



Instruções

1- Você está recebendo o seguinte material:

a) este caderno com o enunciado das questões **objetivas**, das questões **discursivas**, e das questões relativas às suas **impressões sobre a prova**, assim distribuídas:

Partes	Questões	Páginas	Peso de cada parte
Questões objetivas	1 a 40	2 a 23	70%
Questões discursivas esp. LICENCIATURA	1 a 5*	24 e 25	30%
Questões discursivas esp. BACHARELADO	6 a 10*	26 a 28	30%
Rascunho das questões discursivas		29 a 33	---
Impressões sobre a prova	41 a 51	34	---

* Dentre as 5 questões propostas para licenciatura **OU** para bacharelado responda somente 4. Caso sejam respondidas 5 questões, a quinta resposta não será corrigida.

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

2- 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.

3- Após a conferência do seu nome na Folha de Respostas, você deverá assiná-lo no espaço próprio, utilizando caneta esferográfica de tinta preta, e imediatamente após deverá assinalar, também no espaço próprio, o número correspondente à sua prova

①, ②, ③ ou ④.

Deixar de assinalar o gabarito implica anulação da parte objetiva da prova.

4- Na Folha de Respostas, a marcação das letras correspondentes às respostas assinaladas por você para as questões objetivas (apenas uma resposta por questão), deve ser feita preenchendo todo o alvéolo a lápis preto nº 2 ou a caneta esferográfica de tinta preta, com um traço contínuo e denso.

Exemplo:



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

6- Esta prova é individual, sendo vedadas qualquer comunicação e troca de material entre os presentes, consultas a material bibliográfico, cadernos ou anotações de qualquer espécie, ou utilização de calculadora.

7- Você pode levar este Caderno de Questões.

8- 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 ao questionário-pesquisa e as eventuais correções dos seus dados cadastrais. Se não tiver trazido as respostas ao questionário-pesquisa, você poderá enviá-las diretamente à DAES/INEP (Esplanada dos Ministérios, Bloco L - Anexo II - Brasília, DF - CEP 70047-900).

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

OBRIGADO PELA PARTICIPAÇÃO!

1ª PARTE

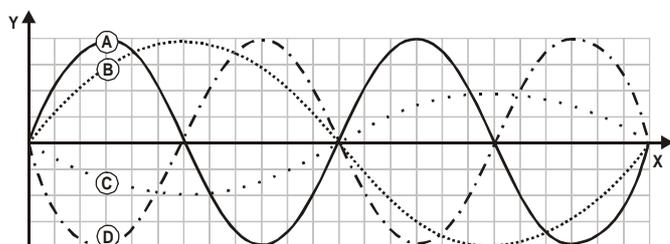
1. "A fotografia, para mim, é um meio que leva a um fim, mas foi transformada na coisa mais importante. Aos poucos fui me acostumando ao turbilhão, mas isso levou tempo. Há exatamente quatro semanas que não consigo fazer uma experiência!"

(E. SEGRÈ)

Assim o físico alemão Wilhelm C. Röntgen (1845 – 1923) queixa-se em carta a um amigo, da grande repercussão na imprensa da sua descoberta, que revolucionou a medicina e lhe deu o primeiro Prêmio Nobel de Física, em 1902. Trata-se da descoberta dos raios

- (A) beta, radiação eletromagnética de baixa frequência.
- (B) X, feixes de elétrons, também conhecidos como raios catódicos.
- (C) X, radiação eletromagnética de alta frequência.
- (D) gama, feixes de prótons emitidos por substâncias radiativas.
- (E) gama, feixes de nêutrons, emitidos por substâncias radiativas.

2. O gráfico abaixo representa oscilações diferentes numa corda.



Pode-se afirmar que a oscilação

- (A) **B** e **C** têm a mesma frequência e a mesma amplitude.
- (B) **A** tem a metade da frequência de **C** e o dobro da sua amplitude.
- (C) **B** tem a mesma frequência de **D** e a metade de sua amplitude.
- (D) **C** tem a metade da amplitude de **D** e o dobro de sua frequência.
- (E) **A** tem o dobro da frequência de **B** e a mesma amplitude.

3. Leia o trecho abaixo.

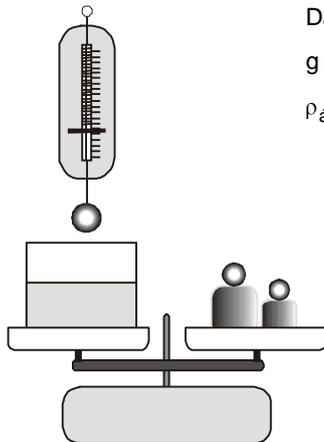
"Como é sabido, a eletrodinâmica de Maxwell (...) conduz (...) a assimetrias que não parecem ser inerentes aos fenômenos. Consideremos, por exemplo, as ações eletrodinâmicas entre um ímã e um condutor (...) se for móvel o ímã e estiver em repouso o condutor, estabelecer-se-á em volta do ímã, um campo elétrico (...) que dará origem a uma corrente elétrica nas regiões onde estiverem colocadas porções do condutor. Mas se é o ímã que está em repouso e o condutor que está em movimento, então, embora não se estabeleça em volta do ímã nenhum campo elétrico, há no entanto uma força eletromotriz (...) que dá lugar a correntes elétricas de grandeza e comportamento iguais às que tinham no primeiro caso (...)."

(H.A. Lorentz et alii)

Essa discussão sobre as assimetrias relaciona-se diretamente à formulação do Princípio da

- (A) Indução, de Faraday.
- (B) Relatividade, por A. Einstein.
- (C) Incerteza, por Heisenberg.
- (D) Exclusão, de Pauli.
- (E) Mínima ação, de Lagrange.

4. Uma esfera de alumínio de 100 cm^3 e densidade $2,7 \text{ g/cm}^3$ está pendurada num dinamômetro calibrado em newtons. Logo abaixo, um recipiente contendo água está equilibrado numa balança por uma certa quantidade de massas-padrão. Baixa-se o dinamômetro até que a esfera seja totalmente imersa na água.



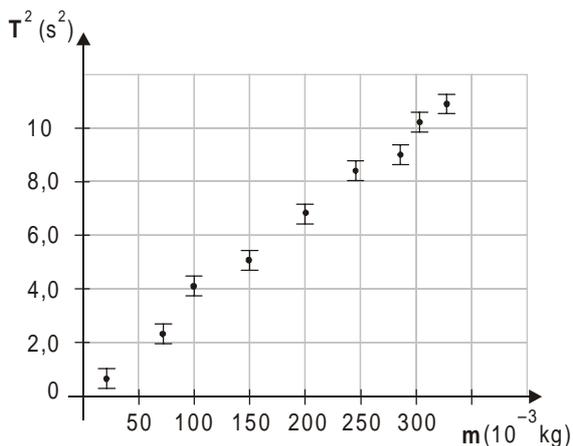
Dados:

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_{\text{água}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$$

O valor marcado no dinamômetro, em newtons, e a massa, em gramas, colocada no prato à direita para que a balança continue em equilíbrio são, respectivamente,

- (A) 1,0 e 170
 (B) 1,7 e zero
 (C) 1,7 e 100
 (D) 2,7 e zero
 (E) 2,7 e 100
5. Para o estudo experimental do oscilador harmônico simples, utilizou-se uma mola de constante elástica k , a qual se penduraram corpos de massas previamente aferidas. Para cada massa m colocada, o sistema foi posto a oscilar livremente. Mediu-se o período T de oscilação e construiu-se o gráfico $T^2 \text{ (s}^2\text{)} \times m \text{ (}10^{-3}\text{ kg)}$ representado a seguir.



Sabendo que a expressão para o período de oscilação do oscilador massa-mola é $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, pode-se afirmar que a constante elástica da mola utilizada vale, em N/m, aproximadamente,

- (A) $0,040 \pi^2$
 (B) $0,080 \pi^2$
 (C) $0,12 \pi^2$
 (D) $0,16 \pi^2$
 (E) $0,20 \pi^2$

6. A dualidade onda-partícula para a luz permite afirmar que a
- (A) luz é a soma de uma partícula e uma onda.
 - (B) interpretação ondulatória se aplica a alguns fenômenos, enquanto a interpretação corpuscular a outros.
 - (C) interpretação ondulatória é incompatível com a interpretação corpuscular.
 - (D) luz é composta de partículas superpostas em ondas.
 - (E) luz é uma partícula que se propaga ao longo de uma onda.

7. As raias do espectro de hidrogênio podem ser obtidas pela relação:

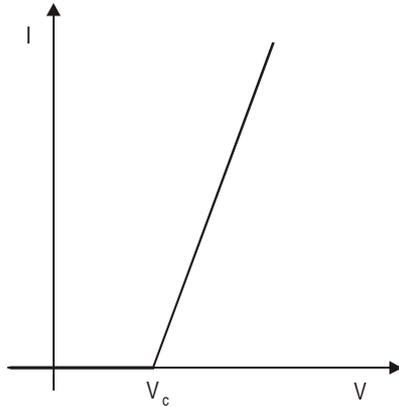
$$f_{n_1, n_2} = R \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

onde f_{n_1, n_2} representa a frequência da transição do elétron de uma órbita n_1 para uma órbita n_2 e R é a constante de Rydberg. Por outro lado, a frequência da luz visível pode ser expressa em termos de R e situa-se na faixa entre $0,13 R$ e $0,23 R$. Considere a transição de uma órbita $n_1 = n$ para uma outra órbita adjacente $n_2 = n - 1$. Para que a radiação emitida nessa transição seja visível, o valor de n deve ser

