec{k}|}$  e velocidade da luz.
- (B) onda se propaga com frequência  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ , comprimento de onda  $\lambda = \frac{2\pi}{|\vec{k}|}$  e velocidade  $v = \frac{\omega}{|\vec{k}|}$ .
- (C) velocidade de propagação depende do coeficiente de elasticidade  $\mu$  do meio e vale  $v = \sqrt{\frac{A}{\mu}}$ .
- (D) onda é monocromática e estacionária e sua velocidade transversal é  $v = \frac{\omega}{|\vec{k}|}$ .
- (E) onda se propaga com comprimento de onda  $\lambda = \frac{2\pi}{|\vec{k}|}$  e frequência  $f = \frac{\omega}{2\pi}$ .

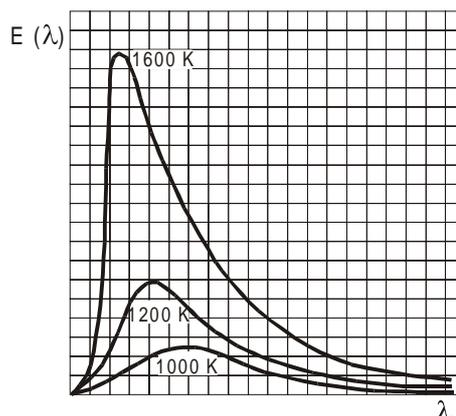
25. A mecânica quântica trouxe novas idéias sobre o mundo subatômico. Em particular, permitiu melhor compreensão do conceito de dualidade onda-partícula revelado

- (A) na relação de Einstein de momento-energia.
- (B) na equação de força eletromagnética.
- (C) na experiência de Wien do espectro de radiação.
- (D) na difração de elétrons por um cristal.
- (E) nos resultados experimentais do átomo de hélio.

26. As hipóteses de Niels Bohr sobre a quantização de energia nos átomos foram confirmadas pela primeira vez em 1914, numa experiência realizada por J. Franck e G. Hertz. Nessa experiência, numa válvula contendo vapor de mercúrio, elétrons ejetados pelo cátodo aquecido mantido a um potencial zero, eram atraídos pela grade positiva e conseguiram vencer o potencial negativo da placa. Assim, obtém-se uma curva característica da intensidade de corrente elétrica  $i$  em função do potencial  $V_0$  da grade, representada pelo gráfico



27. No gráfico abaixo estão representadas três curvas que mostram como varia a energia emitida por um corpo negro para cada comprimento de onda,  $E(\lambda)$ , em função do comprimento de onda  $\lambda$ , para três temperaturas absolutas diferentes: 1 000 K, 1 200 K e 1 600 K.



Com relação à energia total emitida pelo corpo negro e ao máximo de energia em função do comprimento de onda, pode-se afirmar que a energia total é

- (A) proporcional à quarta potência da temperatura e quanto maior a temperatura, menor o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.
- (B) proporcional ao quadrado da temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.
- (C) proporcional à temperatura e quanto maior a temperatura, menor o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.
- (D) inversamente proporcional à temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.
- (E) inversamente proporcional ao quadrado da temperatura e quanto maior a temperatura, maior o comprimento de onda para o qual o máximo de energia ocorre.

28. Um feixe de elétrons é acelerado até que cada elétron adquira energia cinética equivalente a  $\frac{2}{3}$  de sua energia de repouso  $E_0$ . Nesse instante, a quantidade de movimento e a velocidade de cada um desses elétrons são, respectivamente, iguais a

- (A)  $\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{E_0}{c}$  e  $\frac{2}{\sqrt{3}} c$
- (B)  $\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{E_0}{c}$  e  $0,67 c$
- (C)  $\frac{2}{3} \frac{E_0}{c}$  e  $0,67 c$
- (D)  $\frac{4}{3} \frac{E_0}{c}$  e  $0,75 c$
- (E)  $\frac{4}{3} \frac{E_0}{c}$  e  $0,80 c$

29. Num determinado instante, o ponteiro dos minutos de um relógio em repouso, num referencial inercial S', faz um ângulo de  $30^\circ$  com a direção do movimento desse referencial que se move em relação a outro referencial inercial S. A velocidade relativa entre S' e S, para que o ângulo do ponteiro em S seja  $60^\circ$ , em relação à mesma direção, deve ser igual a