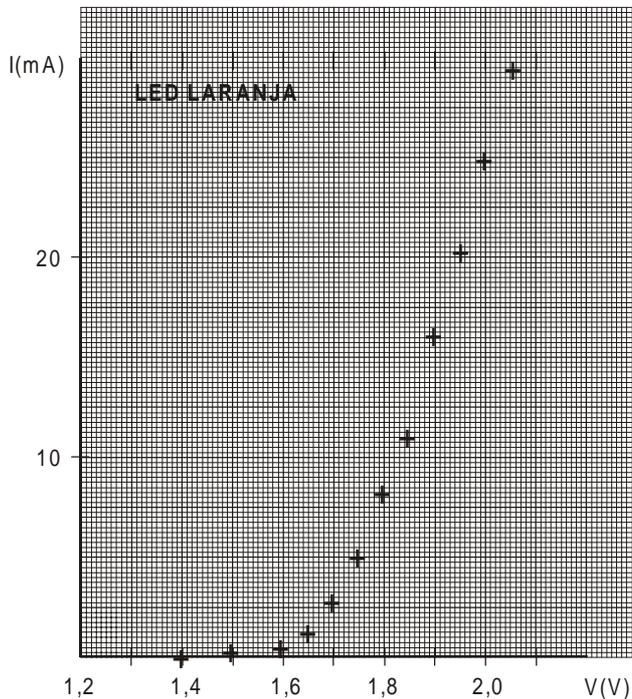
- (A) 6
 - (B) 5
 - (C) 4
 - (D) 3
 - (E) 2
8. O efeito fotoelétrico contrariou as previsões teóricas da física clássica porque mostrou que a energia cinética máxima dos elétrons, emitidos por uma placa metálica iluminada, depende
- (A) exclusivamente da amplitude da radiação incidente.
 - (B) da frequência e não do comprimento de onda da radiação incidente.
 - (C) da amplitude e não do comprimento de onda da radiação incidente.
 - (D) do comprimento de onda e não da frequência da radiação incidente.
 - (E) da frequência e não da amplitude da radiação incidente.

9. Uma experiência que permite determinar aproximadamente o valor da constante de Planck utiliza a curva característica de leds (diodos emissores de luz).

O gráfico abaixo representa a curva corrente x tensão para um diodo ideal. O diodo só começa a conduzir quando a tensão aplicada é suficiente para que os elétrons ganhem energia para passar da banda de valência para a de condução. Ou seja, a tensão de corte V_c é dada aproximadamente por $V_c = E_g/e$, onde e é a carga do elétron e E_g é a separação de energia entre a banda de condução e a banda de valência do semiconductor. Acima de V_c , a corrente cresce linearmente com a tensão aplicada, de acordo com a condutividade do material.



Por outro lado, leds emitem luz quando os elétrons decaem da banda de condução para a de valência. No gráfico que segue é mostrada a curva corrente x tensão obtida experimentalmente para o led laranja, cujo pico de emissão ocorre para $\lambda = 6,07 \times 10^{-7} \text{m}$.



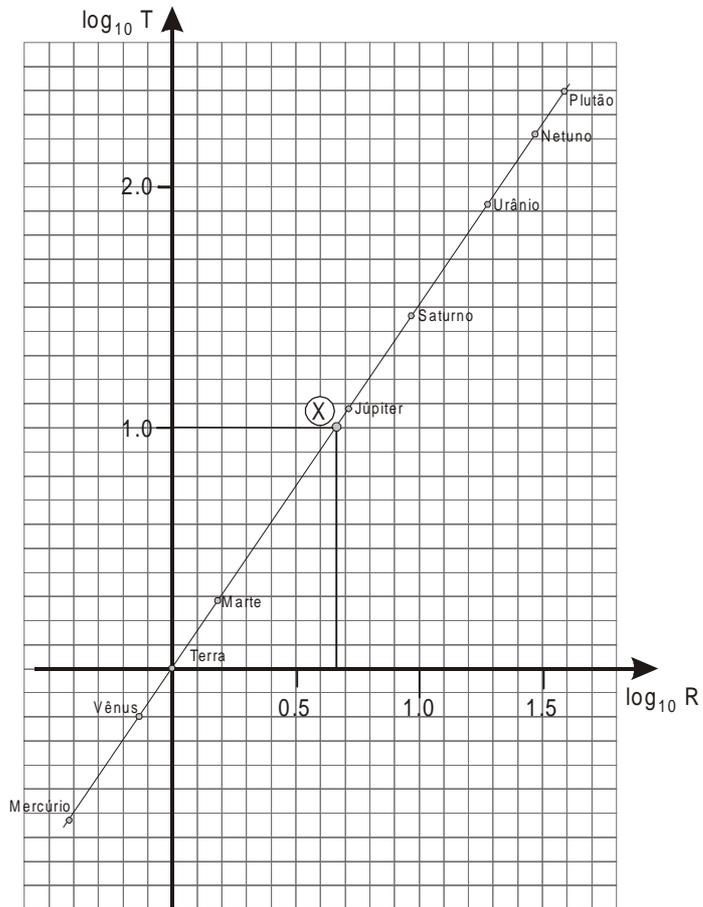
Dessa curva obtém-se que a melhor estimativa para a constante de Planck h é

- (A) $7,6 \times 10^{-34} \text{J}$
- (B) $5,6 \times 10^{-34} \text{J}$
- (C) $1,0 \times 10^{-34} \text{J}$
- (D) $6,5 \times 10^{-34} \text{eV}$
- (E) $5,6 \times 10^{-34} \text{eV}$

Dados:
 $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$
 $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

10. O período T de revolução de um planeta em órbita no sistema solar é proporcional a R^α , onde R é o semi-eixo maior da órbita. A constante α pode ser obtida do gráfico que mostra $\log_{10} T$ em função de $\log_{10} R$.

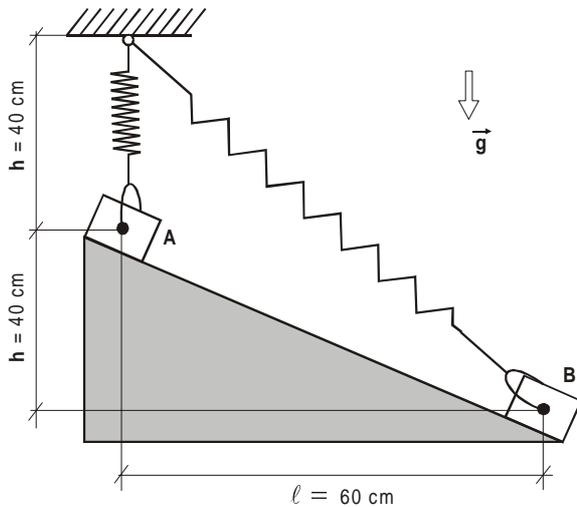
Um asteroide hipotético X está também assinalado no gráfico.



Pode-se afirmar que a relação entre o semi-eixo maior de X e o da Terra vale

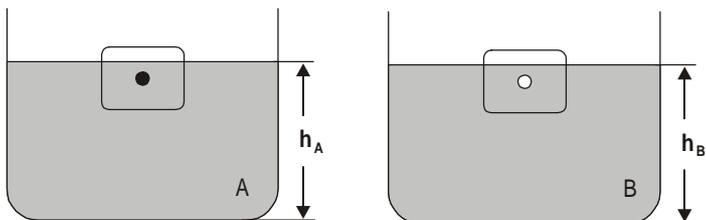
- (A) $10^{0,66}$
- (B) $10^{0,53}$
- (C) $10^{0,50}$
- (D) $10^{0,34}$
- (E) $10^{0,33}$

11. A figura representa um bloco de massa $m = 1,0 \text{ kg}$ apoiado sobre um plano inclinado no ponto **A**. A mola tem constante elástica $K = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ e está vinculada ao bloco. O bloco é solto da altura $h = 40 \text{ cm}$, com a mola na vertical, sem deformação.



Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$, pode-se afirmar que ao passar pelo ponto **B** a sua velocidade, em m/s , é

- (A) $\sqrt{7,3}$
 (B) $\sqrt{5,2}$
 (C) $\sqrt{4,4}$
 (D) $4\sqrt{2,0}$
 (E) $3\sqrt{5,0}$
12. Na figura estão representados dois recipientes, **A** e **B**, contendo água onde flutuam dois blocos de gelo.

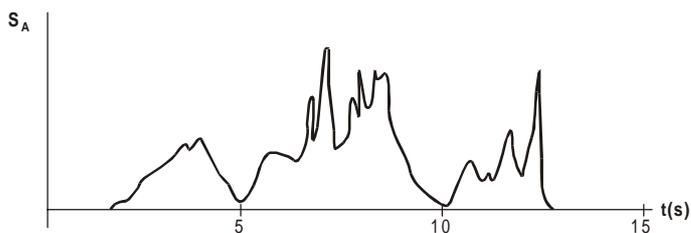
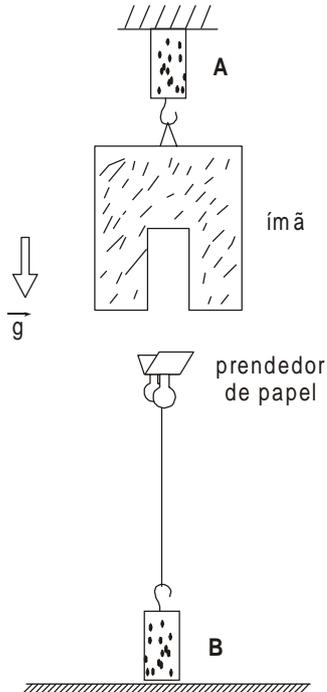


No bloco de gelo, que flutua em **A**, está incrustada uma pequena bola de chumbo e no bloco de gelo, que flutua em **B**, está aprisionada uma pequena bolha de ar, ambas com o mesmo volume. O nível da água em relação à base dos recipientes é h_A em **A** e h_B em **B**.

Depois de algum tempo, o gelo derrete completamente em ambos os recipientes e o nível da água em **A** passa a ser h_A' e em **B** passa a ser h_B' . Desprezando a evaporação da água e o empuxo do ar, pode-se afirmar que

- (A) $h_A' = h_A$ e $h_B' = h_B$
 (B) $h_A' > h_A$ e $h_B' > h_B$
 (C) $h_A' < h_A$ e $h_B' > h_B$
 (D) $h_A' < h_A$ e $h_B' = h_B$
 (E) $h_A' > h_A$ e $h_B' < h_B$

13. Em um experimento para medir a força magnética, um ímã é suspenso em um dinamômetro de precisão, indicado por **A** na figura. Um pequeno prendedor metálico de papel é preso, por um fio, a um segundo dinamômetro, indicado por **B**. Inicialmente, o ímã e o prendedor de papéis são suficientemente afastados, para que a força de atração magnética possa ser desprezada, e as leituras dos dois dinamômetros são ajustadas para zero. Então o prendedor é colocado logo abaixo do ímã, sem o tocar, onde permanece flutuando em equilíbrio. Nessa situação, as forças medidas pelos dois dinamômetros são registradas durante um certo intervalo de tempo. O gráfico mostra o sinal S_A , medido pelo dinamômetro **A**, durante um intervalo de tempo de 15 s. As flutuações ocorrem devido a oscilações inevitáveis no ímã.

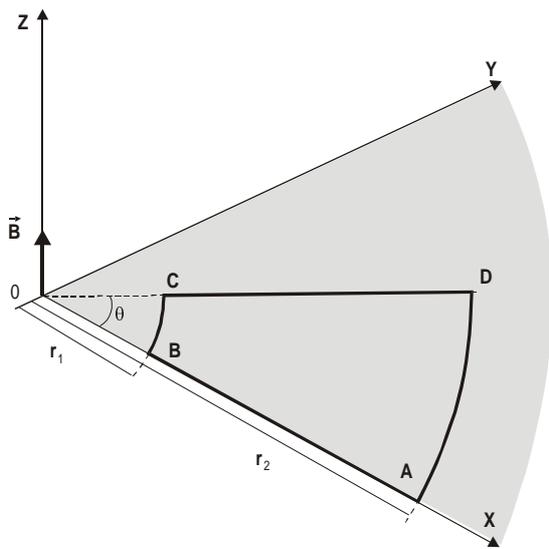


A força registrada pelo dinamômetro **B** será

- (A) variável no tempo e exatamente igual, em módulo, à medida por **A**.
- (B) sempre constante, igual ao peso do prendedor de papéis.
- (C) igual a medida pelo dinamômetro **A** menos o peso do prendedor.
- (D) igual a medida pelo dinamômetro **A** menos o peso do ímã e mais o peso do prendedor.
- (E) nula, porque o zero do dinamômetro foi previamente ajustado, longe do ímã, e o efeito da força magnética é simplesmente compensar o peso do prendedor.

14. A espira esquematizada na figura abaixo encontra-se no plano xOy e são conhecidos: $r_1 = 0,2 \text{ m}$; $r_2 = 0,5 \text{ m}$ e

$$\theta = \frac{\pi}{3}.$$



Ao ser percorrida por uma corrente elétrica, ela produz na origem do referencial dado o campo de indução magnética

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2} k, \text{ em unidades do SI.}$$

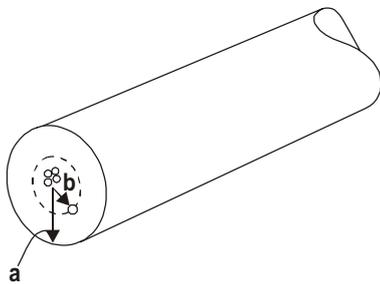
Nessas condições, pode-se afirmar que a corrente na espira e seu sentido são, respectivamente,

- (A) 2 A de D para C.
- (B) 2 A de C para D.
- (C) 6 A de C para D.
- (D) 12 A de D para C.
- (E) 12 A de C para D.

Dado:

$$\vec{B} = \int \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} d\vec{\ell} \times \frac{\vec{r}}{r}$$

15. Um cabo longo, de raio $a = 2 \text{ cm}$, é composto de $N = 500$ fios bastante finos, como indicado na figura. Uma corrente de 1 kA passa pelo cabo, sendo igualmente distribuída pelos fios.



Dados:

$$\int \vec{B} \cdot d\vec{\ell} = \mu_0 I$$

$$\vec{F} = I \int d\vec{\ell} \times \vec{B}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

A força por unidade de comprimento que atua num fio localizado na posição radial $b = 1 \text{ cm}$ é

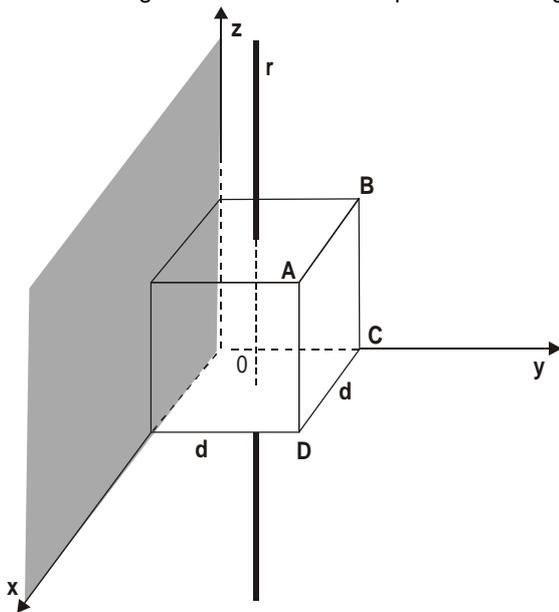
- (A) $5 \times 10^{-4} \text{ N/m}$
- (B) $4 \times 10^{-4} \text{ N/m}$
- (C) $1 \times 10^{-4} \text{ N/m}$
- (D) $4 \times 10^{-2} \text{ N/m}$
- (E) $1 \times 10^{-2} \text{ N/m}$

16. O vetor de Poynting, $\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0}$, de uma onda eletromagnética se propagando no vácuo é dado por

$$\vec{S} = \frac{10^2}{\mu_0 c} \cos^2 [10x - (3 \cdot 10^9)t] \hat{i},$$

em unidades do SI, e seu campo elétrico oscila na direção do eixo y . O comprimento de onda λ , em metros, o módulo do campo elétrico, E_0 , em volt por metro, e a direção de oscilação do campo magnético, \vec{B} , são, respectivamente,

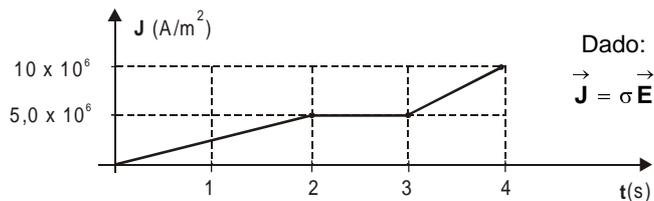
- (A) $0,2 \pi$ 10 \hat{k}
 (B) 10 $10/\mu_0$ \hat{j}
 (C) $0,2 \pi$ 10 \hat{i}
 (D) 10 $10 c$ \hat{j}
 (E) 0,2 $10\sqrt{\mu_0 c}$ \hat{k}
17. Na figura está esquematizado um cubo de aresta d , com um de seus vértices na origem de um sistema de coordenadas cartesianas x, y, z . As arestas do cubo são paralelas aos eixos coordenados. Um fio retilíneo r , paralelo ao eixo z , passa pelo centro geométrico do cubo e está eletrizado com densidade linear de carga λ . O plano xz está carregado com densidade superficial de carga σ .



Supondo que o meio seja o vácuo e sabendo que o campo eletrostático gerado por um plano uniformemente eletrizado é dado por $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$, o fluxo do vetor campo eletrostático resultante na face **ABCD**, é

- (A) $\phi = \frac{\sigma d^2}{2\epsilon_0}$
 (B) $\phi = \frac{\lambda d^2}{\epsilon_0}$
 (C) $\phi = \frac{\sigma d^2}{2\epsilon_0} + \frac{\lambda d}{\epsilon_0}$
 (D) $\phi = \frac{\sigma d^2}{2\epsilon_0} + \frac{\lambda d}{4\epsilon_0}$
 (E) $\phi = \frac{\sigma d^2}{4\epsilon_0} + \frac{\lambda d}{\epsilon_0}$

18. Um fio condutor de comprimento $\ell = 2,0 \text{ m}$ é constituído de um material de condutividade $\sigma = 5,0 \times 10^7 \text{ 1}/(\Omega \cdot \text{m})$. A densidade de corrente no condutor varia com o tempo, de acordo com o gráfico abaixo.

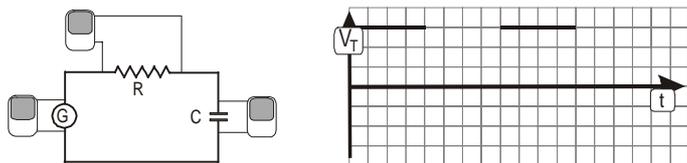


Dado:

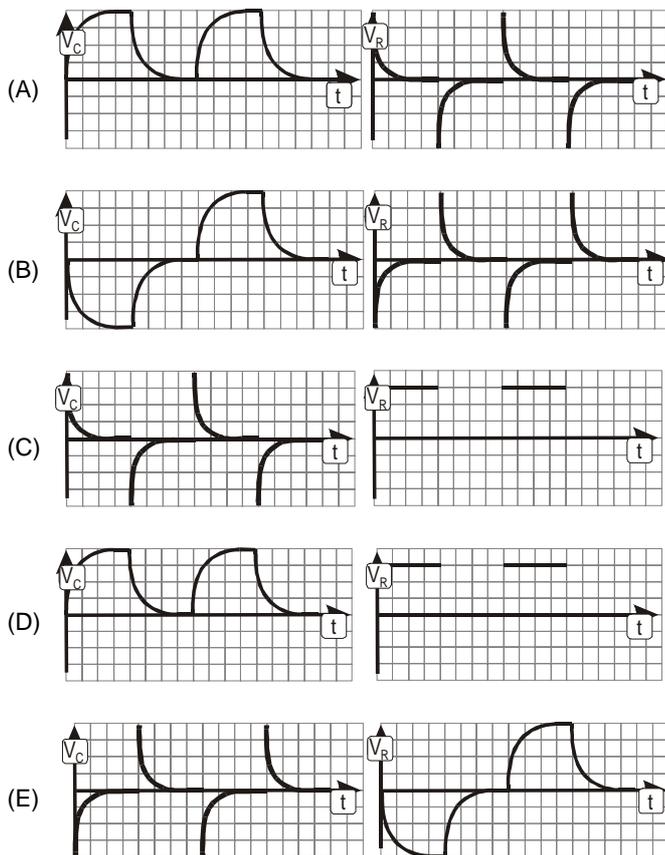
$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