(A)  $\frac{\sqrt{6}}{3} c$

(B)  $\frac{\sqrt{8}}{3} c$

(C)  $\frac{2}{3} c$

(D)  $\frac{1}{\sqrt{3}} c$

(E)  $\frac{1}{2} c$

30. Considere a reação de fissão nuclear do  $^{235}\text{U}$  quando induzida por neutrons, segundo a equação abaixo.



Dados:

Nuclídeo	Massas aproximadas de 1 mol do nuclídeo
$^{235}\text{U}$	235 g
n	1 g
$^{148}\text{La}$	147 g
$^{88}\text{Br}$	87 g

$$1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

$$c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

O valor de Q, para a reação de 1 mol de átomos de  $^{235}\text{U}$  será, em MeV, da ordem de

(A)  $10^{-29}$

(B)  $10^{-15}$

(C)  $10^{27}$

(D)  $10^{15}$

(E)  $10^{13}$

31. Uma partícula elementar deve ser interpretada como um

- (A) estado ligado de quarks.
- (B) campo eletricamente carregado.
- (C) objeto movendo-se com a velocidade da luz.
- (D) quantum de um campo relativístico.
- (E) potencial eletromagnético.

32. O princípio da incerteza

- (A) não permite qualquer conhecimento da posição de uma partícula já que sua velocidade é sempre menor que a da luz, mesmo na mecânica quântica.
- (B) traduz uma relação entre variáveis ditas conjugadas, de tal modo que maior definição no conhecimento do valor de uma variável implica, necessariamente, maior ignorância de sua conjugada, sendo  $x$  a variável,  $p$  sua conjugada, e  $\Delta x$ ,  $\Delta p$  as incertezas  $\Delta p \sim \hbar \cdot \Delta x$ .
- (C) traduz uma relação entre variáveis ditas conjugadas, de tal modo que maior definição no conhecimento do valor de uma variável implica, necessariamente, maior ignorância de sua conjugada, sendo  $x$  a variável,  $p$  sua conjugada, e  $\Delta x$ ,  $\Delta p$  as incertezas  $\Delta p \sim \frac{\hbar}{\Delta x}$ .
- (D) traduz uma indefinição entre variáveis, de tal modo que uma maior definição no conhecimento do valor de uma implica, necessariamente, uma maior ignorância de outra, como por exemplo entre o momento  $\vec{p}$  e a energia  $E$ .
- (E) não permite qualquer conhecimento do balanço detalhado das partículas elementares, já que momento e energia são incertos, e portanto nunca fazem parte de um conjunto de observáveis.

33. Dois núcleos de deutério, de massa  $m_d = 1\,876 \frac{\text{MeV}}{c^2}$  se chocam frontalmente, tendo cada um uma quantidade de

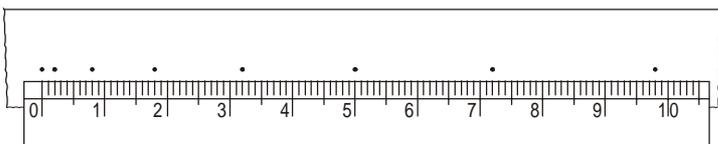
movimento dada por  $p_d = 61 \frac{\text{MeV}}{c}$  formando um núcleo de hélio de massa  $m_{\text{He}} = 3\,728 \frac{\text{MeV}}{c^2}$ . Pode-se dizer que esse núcleo de hélio

- (A) fica em repouso, liberando uma energia de, aproximadamente, 26MeV.
- (B) é emitido com o dobro do momento linear de cada partícula de deutério.
- (C) é emitido com a mesma velocidade das partículas de deutério.
- (D) fica em repouso, liberando uma energia de, aproximadamente, 61MeV.
- (E) é emitido com o mesmo momento angular de cada partícula, liberando a energia de 24MeV.