A partir do gráfico, obtém-se que a intensidade do campo elétrico no interior do condutor no instante $t = 1 \text{ s}$ e a diferença de potencial entre os extremos do condutor no instante $t = 3,5 \text{ s}$ são dados, em N/C e volt, respectivamente, por

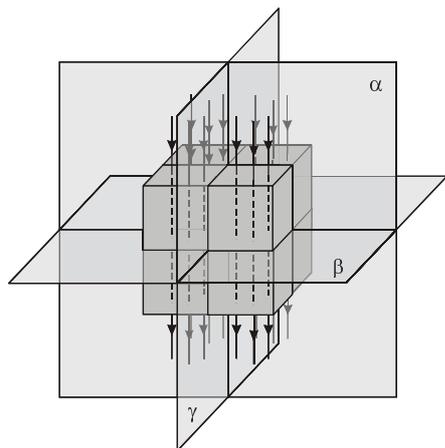
- (A) 0,10 e 0,15
 (B) 0,050 e 0,30
 (C) 0,050 e 13,00
 (D) 0,13 e 0,75
 (E) 20 e 3,3
19. Um resistor R e um capacitor C estão ligados em série num gerador de ondas quadradas G , isto é, que introduz periodicamente, no circuito, uma tensão V_T como a que está representada no gráfico.



Com o auxílio de um osciloscópio medem-se as tensões em $G(V_T)$, em $R(V_R)$ e em $C(V_C)$. As tensões V_C e V_R em função do tempo que serão vistas nas telas do osciloscópio serão, aproximadamente,

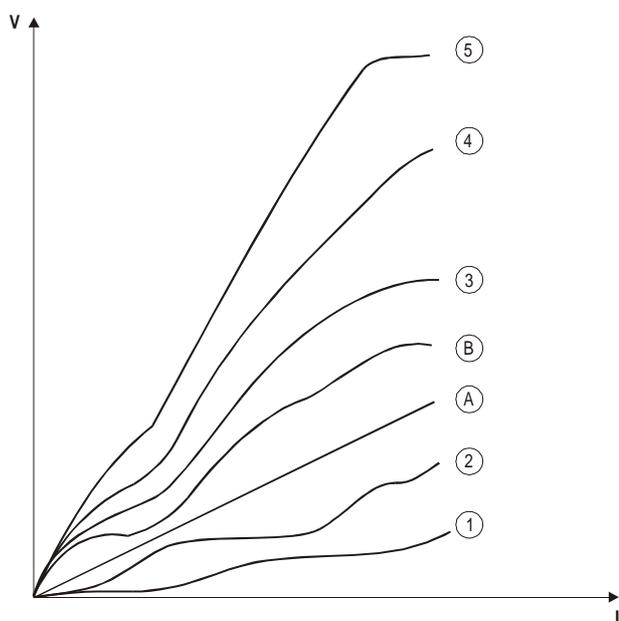


20. A figura representa um ímã em forma de paralelepípedo e algumas linhas do campo magnético por ele gerado. Suponha que esse ímã possa ser cortado em duas partes, em cada um dos planos α , β , ou γ , indicados na figura.



Logo em seguida ao corte, esses fragmentos vão se

- (A) repelir, sempre, para qualquer plano de corte.
 (B) atrair, sempre, para qualquer plano de corte.
 (C) atrair quando o corte for feito no plano β e repelir quando o corte for feito nos outros dois planos.
 (D) repelir quando o corte for feito no plano α e atrair quando o corte for feito nos outros dois planos.
 (E) atrair quando o corte for feito nos planos α e β e repelir quando o corte for feito no plano γ .
21. No gráfico estão representadas, além das curvas características, tensão x corrente, dos bipolos **A** e **B**, cinco curvas características de possíveis associações entre **A** e **B**.

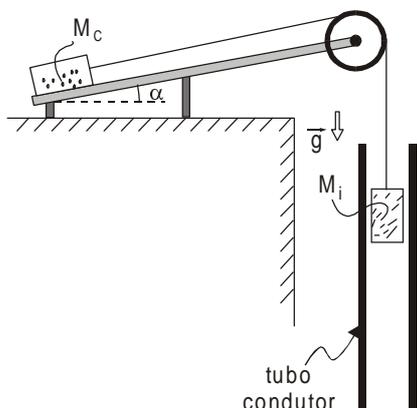


A curva característica que representa a associação dos dois bipolos em série é a

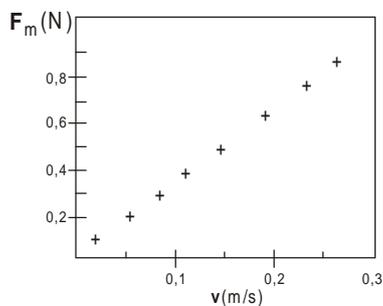
- (A) 1
 (B) 2
 (C) 3
 (D) 4
 (E) 5

Atenção: Para responder às questões de números 22 a 25 considere a experiência descrita abaixo.

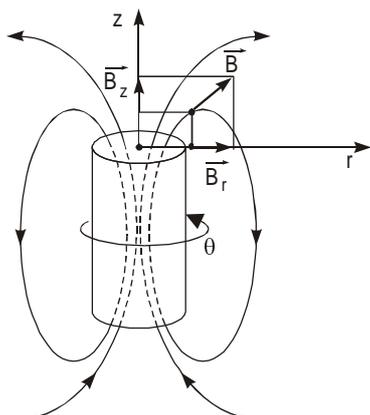
Uma forma muito eficaz de realizar uma experiência de demonstração, na qual um corpo se move com velocidade constante, é utilizar frenagem magnética como representado no esquema abaixo.



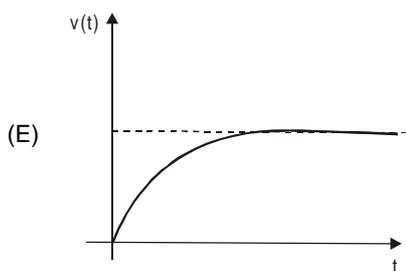
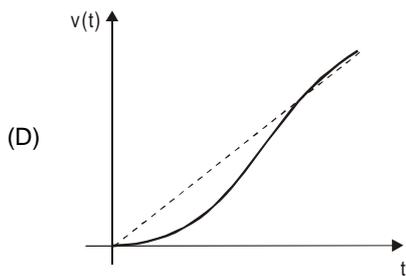
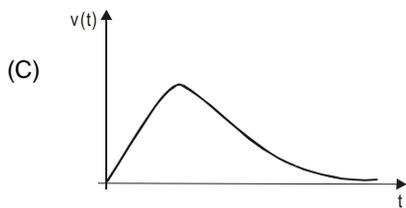
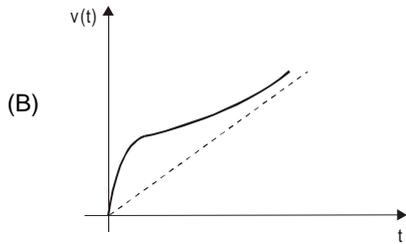
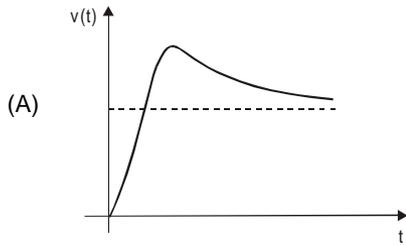
Um carrinho de massa $M_c = 90 \text{ g}$ sobe num plano inclinado puxado por um ímã cilíndrico de massa $M_i = 60 \text{ g}$, que cai dentro de um tubo condutor. O cabo que puxa o carrinho passa por uma polia. O efeito do atrito pode ser completamente desprezado. O sistema é posto em movimento com o ímã já dentro do tubo condutor. Após um breve período de aceleração, o sistema atinge uma velocidade constante v . O valor dessa velocidade pode ser facilmente alterado variando o ângulo de inclinação α da rampa. O gráfico que segue representa a força magnética de frenagem, F_m , em função da velocidade constante do conjunto. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.



A figura abaixo mostra as componentes do campo magnético do ímã, num sistema de coordenadas cilíndricas, centrado em seu eixo.



22. Estando o cabo desconectado do carrinho, o ímã é abandonado. O gráfico que representa o movimento do ímã no interior do tubo é



23. O maior valor possível, α_{MAX} , do ângulo α de inclinação da rampa, para que o carrinho consiga subi-la é dado por

- (A) $\cos \alpha_{MAX} = \frac{M_i}{M_c}$
- (B) $\cos \alpha_{MAX} = \frac{M_c}{M_i}$
- (C) $\sin \alpha_{MAX} = \frac{M_i}{M_c}$
- (D) $\sin \alpha_{MAX} = \frac{M_c}{M_i}$
- (E) $\text{tg } \alpha_{MAX} = \frac{M_i}{M_c}$

24. A velocidade constante v do sistema, em (m/s), é dada, aproximadamente, por

- (A) $\frac{3}{16} \left(1 - \frac{3}{2} \sin \alpha \right)$
- (B) $\frac{3}{2} (1 - \sin \alpha)$
- (C) $\frac{3}{16} \left(1 - \frac{3}{2} \cos \alpha \right)$
- (D) $\frac{3}{2} (1 - \cos \alpha)$
- (E) $\frac{3}{16} \left(1 - \frac{3}{2} \operatorname{tg} \alpha \right)$

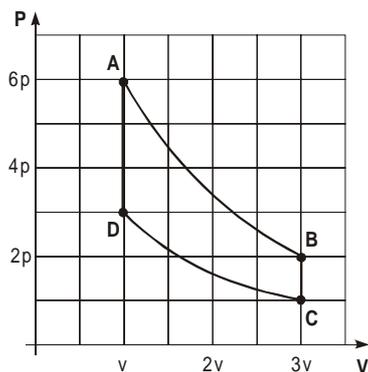
25. A força magnética de frenamento F_m que atua sobre o ímã, é proporcional

- (A) somente à componente B_z do campo.
- (B) ao produto da componente B_z pela corrente induzida no tubo na direção θ .
- (C) ao produto da componente B_r pela corrente induzida no tubo na direção Z .
- (D) somente à componente B_r do campo.
- (E) ao produto da componente B_r pela corrente induzida no tubo na direção θ .