34. A teoria quântica dá uma reinterpretação completa da visão do mundo, que advém de

- (A) ela ser descrita por uma equação diferencial ordinária, como a equação de Newton.
- (B) ela ser definida fazendo-se uma analogia formal com a mecânica clássica, mas reinterpretando a função de onda como amplitude de probabilidade.
- (C) que, para obtê-la, deve-se considerar a expressão relativística da energia e do momento, substituindo as relações de incerteza.
- (D) se poder fornecer os valores incertos da energia, enquanto que os valores exatos correspondentes aos estados não podem ser conhecidos, por causa do princípio da incerteza.
- (E) se poder fornecer a energia do sistema exatamente, e não os valores do momento, momento angular ou posição que dependem do princípio da incerteza.

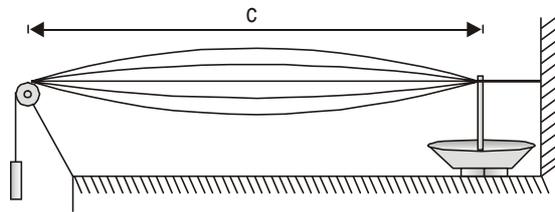
35. Numa prática experimental com objetivo de estudar um movimento retilíneo, utiliza-se um trilho de ar, dispositivo que torna o atrito desprezível. Um carro desliza sobre o trilho, puxado por um fio que passa por uma roldana muito leve, preso a uma carga que cai verticalmente. Para registrar as posições e os tempos, prende-se ao carro uma fita de papel que passa por um marcador de tempo, dispositivo que faz marcas na fita a intervalos de tempo regulares. A figura que segue representa um pedaço de fita obtido num ensaio experimental com esse equipamento, junto a uma régua graduada em centímetros, com divisões em milímetros.



Sabendo que o marcador de tempo estava regulado para efetuar 10 marcações por segundo, a aceleração média do carro em  $\text{cm/s}^2$ , era de,

- (A) 980
- (B) 640
- (C) 200
- (D) 80
- (E) 40

36. Uma maneira de obter-se, experimentalmente, ondas estacionárias numa corda é fazê-la vibrar presa, de um lado, a um alto-falante que emite som de determinada frequência  $e$ , do outro, a um peso que passa por uma roldana como representa a figura.



Dependendo da frequência emitida pelo alto-falante, do peso e de outras variáveis, poderão aparecer ondas estacionárias na corda. A relação entre o peso e o número de ventres formados pela corda e a frequência de vibração do alto-falante é

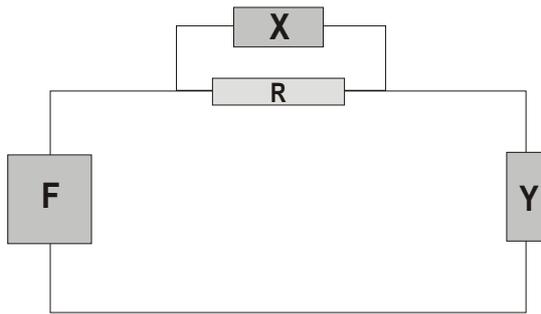
$$f = \frac{n}{2c} \sqrt{\frac{P}{\mu}}, \quad \text{onde: } f = \text{frequência de vibração do alto-falante}$$

$n = \text{número de ventres formados}$   
 $P = \text{valor do peso pendurado}$   
 $\mu = \text{densidade linear da corda}$   
 $c = \text{comprimento da corda}$

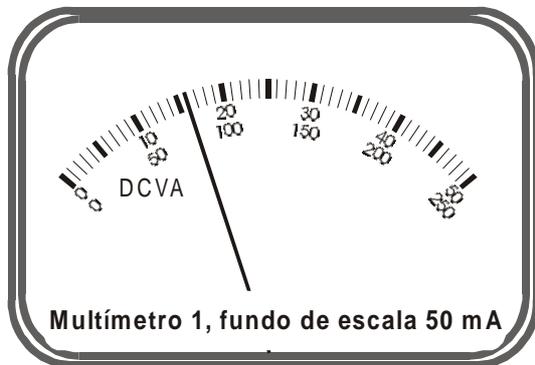
Durante um experimento, com um peso de 100 N foi obtida uma onda estacionária com um ventre. O peso necessário para obter-se dois ventres na mesma corda e sob as mesmas condições é, em N,

- (A) 400
- (B) 200
- (C) 50
- (D) 25
- (E) 20

37. Para determinar-se o valor do resistor R representado no circuito abaixo, foram utilizados dois multímetros, X e Y, e uma fonte F.



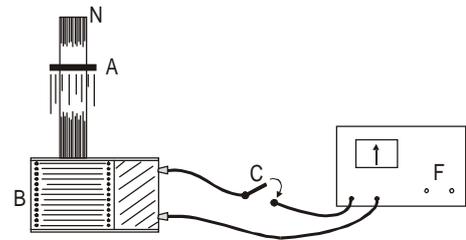
Os visores dos dois multímetros, bem como os fundos de escala de cada um deles, estão representados abaixo.



Os multímetros utilizados e o valor do resistor são:

	Multímetro X	Multímetro Y	Valor do resistor (ohms)
A	1	2	300
B	2	1	300
C	1	2	333
D	2	1	333
E	1	2	80

38. Para uma demonstração experimental, considere a montagem esquematizada abaixo.



Quando a chave C, que liga os terminais da bobina à fonte F, é fechada, o anel A colocado no núcleo N, apoiado sobre a bobina B, salta verticalmente. Mantendo-se a chave ligada, o anel pode permanecer em equilíbrio, levitando a certa altura da bobina. Para que essa demonstração funcione, a fonte de tensão e os materiais utilizados adequados devem ser:

	Fonte de tensão	Anel de	Núcleo de lâminas de
A	contínua	aço	alumínio
B	alternada	aço	aço
C	contínua	alumínio	aço
D	alternada	alumínio	aço
E	contínua	alumínio	alumínio

39. Quando se realiza a experiência de Millikan para determinação da carga elétrica elementar,  $e$ , observa-se através de uma luneta uma gotícula de óleo carregada eletricamente. Essa gotícula, fortemente iluminada, pode movimentar-se verticalmente entre as placas de um capacitor. Para obtenção do valor de  $e$  as variáveis a serem medidas são:

- (A) a diferença de potencial e a intensidade do campo elétrico entre as placas.
- (B) a intensidade luminosa e a diferença de potencial entre as placas.
- (C) a diferença de potencial entre as placas e a viscosidade da gotícula.
- (D) a intensidade luminosa e o tempo gasto pela gotícula para percorrer determinada distância.
- (E) a diferença de potencial entre as placas e o tempo gasto pela gotícula para percorrer determinada distância.

40. Uma conhecida atividade experimental da física moderna pode ser realizada com dois equipamentos. O mais antigo é um tubo de raios catódicos dentro do qual um feixe de elétrons passa entre as placas de um capacitor e produz na tela um ponto luminoso. A posição desse ponto luminoso pode se deslocar verticalmente, quando se varia a tensão no capacitor. O mais moderno, é um tubo contendo hélio onde um feixe de elétrons, imerso no campo magnético uniforme gerado por duas bobinas de Helmholtz, forma filete luminoso circular. O objetivo dessa atividade experimental é

- (A) determinar a razão  $e/m$  do elétron.
- (B) determinar a constante de Planck.
- (C) medir a carga elétrica elementar.
- (D) determinar a constante eletrostática do vácuo.
- (E) estudar a ressonância do spin do elétron.