26. Considerando uma transformação termodinâmica em que um sistema isolado passa de um estado **1** para outro estado **2**, pode-se afirmar que

- (A) a entropia do sistema permanece sempre constante.
- (B) a variação da energia interna do sistema não depende do processo, mas a variação de entropia depende.
- (C) todo processo quase-estático é irreversível.
- (D) o trabalho efetuado sobre o sistema não depende do processo.
- (E) a variação de entropia e a variação da energia interna dependem do processo.

27. Observe o gráfico.



No estado **D** indicado no gráfico, a pressão e a temperatura, de 2,0 moles de um gás ideal monoatômico, são, respectivamente, 2,0 atm e 360 K. Os processos **AB** e **CD** são isotérmicos. O gás efetua o ciclo **DABCD**. Sabendo que $R = 8,3 \text{ J/mol.K}$ e $\ln 3 = 1,1$ pode-se concluir que o trabalho, em joule, efetuado pelo gás no ciclo é, aproximadamente,

- (A) nulo.
- (B) 4,2
- (C) 6 500
- (D) 13 000
- (E) 19 000

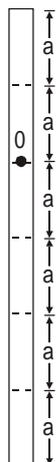
Dado:

$$W = \int P dV$$

$$PV = nRT$$

Atenção: Para responder às questões de números 28 e 29 considere as informações que seguem.

A figura representa uma haste delgada de massa M , densidade uniforme e comprimento $L = 6a$. A haste é posta a oscilar com pequena amplitude em torno de um eixo que passa pelo ponto O .



28. Sabendo que para uma haste delgada são válidas as relações:

$$I = \frac{ML^2}{12} \quad \text{e} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{I_0}{Mgd}}$$

onde:

I: momento de inércia em relação ao centro da massa

M: massa da haste

L: comprimento da haste

T: período de oscilação em torno do centro

I_0 : momento de inércia em relação ao centro de suspensão

d: distância do centro de suspensão ao centro de massa

g: aceleração da gravidade.

Pode-se afirmar que o período **T** de oscilação dessa haste é dado por:

(A) $\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$

(B) $\pi\sqrt{\frac{3a}{g}}$

(C) $2\pi\sqrt{\frac{a}{2g}}$

(D) $2\pi\sqrt{\frac{2a}{3g}}$

(E) $4\pi\sqrt{\frac{a}{g}}$

29. O movimento oscilatório dessa haste reduz-se gradativamente até extinguir-se por completo. Do ponto de vista termodinâmico, esse movimento caracteriza um fenômeno

(A) irreversível, porque a energia total do sistema se conserva.

(B) reversível, porque o sistema tende sempre a voltar à posição inicial.

(C) irreversível, porque a entropia do sistema diminui.

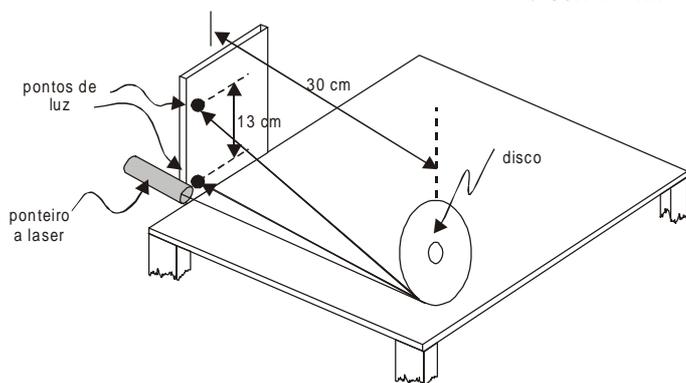
(D) reversível, porque o sistema tende ao equilíbrio.

(E) irreversível, porque parte da energia mecânica do sistema se transforma em calor.

30. Um estudante notou que, ao refletir a luz do sol na superfície de um disco compacto, CD, se vêem estrias radiais de várias cores. Perguntando ao professor de Física a razão do fenômeno, este respondeu que o CD se comporta como uma rede de difração, devido ao grande número de furos muito próximos, na sua superfície, e propôs ao estudante montar um experimento simples para avaliar a distância d entre os furos. Para isto, ele fixou verticalmente um CD sobre uma mesa e o iluminou, praticamente perpendicularmente à sua superfície, com a luz de um ponteiro a laser. Colocando uma cartolina branca na vertical, paralela ao CD e a uma distância de aproximadamente 30 cm do disco, ele observou dois pontos refletidos na folha: um praticamente na direção do feixe incidente e outro 13 cm acima deste. Nas especificações do ponteiro ele encontrou que o comprimento de onda do laser é $\lambda = 630 \times 10^{-9} \text{m}$.

Dado:

$$d \cdot \sin \theta = n\lambda$$



Dessas observações, ele pode concluir que a distância d entre os furos do CD é, aproximadamente,

- (A) $6,3 \times 10^{-6} \text{m}$
- (B) $3,1 \times 10^{-6} \text{m}$
- (C) $1,5 \times 10^{-6} \text{m}$
- (D) $2,7 \times 10^{-7} \text{m}$
- (E) $1,0 \times 10^{-7} \text{m}$

31. O ouvido humano é capaz de detectar sons de intensidade até $\beta = 120 \text{ db}$ sem sentir dor. Um alto-falante, num salão de festas, emite uma potência sonora real de 50W . Desprezando-se as perdas por absorção, a distância mínima aproximada que deverá se posicionar uma pessoa para escutar o som sem sentir dor é, aproximadamente,

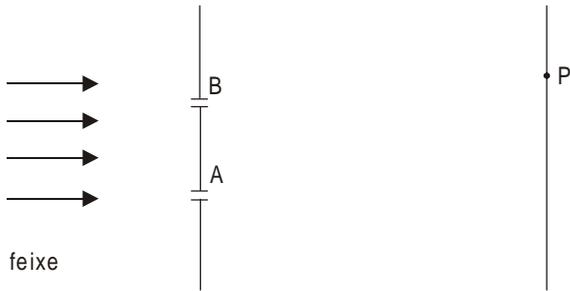
- (A) 2,0 m
- (B) 4,0 m
- (C) 8,0 m
- (D) 40 m
- (E) 200 m

Dado:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}, \text{ onde}$$

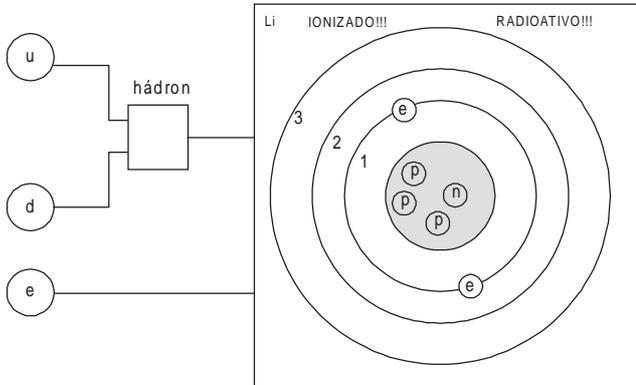
$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

32. Suponha que em uma experiência, um feixe de elétrons passe por duas fendas, **A** e **B**, conforme mostra o esquema abaixo.



Quando apenas a fenda **A** estiver aberta mede-se em **P** a intensidade $I = 100$ elétrons/s. Quando apenas a fenda **B** estiver aberta, mede-se em **P** a intensidade $I = 225$ elétrons/s. Quando ambas as fendas estiverem abertas, a intensidade em **P**, medida em elétrons/s, estará contida no intervalo

- (A) $0 \leq I \leq 100$
 (B) $100 \leq I \leq 225$
 (C) $225 \leq I \leq 325$
 (D) $25 \leq I \leq 625$
 (E) $325 \leq I \leq 550$
33. Num interessante 'site' da INTERNET (www.pbs.org), há um programa de demonstração que permite 'construir' um átomo utilizando as partículas elementares do modelo padrão: 'quark up' (carga $+2/3$), **u**, 'quark down' (carga $-1/3$), **d**, **e** elétron (spin $\pm 1/2$). O esquema de construção é indicado na figura.

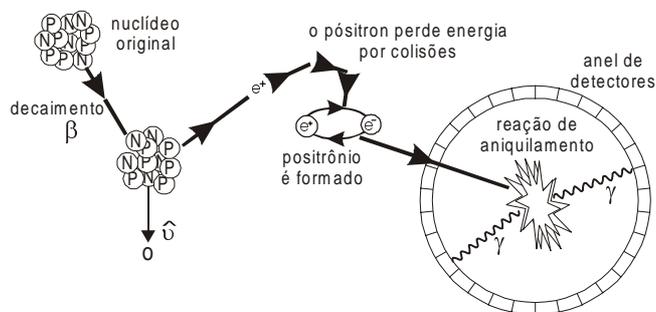


Para adicionar um núcleon, o usuário tem que primeiro trazer os números corretos de quarks **u** e **d** para a caixa denominada hádron. Uma vez construído o núcleon, é só arrastá-lo para dentro do núcleo. Para adicionar um elétron basta arrastá-lo para a órbita correta. Numa dada etapa de construção, um estudante obtém o átomo de lítio (indicado na figura). No entanto, o programa o alerta com mensagens que ficam piscando as palavras IONIZADO!! e RADIOATIVO!!. Para eliminar essas mensagens, ou seja, obter um átomo neutro não radioativo, o mínimo número de quarks **u** e **d** e de elétrons que o estudante tem que utilizar são, respectivamente,

- (A) dois **u**, quatro **d** e um elétron na órbita 2.
 (B) dois **u**, quatro **d** e um elétron na órbita 1.
 (C) dois **u**, dois **d** e um elétron na órbita 2.
 (D) quatro **u**, dois **d** e um elétron na órbita 2.
 (E) quatro **u**, dois **d** e um elétron na órbita 1.

Atenção: Para responder às questões de números 34 a 37 considere as informações que seguem.

Uma técnica de medicina nuclear que tem atraído grande interesse é a tomografia por emissão de fótons devido ao aniquilamento de pósitrons, ou PET (sigla para o nome em inglês 'Positron Emission Tomography'), representada no esquema. Nesta técnica, um radionuclídeo que decai emitindo pósitrons (decaimento β) é injetado no paciente e funciona como um traçador.



Os pósitrons emitidos perdem rapidamente sua energia por colisões com a matéria, não se deslocando mais que 1 ou 2 mm no tecido humano. Após esse processo os pósitrons se combinam com elétrons formando um átomo de tempo de vida curto, denominado positrônio. O positrônio sofre rapidamente uma reação de aniquilamento na qual a energia do par elétron/pósitron é convertida em radiação. O resultado mais provável dessa reação é a produção de dois fótons que são detectados num anel de detectores, em volta do paciente, utilizando a técnica de detecção coincidente.

34. Um radionuclídeo muito utilizado na técnica PET é o isótopo de flúor $^{18}_9\text{F}$. Na tabela abaixo são dadas as massas atômicas (incluindo a massa dos elétrons), em unidades de MeV/c^2 , de vários isótopos de oxigênio, flúor e neônio.

Elemento	Z	A	Massa atômica (MeV/c^2)
O	8	17	15.834,32
		18	16.765,82
F	9	17	15.837,08
		18	16.767,48
Ne	10	17	15.851,60

Sabendo que a massa do elétron é $m_e = 0,51 \text{ MeV}/c^2$, pode-se dizer que, na emissão do pósitron, o núcleo resultante e a energia do pósitron são, respectivamente,

- (A) $^{17}_8\text{O}$ e 931,94 MeV, no máximo.
- (B) $^{17}_9\text{F}$ e 929,48 MeV, no máximo.
- (C) $^{17}_{10}\text{Ne}$ e 915,24 MeV, exatamente.
- (D) $^{18}_8\text{O}$ e 0,64 MeV, no máximo.
- (E) $^{18}_8\text{O}$ e 0,64 MeV, exatamente.

35. Sabendo que os níveis de energia do átomo de hidrogênio são dados por $E_n = -(\mu e^4 / 32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2) / n^2$, onde μ é a massa reduzida do sistema próton-elétron, e que os valores numéricos das constantes fornece $E_n = -13,6 \text{ eV} / n^2$, a energia do nível fundamental do átomo de positrônio **Ps** é

- (A) $-13,6 \text{ eV}$
- (B) $-6,8 \text{ eV}$
- (C) $-3,4 \text{ eV}$
- (D) $-1,7 \text{ eV}$
- (E) $-0,8 \text{ eV}$

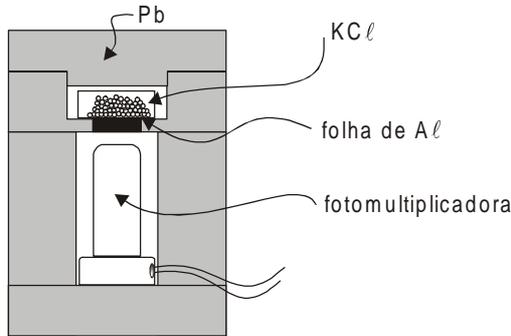
36. Apesar da semelhança com o átomo de hidrogênio, a estrutura hiperfina do espectro de energia do positrônio, **Ps**, é distinta da estrutura do hidrogênio. Existem dois estados para o nível fundamental ($n = 1$) do positrônio: o parapositrônio (**p-Ps**), quando os spins do elétron e do pósitron são antiparalelos, e o ortopositrônio (**o-Ps**), quando os spins são paralelos. Pode-se então dizer que, na presença de um campo magnético, o estado fundamental do **p-Ps**

- (A) e o do **o-Ps** permanecem inalterados.
- (B) permanece inalterado e o do **o-Ps** se subdivide em dois.
- (C) se subdivide em dois e o do **o-Ps** permanece inalterado.
- (D) permanece inalterado e o do **o-Ps** se subdivide em três.
- (E) se subdivide em três e o do **o-Ps** permanece inalterado.

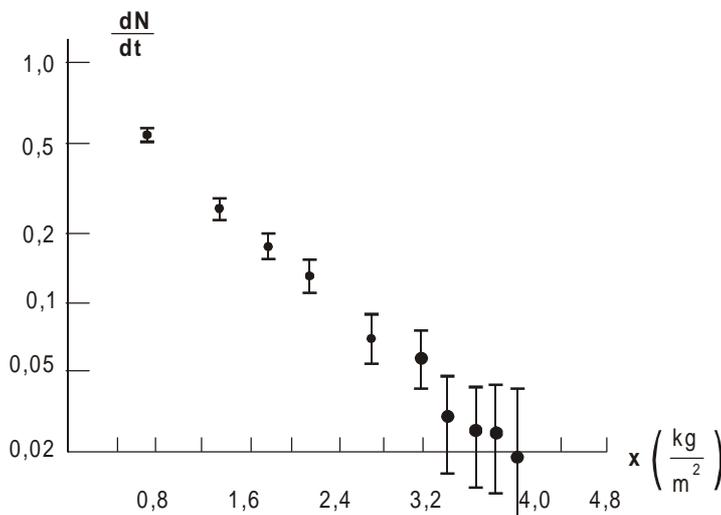
37. Suponha que a reação de aniquilamento ocorra sem a influência de qualquer outra partícula e que o átomo de positrônio esteja praticamente em repouso. Então, considerando conservação de momento \vec{p} e de energia, $E = (\vec{p}^2 c^2 + m_0^2 c^4) / 2$, pode-se dizer que, como resultado da reação,

- (A) quando são emitidos dois fótons, eles necessariamente têm que se propagar em direções opostas, cada um com a mesma energia, $0,51 \text{ MeV}$.
- (B) quando são emitidos dois fótons, eles podem se propagar em qualquer direção, desde que a equipartição de energia entre eles seja adequada.
- (C) a conservação de energia e de momento não podem ser satisfeitas simultaneamente com a emissão de dois fótons.
- (D) podem ser emitidos dois ou mais fótons, desde que a soma de suas energias seja igual a $0,51 \text{ MeV}$.
- (E) pode ser emitido um único fóton com energia $E = 1,02 \text{ MeV}$.

38. Na figura abaixo é mostrado um arranjo experimental para estudar a absorção de radiação β por diferentes materiais. Sal de KCl , que é disponível comercialmente, é colocado numa pequena caixa cilíndrica, em cima de uma folha fina do material a ser estudado. Abaixo da folha é colocada uma fotomultiplicadora e todo o sistema é blindado em chumbo. Como em potássio natural há uma abundância relativa de 0,0118% de ^{40}K , que sofre decaimento β , o sal de cloreto de potássio é fracamente radiativo.



A experiência consiste em medir a taxa de contagens, $\frac{dN}{dt}$ (número de pulsos contados por unidade de tempo), em função da espessura x da folha. Como a absorção depende da densidade do material, é usual expressar a espessura da folha em kg/m^2 . No gráfico, em que a escala vertical é logarítmica e a horizontal é linear, é mostrado o resultado obtido para $\frac{dN}{dt}$, em função de x .

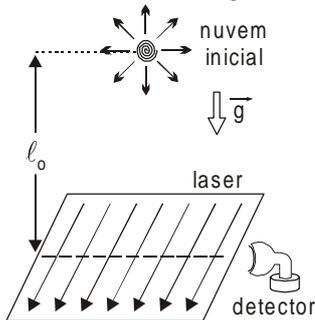


Sabendo que a absorção de radiação pela matéria leva ao decaimento do número de partículas que atravessam uma distância x dentro do meio, de acordo com a equação $N(x) = N_0 e^{-\mu x}$, o coeficiente de absorção μ para o alumínio, em unidades de m^2/kg , é, aproximadamente,

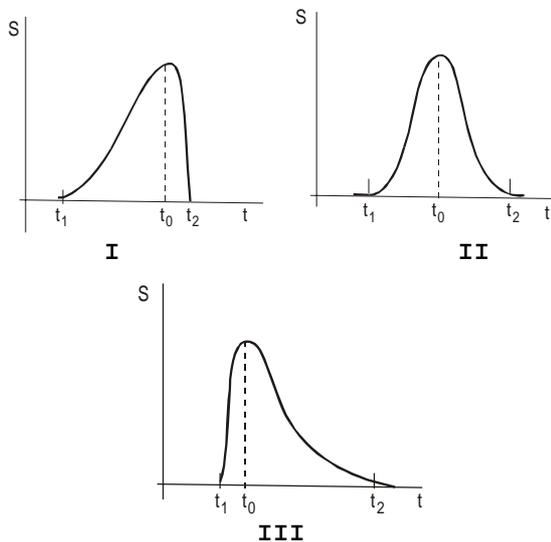
- (A) 0,10
- (B) 0,20
- (C) 0,50
- (D) 1,0
- (E) 2,0

Dados:
 $e = 10^{0,434}$
 $\log_{10} 2 \approx 0,30$
 $\log_{10} 5 \approx 0,70$

39. Aprisionamento por laser de átomos neutros em uma armadilha magnética foi uma das atividades científicas que mais se desenvolveu nos últimos anos. Para medir a temperatura da nuvem de átomos, se utiliza uma técnica denominada tempo de voo. O feixe de um laser é focalizado na forma de uma fatia plana a uma distância ℓ_0 , abaixo do centro da armadilha conforme a figura.