---

## QUESTÕES DISCURSIVAS – LICENCIATURA

1. No dia 6 de maio de 1850 a Academia de Ciências da França comunicou solenemente ao mundo que experimentos realizados pelos físicos franceses Fizeau e Foucault comprovavam que a velocidade da luz na água é menor do que no ar. Esse resultado era aguardado ansiosamente porque decidia, de forma praticamente definitiva, uma polêmica secular entre dois modelos propostos pelos físicos para a natureza da luz.
- a) Que modelos eram esses? **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Qual modelo previa que a velocidade da luz, ao passar do ar para a água, deveria aumentar? Explique por quê. **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) Qual modelo previa que a velocidade da luz, ao passar do ar para a água, deveria diminuir? Explique por quê. **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) Descreva uma experiência (procedimento, material utilizado e forma de abordagem), que possa ser realizada em sala aula, para o estudo da refração da luz na passagem do ar para a água. **(Valor: 1,0 ponto)**
- 
2. Certos fenômenos são difíceis de serem ensinados aos alunos do ensino médio, por causa das concepções prévias que eles já têm. Um exemplo é o fenômeno da dilatação de uma placa com um furo, quando aquecida.
- a) Nesse caso, qual é o erro conceitual mais comum que os alunos apresentam ao descrever a variação das dimensões do furo, devida ao aquecimento? **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Fundamentando-se nos rudimentos do modelo mecânico do calor, isto é, modelo de vibração das partículas, qual a explicação correta para esse fenômeno? **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) Para auxiliar na explicação desse fenômeno proponha para alunos do ensino médio:
- I. Uma atividade experimental, que possa ser realizada em sala de aula. **(Valor: 1,0 ponto)**
- II. Uma analogia adequada que possa ser apresentada em sala de aula. **(Valor: 1,0 ponto)**
- 
3. Muitos dos livros didáticos de Física para o ensino médio referem-se ao atrito como uma força que sempre se opõe ao movimento de um corpo.
- a) Explique essa abordagem do ponto de vista da mecânica newtoniana. **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Uma pessoa poderia andar se não existisse o atrito? Explique. **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) Enuncie um problema que contrarie o sentido da força de atrito, na abordagem dos livros didáticos acima citados. **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) Resolva o problema que você enunciou, como se estivesse em sala de aula. **(Valor: 1,0 ponto)**
- 
4. Um estudante diz ao seu professor: "Na semana passada li em uma revista de divulgação científica que o Sol tem massa cerca de 300.000 vezes maior que a massa da Terra e que a distância do Sol até a Lua em média é cerca de 400 vezes maior do que a distância da Lua até a Terra. Então fiquei pensando: quem ganharia a briga, ou seja, quem exerce mais força sobre a Lua: o Sol ou a Terra? Fiz umas contas e concluí que o Sol ganharia. Ai não entendi mais nada: por que o Sol não "arranca" a Lua da Terra?"
- a) Que princípio ou lei física possibilitou ao aluno essa conclusão? **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Refaça os cálculos do aluno para comprovar a correção dessa conclusão. **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) Considerar a Lua como um "objeto de disputa" entre a Terra e Sol é correto? Explique. **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) Considerar a Terra e a Lua como um só sistema, ajuda a responder a pergunta do aluno? Explique. **(Valor: 1,0 ponto)**
- 
5. Dispõe-se de uma bússola, um ímã em forma de barra sem marcação de polaridade, uma pilha e um pedaço de fio condutor flexível. Explique com o auxílio de esquemas gráficos como se poderia, em sala de aula, utilizar esse material para:
- a) determinar a polaridade do ímã. **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) representar graficamente o vetor campo magnético,  $\vec{B}$ , gerado por esse ímã em três pontos diferentes, próximos ao ímã. **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) reproduzir a experiência de Oersted. **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) mostrar a configuração das linhas do campo magnético gerado por um condutor retilíneo vertical em planos horizontais, próximos do condutor. **(Valor: 1,0 ponto)**
-

**QUESTÕES DISCURSIVAS – BACHARELADO**

6. Uma partícula de massa  $m$  move-se em torno de outra de massa  $M$ , fixa na origem de um sistema de coordenadas. Supõe-se que o potencial de interação, seja da forma  $V(r) = -\frac{GMm}{r}$ , com  $M \gg m$ .

Dados:

Em coordenadas esféricas:

$$\vec{X} = r \hat{r}$$

$$\vec{V} = \dot{r} \hat{r} + r \dot{\theta} \hat{\theta} + r \sin \theta \dot{\phi} \hat{\phi}$$

- a) Calcule a força que atua sobre essa partícula. **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Escreva a Lagrangiana  $L$  da partícula em coordenadas esféricas  $(r, \theta, \phi)$ , onde  $\theta$  é o ângulo entre o vetor posição  $\vec{r}$  e o eixo polar  $z$ . **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) Determine a quantidade conservada associada à coordenada cíclica nessa Lagrangiana. Qual a lei de conservação associada à simetria do problema, que nos permite fixar um dos ângulos, restringindo o movimento da partícula ao plano? **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) Após eliminar a variável cíclica, escreva a equação de conservação da energia. Represente os movimentos possíveis em um gráfico de energia. **(Valor: 1,0 ponto)**

7. Considere as equações de Maxwell para uma dada densidade de carga  $\rho$  e de corrente  $\vec{J}$  no vácuo, no SI (Sistema Internacional).

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \wedge \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \wedge \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J}$$

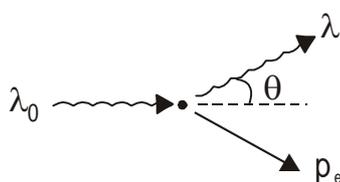
Dado:

$$\nabla \wedge \nabla \wedge \vec{F} = \nabla(\nabla \cdot \vec{F}) - \nabla^2 \vec{F}$$

onde  $\vec{F}$  é um campo vetorial qualquer.

- a) Indique a lei de Gauss, e a equação que prevê a inexistência de monopolos magnéticos, escrevendo-as na forma integral. **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Escrevendo a Lei de Faraday, na forma integral, calcule a força eletromotriz induzida num dado circuito genérico. **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) Demonstre que o termo  $\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ , descoberto por Maxwell, é necessário para que a carga se conserve. **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) Deduza uma equação de onda para  $\vec{E}$ , na ausência de fontes e demonstre que  $c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}}$  é a velocidade de propagação da mesma. **(Valor: 1,0 ponto)**

8. Considere um elétron em repouso, no referencial do laboratório (massa  $m$ , carga  $e$ ). Um fóton de comprimento de onda  $\lambda_0$  incide sobre o mesmo, e é espalhado.



Dados:

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

- a) Segundo a física clássica, o que acontece com o comprimento de onda do fóton espalhado? **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Considere o espalhamento quântico, onde o fóton sai com comprimento de onda  $\lambda'$  a um ângulo  $\theta$ . Escreva as leis de conservação de momento e de energia. **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) Qual seria o comprimento de onda  $\lambda_c$  da radiação cuja energia equivallesse à energia de repouso do elétron, de massa  $m_e \cong 0,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$ ? **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) Entre as variáveis momento, energia, posição e instante de espalhamento escreva quais são os observáveis físicos. **(Valor: 1,0 ponto)**

9. Uma partícula de massa  $m$  está confinada em uma região tridimensional de largura  $L$ , isto é,  $0 \leq x \leq L$ ,  $0 \leq y \leq L$ ,  $0 \leq z \leq L$ , por um potencial que tem valor infinito além da região estabelecida.

Dados:

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$$

- a) Escreva a equação de Schrödinger. **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Verifique que a função de onda da partícula é  $\varphi(x, y, z) = A \sin \frac{n\pi x}{L}$ ,  $\sin \frac{p\pi y}{L}$ ,  $\sin \frac{q\pi z}{L}$ , onde  $n, p, q$  são inteiros. **(Valor: 1,0 ponto)**
- c) Calcule a energia do estado fundamental. Em um núcleo de largura  $L \cong 10^{-15} \text{ m}$  tem-se um próton de massa  $m_p = 10^3 \frac{\text{MeV}}{c^2}$ . Utilizando esses valores, estime essa energia. **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) Nas mesmas condições, estime a energia através do princípio da incerteza, comparando os resultados. **(Valor: 1,0 ponto)**

10. Uma molécula diatômica de um gás ideal pode ser descrita classicamente como um rotor rígido, constituído por duas partículas fixas às extremidades de uma haste fina, de massa desprezível.

Dados:

$$Z_\ell = \frac{1}{h^\ell} \int e^{-\beta H(p,q)} dq_1 \dots dq_\ell dp_1 \dots dp_\ell,$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} dx e^{-\sigma x^2} = \sqrt{\frac{\pi}{\sigma}}$$

$$U = - \left( \frac{\partial \ln Z}{\partial \beta} \right)_V$$

- a) Quantos graus de liberdade  $\ell$  possui um sistema de  $N$  moléculas diatômicas? **(Valor: 1,0 ponto)**
- b) Admitindo que o Hamiltoniano de uma molécula seja uma função quadrática dos momentos generalizados,

$$H = a(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) + b(p_\xi^2 + p_\tau^2),$$

escreva a função de partição  $Z_\ell$  para uma única molécula. **(Valor: 1,0 ponto)**