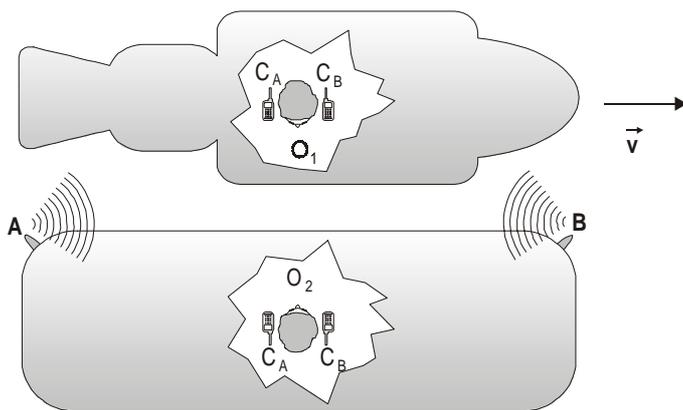
Quando o campo de confinamento é desligado, os átomos caem sob o efeito da gravidade e atravessam o feixe de laser. Um detector lateral registra a fluorescência dos átomos ao atravessar o feixe. Nos gráficos são mostradas possíveis formas do sinal registrado no detector em função do tempo, medido a partir do instante em que o campo de confinamento é desligado.



Supondo que a distribuição inicial de velocidades da nuvem de átomos frios, seja uma Maxwelliana, $f(\vec{v}) = (m/2\pi k_B T)^{3/2} \exp(-mv^2/k_B T)$, com velocidade mais provável $v_0 = \sqrt{2k_B T/m}$, onde m é a massa dos átomos, pode-se dizer que a curva que representa o sinal registrado e a expressão para a energia térmica da nuvem de átomos, são, respectivamente, a curva

- (A) I e $k_B T \approx \frac{mg^2}{8}(t_2 - t_1)^2$
- (B) II e $k_B T \approx \frac{mg^2}{8}(t_2 - t_1)^2$
- (C) III e $k_B T \approx \frac{mg^2}{8}(t_2 - t_1)^2$
- (D) I e $k_B T \approx \frac{m}{2} \left(\frac{\ell_0}{t_0} - \frac{gt_0}{2} \right)^2$
- (E) II e $k_B T \approx \frac{m}{2} \left(\frac{\ell_0}{t_0} - \frac{gt_0}{2} \right)^2$

40. A figura representa uma nave espacial que se move com uma grande velocidade constante \vec{v} em relação à plataforma. O_1 é um observador localizado no centro da nave e O_2 é um observador externo, localizado no centro da plataforma. Cada observador tem dois telefones celulares, um C_A e um C_B , junto aos seus ouvidos. A e B são fontes de radiação eletromagnética localizadas na extremidade da plataforma.



Suponha que, no instante representado, são emitidos simultaneamente um sinal do ponto A da plataforma, na frequência de recepção dos celulares C_A , e outro sinal do ponto B da plataforma, na frequência de recepção dos celulares C_B .

De acordo com a Teoria da Relatividade Especial, pode-se afirmar que os sinais captados pelos celulares C_A e C_B são simultâneos para

- (A) ambos os observadores.
- (B) O_1 , mas para O_2 o celular C_A capta primeiro.
- (C) O_1 , mas para O_2 o celular C_B capta primeiro.
- (D) O_2 , mas para O_1 o celular C_A capta primeiro.
- (E) O_2 , mas para O_1 o celular C_B capta primeiro.

2ª PARTE

QUESTÕES DISCURSIVAS – LICENCIATURA

ATENÇÃO:

- Responda somente 4 das questões propostas.
- Caso sejam respondidas 5 questões, a quinta resposta não será corrigida.

1. O desenvolvimento e consolidação da termodinâmica, no século XIX, trouxe muitas idéias e conclusões novas para a física, algumas inquietantes. São destacados a seguir três físicos dessa época e suas idéias ou conclusões.

Explique, em cada caso, que experimentos, princípios ou leis levaram cada um desses físicos à respectiva idéia ou conclusão.

- a) Joule: concluiu que o calor não é uma substância, mas uma forma de energia. **(2,5 pontos)**
- b) Carnot: demonstrou que a perda de energia mecânica é inevitável, mesmo em sistemas ideais. **(2,5 pontos)**
- c) Kelvin: previu a morte térmica do Universo. **(2,5 pontos)**

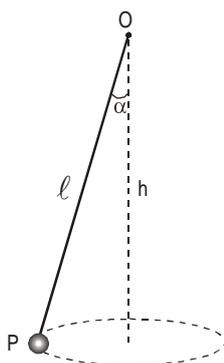
2. Associa-se tradicionalmente o método científico à formulação de leis como consequência de cuidadosas observações experimentais. O trecho que segue faz parte do trabalho inaugural de Newton sobre a teoria das cores.

"Senhor, para cumprir minha promessa anterior, devo sem mais cerimônias adicionais informar-lhe que no começo do ano de 1666 (época em que me dedicava a polir vidros Ópticos de formas diferentes da *Esférica*), obtive um Prisma de vidro Triangular para tentar com ele O célebre Fenômeno das cores (...) depois de um tempo dedicando-me a considerá-las mais seriamente fiquei surpreso por vê-las em uma forma ovalada que, de acordo com as leis da refração, esperava que deveria ter sido circular."

(Adaptado da tradução de Cibele Celestino Silva: **A teoria das cores de Newton: um estudo crítico do livro 1 do Opticks**. Dissertação de mestrado. Instituto de Física Gleb Wataghin, Unicamp, 1996).

- a) No trecho acima, destaque duas informações que contradizem essa concepção tradicional do método científico. Justifique. **(2,5 pontos)**
- b) Proponha uma atividade de ensino onde o trecho do texto original de Newton seja usado para introduzir o estudo do fenômeno de dispersão da luz branca. Indique os materiais e o procedimento a serem utilizados. **(2,5 pontos)**
- c) Apresente e explique outra situação onde a História da Ciência pode ser utilizada de maneira análoga à exposta no item b. **(2,5 pontos)**

3. A figura representa um pêndulo cônico, em que o corpo **P** gira com movimento circular uniforme, preso por um fio a um ponto **O** fixo no teto de um laboratório. O fio tem comprimento ℓ e forma um ângulo α com a vertical.



- a) Para pequenos valores de α tais que $\ell \approx h$, o período do movimento circular uniforme descrito por **P** tem a mesma expressão do período de oscilação de um pêndulo simples para pequenas oscilações: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$.
Qual a justificativa física para essa coincidência? **(2,5 pontos)**
- b) Na explicação da dinâmica do movimento do corpo **P**, alguns alunos estranham que quanto maior a força resultante centrípeta atuando sobre o corpo **P**, mais ele se afasta do centro da circunferência. Como o professor pode justificar esse paradoxo? **(2,5 pontos)**
- c) Faça o esquema de forças que atuam em **P** adotando um referencial localizado:
I. no laboratório;
II. no ponto **P**. **(2,5 pontos)**

4. Um livro didático define resistor como "todo condutor que tem exclusivamente a função de converter energia elétrica em energia térmica". Logo em seguida, o mesmo livro formula a lei de Ohm afirmando que ela é válida "mantida a temperatura do resistor" e, mais adiante, apresenta a expressão da variação da resistência elétrica com a temperatura.

a) Critique a coerência dessas afirmações. Elas justificam o estudo da lei de Ohm? Explique.

(2,5 pontos)

b) Proponha uma atividade experimental cujo objetivo seja a verificação da lei de Ohm para um determinado resistor. Essa proposta deve:

I. apresentar o esquema do circuito adequado com todos os elementos necessários.

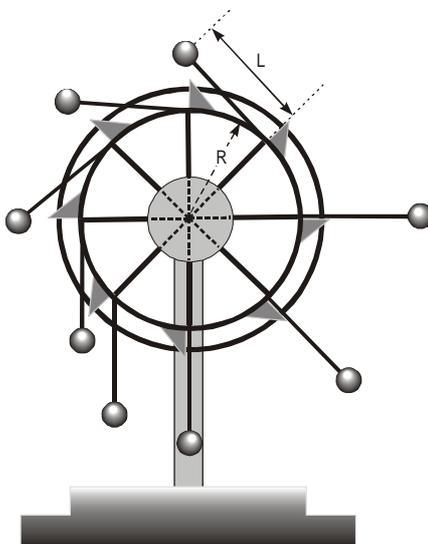
II. descrever o procedimento e de que forma será possível concluir se a lei de Ohm foi ou não verificada.

(2,5 pontos)

c) Esboce o gráfico $V \times i$ (curva característica) de um resistor não ôhmico cuja resistência aumenta com a temperatura. Justifique o esboço apresentado.

(2,5 pontos)

5. O moto-perpétuo é uma máquina capaz de produzir movimento na ausência de ações externas. Sistemas desse tipo foram muito difundidos ao longo da história, em particular no final da Idade Média e no Renascimento. A idéia básica era construir máquinas capazes de manter-se em movimento indefinidamente ou de aumentá-lo continuamente. A crença nos motos-perpétuos foi uma barreira à formulação do conceito de energia e sua conservação. Ainda hoje pode-se encontrar entre estudantes da educação básica e até mesmo em adultos, raciocínios intuitivos que sustentam o funcionamento de equipamentos do tipo moto-perpétuo. O esquema abaixo representa um moto-perpétuo muito difundido na Idade Média. A partir da situação mostrada na figura, a haste da bolinha superior é colocada na vertical e levemente empurrada no sentido horário. Acreditava-se, com isso, que a queda subsequente das bolinhas, depois de atingir a posição superior, faria a roda adquirir uma determinada aceleração angular.



a) Explique de que maneira o funcionamento desse moto-perpétuo se opõe ao Princípio de Conservação de Energia.

(2,5 pontos)

b) Explique como se pode demonstrar que esse sistema não adquire aceleração angular.

(2,5 pontos)

c) Escreva como poderia ser utilizada a discussão sobre o moto-perpétuo para introduzir o Princípio de Conservação da Energia em sala de aula.