- c) Determine a energia interna  $U$  para um gás ideal diatômico de  $N$  moléculas, a partir da função de partição  $Z = \frac{Z_\ell^N}{N!}$  do sistema. **(Valor: 1,0 ponto)**
- d) Calcule o calor específico  $c_v$  desse gás a volume constante. Esse resultado está de acordo com o comportamento esperado a baixas temperaturas? Represente estes resultados em um gráfico  $c_v$  contra a temperatura absoluta  $T$ . **(Valor: 1,0 ponto)**

---

**R  
A  
S  
C  
U  
N  
H  
O**

---

**R  
A  
S  
C  
U  
N  
H  
O**

---

**R  
A  
S  
C  
U  
N  
H  
O**

---

**R  
A  
S  
C  
U  
N  
H  
O**

---

**R  
A  
S  
C  
U  
N  
H  
O**

### IMPRESSÕES SOBRE A PROVA

As questões abaixo visam a levantar sua opinião sobre a qualidade e a adequação da prova que você acabou de realizar e também sobre o seu desempenho na prova. Assinale as alternativas correspondentes à sua opinião e à razão que explica o seu desempenho nos espaços próprios (parte inferior) da Folha de Respostas. Agradecemos sua colaboração.

41. Qual o ano de conclusão deste seu curso de graduação?

- (A) 2000.
- (B) 1999.
- (C) 1998.
- (D) 1997.
- (E) Outro.

42. Qual o grau de dificuldade desta prova?

- (A) Muito fácil.
- (B) Fácil.
- (C) Médio.
- (D) Difícil.
- (E) Muito Difícil.

43. Quanto à extensão, como você considera a prova?

- (A) Muito longa.
- (B) Longa.
- (C) Adequada.
- (D) Curta.
- (E) Muito curta.

44. Para você, como foi o tempo destinado à resolução da prova?

- (A) Excessivo.
- (B) Pouco mais que suficiente.
- (C) Suficiente.
- (D) Quase suficiente.
- (E) Insuficiente.

45. As questões da prova apresentam enunciados claros e objetivos?

- (A) Sim, todas apresentam.
- (B) Sim, a maioria apresenta.
- (C) Sim, mas apenas cerca de metade apresenta.
- (D) Não, poucas apresentam.
- (E) Não, nenhuma apresenta.

46. Como você considera as informações fornecidas em cada questão para a sua resolução?

- (A) Sempre excessivas.
- (B) Sempre suficientes.
- (C) Suficientes na maioria das vezes.
- (D) Suficientes somente em alguns casos.
- (E) Sempre insuficientes.

47. Como você avalia a adequação da prova aos conteúdos definidos para o Provão/2000, desse curso?

- (A) Totalmente adequada.
- (B) Medianamente adequada.
- (C) Pouco adequada.
- (D) Totalmente inadequada.
- (E) Desconheço os conteúdos definidos para o Provão/2000.

48. Como você avalia a adequação da prova para verificar as habilidades que deveriam ter sido desenvolvidas durante o curso, conforme definido para o Provão/2000?

- (A) Plenamente adequada.
- (B) Medianamente adequada.
- (C) Pouco adequada.
- (D) Totalmente inadequada.
- (E) Desconheço as habilidades definidas para o Provão/2000.

49. Com que tipo de problema você se deparou *mais freqüentemente* ao responder a esta prova?

- (A) Desconhecimento do conteúdo.
- (B) Forma de abordagem do conteúdo diferente daquela a que estou habituado.
- (C) Falta de motivação para fazer a prova.
- (D) Espaço insuficiente para responder às questões.
- (E) Não tive qualquer tipo de dificuldade para responder à prova.

### Como você explicaria o seu desempenho em cada questão discursiva da prova?

Números referentes a FOLHA DE RESPOSTAS	Licenciatura					Bacharelado				
	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Números das questões da prova.	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
O conteúdo ...										
(A) não foi ensinado; nunca o estudei.										
(B) não foi ensinado; mas o estudei por conta própria.										
(C) foi ensinado de forma inadequada ou superficial.										
(D) foi ensinado há muito tempo e não me lembro mais.										
(E) foi ensinado com profundidade adequada e suficiente.										