(2,5 pontos)

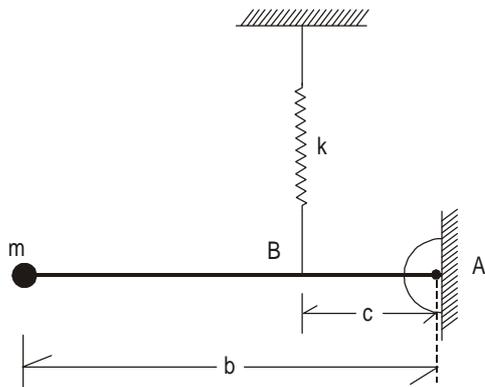
2ª PARTE

QUESTÕES DISCURSIVAS – BACHARELADO

ATENÇÃO:

- Responda somente 4 das questões propostas.
- Caso sejam respondidas 5 questões, a quinta resposta não será corrigida.

6. Uma massa m está presa a uma haste, de comprimento b , que tem outra extremidade articulada em A . No ponto B da haste, à distância c da extremidade articulada, atua uma mola de constante elástica k . Considere a massa da haste muito menor que m , e a articulação sem atrito.



Dados:

$$L = T - V$$

$$d/dt(\partial L / \partial \dot{q}) - \partial L / \partial q = 0$$

- a) Escreva a equação de equilíbrio para que este se dê na horizontal. (2,5 pontos)
- b) Escolha as coordenadas generalizadas e escreva a Lagrangeana do sistema. (2,5 pontos)
- c) Escreva a equação diferencial do movimento do sistema e determine seu período, para pequenas oscilações, utilizando as equações de Lagrange. (2,5 pontos)

7. Em uma região do espaço, onde o meio é o vácuo, o vetor densidade de corrente de deslocamento é dado pela relação:

$$\vec{J}_D = J_0 \cos(\omega t - kz) \vec{i}$$

onde ω e k são constantes.

- a) Determine a expressão do vetor campo elétrico \vec{E} . (2,5 pontos)
- b) Determine a expressão do vetor campo de indução magnética \vec{B} . (2,5 pontos)
- c) Responda qual deve ser a relação entre ω e k para que as equações de Maxwell estejam satisfeitas. (2,5 pontos)

Dados:

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

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

$$\nabla \times \vec{E} = -\partial \vec{B} / \partial t$$

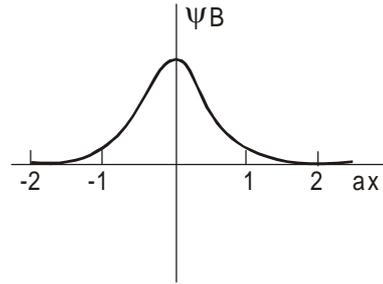
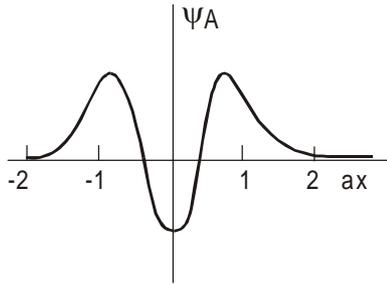
$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \partial \vec{E} / \partial t$$

8. A equação de Schrödinger para oscilador harmônico é dada por

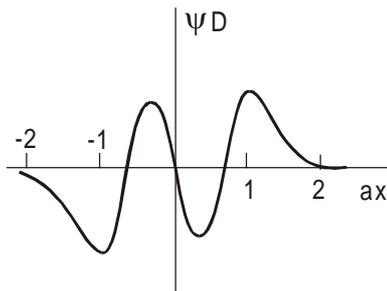
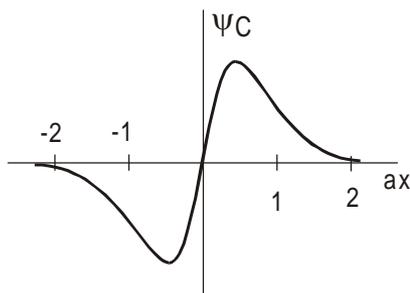
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{1}{2}m\omega^2 x\psi = E\psi,$$

onde ω é a frequência angular clássica do oscilador. A solução desta equação, com as condições de contorno apropriadas, fornece os níveis de energia do oscilador, $E_n = (n + \frac{1}{2})\hbar\omega$, $n = 0, 1, 2, \dots$

- a) Os gráficos abaixo representam quatro funções de onda para o oscilador harmônico. Dê os valores da energia associada com cada função de onda, ou seja, $E_A \leftrightarrow \psi_A$, $E_B \leftrightarrow \psi_B$, $E_C \leftrightarrow \psi_C$ e $E_D \leftrightarrow \psi_D$.

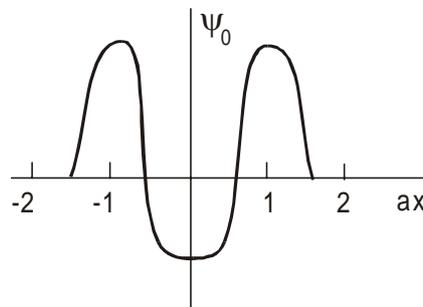


$$\left(a = \sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}} \right)$$



(2,5 pontos)

- b) Suponha que o estado inicial de uma partícula no oscilador harmônico seja preparado de forma que sua função de onda seja conforme a esquematizada no gráfico abaixo. Se uma medida de energia da partícula for feita logo após o instante inicial, qual será seu valor mais provável? Justifique sua resposta.



(2,5 pontos)

- c) A expressão da função de onda de um estado do oscilador é dada por

$$\psi(x) = C x e^{-bx^2}.$$

Utilizando a equação de Schrödinger, determine a expressão para b e para a energia associada a este estado.

(2,5 pontos)

9. Considere um sistema de dois elétrons, ambos com $\ell = 1$ e $\mathbf{s} = \frac{1}{2}$.

a) Ignorando o spin, determine os possíveis valores do número quântico L para o momento angular total $\vec{L} = \vec{L}_1 + \vec{L}_2$.
(2,5 pontos)

b) Determine os possíveis valores do número quântico S para o momento angular total $\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2$.
(2,5 pontos)

c) Para cada conjunto de valores L e S , determine o conjunto de valores possíveis para o número quântico J associado ao momento angular total $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$.
(2,5 pontos)

10. Considere uma amostra de N átomos, cada um com spin $\frac{1}{2}$, com somente dois estados possíveis, spin para cima e spin para baixo. Seja n_1 o número de átomos no primeiro estado e n_2 o número no segundo estado, tal que $n_1 + n_2 = N$. Suponha que no limite de baixa temperatura, $T \rightarrow 0$, todos os spins estejam alinhados num só sentido e no limite de alta temperatura, $T \rightarrow \infty$, estejam todos orientados de forma aleatória.

a) Em que limite a entropia do sistema é maior e em que limite a amostra se comporta como ferromagnética? Justifique sua resposta.
(2,5 pontos)

b) A entropia é definida em Mecânica Estatística por $S = k \ln(\mathbf{w})$, onde \mathbf{w} é o número de possibilidades para distribuir os átomos entre os estados do sistema. Para o sistema considerado pode-se mostrar que

$$S = -k \left(n_1 \ell n \frac{n_1}{N} + n_2 \ell n \frac{n_2}{N} \right)$$

Determine a entropia nos limites $T \rightarrow 0$ (S_0) e $T \rightarrow \infty$ (S_∞).
(2,5 pontos)

c) Em termodinâmica, a entropia é definida por $S = \int \frac{dq}{T}$. Demonstre que a capacidade calorífica do sistema tem que satisfazer a relação

$$\int_0^\infty \frac{C(T)dT}{T} = kN \ell n 2.$$

(2,5 pontos)

FÍSICA

QUESTÕES DISCURSIVAS

Responda **4** dentre as 5 questões 1, 2, 3, 4, 5 Licenciatura

OU

6, 7, 8, 9, 10 Bacharelado

Questão

RA S C U N H O



FÍSICA

QUESTÕES DISCURSIVAS

Responda **4** dentre as 5 questões 1, 2, 3, 4, 5 Licenciatura

OU 6, 7, 8, 9, 10 Bacharelado

Questão

RASSCUNHO



FÍSICA

QUESTÕES DISCURSIVAS

Responda **4** dentre as 5 questões 1, 2, 3, 4, 5 Licenciatura

OU 6, 7, 8, 9, 10 Bacharelado

Questão

R A S C U N H O



FÍSICA

QUESTÕES DISCURSIVAS

Responda **4** dentre as 5 questões 1, 2, 3, 4, 5 Licenciatura

OU 6, 7, 8, 9, 10 Bacharelado

Questão

RA S C U N H O



FÍSICA

QUESTÕES DISCURSIVAS

Responda **4** dentre as 5 questões 1, 2, 3, 4, 5 Licenciatura

OU 6, 7, 8, 9, 10 Bacharelado

Questão

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) 2002.
- (B) 2001.
- (C) 2000.
- (D) 1999.
- (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. A que horas você concluiu a prova?

- (A) Antes das 14h30min.
- (B) Aproximadamente às 14h30min.
- (C) Entre 14h30min e 15h30min.
- (D) Entre 15h30min e 16h30min.
- (E) Entre 16h30min e 17h.

46. 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.

47. 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.

48. Como você avalia a adequação da prova aos conteúdos definidos para o Provão/2002, desse curso?

- (A) Totalmente adequada.
- (B) Medianamente adequada.
- (C) Pouco adequada.
- (D) Totalmente inadequada.
- (E) Desconheço os conteúdos definidos para o Provão/2002.

49. Como você avalia a adequação da prova para verificar as habilidades que deveriam ter sido desenvolvidas durante o curso, conforme definido para o Provão/2002?

- (A) Plenamente adequada.
- (B) Medianamente adequada.
- (C) Pouco adequada.
- (D) Totalmente inadequada.
- (E) Desconheço as habilidades definidas para o Provão/2002.

50. Com que tipo de problema você se deparou *mais frequentemente* 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.

51. Como você explicaria o seu desempenho na prova?

- (A) Não estudei durante o curso a maioria desses conteúdos.
- (B) Estudei somente alguns desses conteúdos durante o curso, mas não os aprendi bem.
- (C) Estudei a maioria desses conteúdos há muito tempo e já os esqueci.
- (D) Estudei muitos desses conteúdos durante o curso, mas nem todos aprendi bem.
- (E) Estudei e conheço bem todos esses conteúdos.