

*Maria Cristina
Paternostro Stella
de Azevedo*

*é bacharel pelo
Instituto de Física da
Universidade de São
Paulo, em 1977 e
licenciada pela
Faculdade de
Educação da USP em
1978. Bolsista da
Fapesp entre maio de
1998 e maio de 1999.
É professora na Escola
de Aplicação da USP*

Avaliação da Prova de Física - Segunda Fase

Para analisarmos um exame como o da Fuvest, com o qual se pretende selecionar os melhores alunos para ingressarem nas mais prestigiadas faculdades do país, precisamos ter em mente o que se deseja que esse aluno saiba ao ingressar na Universidade.

A Física é uma ciência investigativa, que se fundamenta na elaboração de hipóteses, no uso de modelos, que não está desvinculada de uma realidade social e tecnológica, e tem uma metodologia própria. Seria importante que esses aspectos fossem contemplados nas questões da prova, para que os alunos pudessem mostrar sua condição de pensar cientificamente, já que os alunos que chegam a fazer esse exame são os que estarão se formando em áreas científicas do conhecimento. Os problemas apresentados, na sua maioria, preocupam-se menos com o manejo de conceitos que com a aplicação de fórmulas e sua manipulação. Nota - se que apenas podemos encontrar alguma relação com tecnologia na questão 10, e estudo de situações do cotidiano nas questões 1 e 9.

A prova de Física é normalmente considerada muito difícil pelos candidatos e esta, na minha opinião, não foge a essa fama, e acaba não selecionando, já que poucos conseguem fazê-la inteira.

Farei uma pequena análise, questão por questão, tentando mostrar o que se pretende do aluno, a dificuldade e a linguagem usada em cada uma:

Questão 1: envolve a compreensão do conceito de Movimento Uniforme, a representação gráfica do movimento e a Lei da Inércia. Exige a aplicação dos conceitos, já que é apresentada uma força nova, que não é estudada nos livros de Ensino Médio. A linguagem é clara, usando o vocabulário específico. Pode ser considerada num nível médio de dificuldade.

Questão 2: envolve o conhecimento e a aplicação da conservação da energia, da conservação da quantidade de movimento, e da força de atrito, especialmente os limites entre o atrito estático e dinâmico. Envolve também a síntese, já que, para sua resolução, há necessidade de combinar os conceitos, a fim de compreender a situação proposta pelo problema. A linguagem usada é altamente simbólica. O mesmo tipo de problema poderia tornar-se mais significativo para o aluno e um exercício menos árido, se usasse uma situação de parque de diversão. Pode-se classificar a questão como muito difícil, especialmente o item b.

Questão 3: Envolve o conhecimento e aplicação de Leis dos Gases, do conceito de pressão e da Lei de Stevin, assuntos que muitas vezes não são aprofundados no Ensino Médio. O texto da questão é longo, pois é necessário esclarecer cada momento da situação criada. É uma questão difícil, sendo o item "a" mais fácil que os itens "b" e "c".

Questão 4: Envolve o conhecimento e compreensão dos conceitos de estática e eletrostática, além de relacionar Mecânica e Eletricidade. É uma questão que se pode considerar de dificuldade média no item "a" e difícil no item "b".

Questão 5: É uma das questões mais fáceis da prova, pois o assunto superfluidos, apesar de nem sempre ser tratado em livros, é de fácil compreensão pelo texto da questão. Exige o conhecimento e a compreensão dos assuntos envolvidos. A maioria dos alunos que estivesse

preparada para o exame deveria conseguir fazer, portanto, é uma questão que ajuda na classificação dos alunos.

Questão 6: Exige o conhecimento e aplicação dos conceitos de eletromagnetismo, sendo um assunto fundamental, pois é dessa situação que se tem a geração de força eletromotriz. O item “c” é o mais difícil, pois exige do aluno o esboço de um gráfico, que é uma habilidade que poucos alunos dominam. Os demais itens são de dificuldade média.

Questão 7: Exige conhecimento, e aplicação da resolução de circuitos elétricos, que é vista em Eletrodinâmica. Como inclui uma definição da função do diodo, assunto que não faz parte do currículo de Ensino Médio, pode ter levado o aluno a não resolvê-la. O enunciado não é muito claro, e podemos considerá-la uma questão difícil.

Questão 8: É uma questão que pede conhecimento e compreensão de conceitos de hidrostática. O item “a” pode ser considerado fácil, em compensação, os itens “b” e “c” são muito difíceis, por exigirem do aluno uma análise do que está ocorrendo, além da construção de gráfico.

Questão 9: A única questão a abordar óptica na prova, aborda a óptica geométrica, exigindo conhecimento e compreensão de reflexão e lentes para sua resolução. O enunciado traz uma situação ligada ao cotidiano do aluno, o que faz com que ganhe um significado, que facilita e estimula a solução do problema. É um exercício de resolução geométrica, acima de tudo, que podemos considerar de nível médio. Fazer os desenhos correspondentes aos três itens num único esquema pode ter dificultado a sua resolução. Não foi pedida a justificativa das construções, portanto, não se pode saber que tipo de raciocínio o aluno usou para fazer sua construção.

Questão 10: Uma das mais difíceis da prova, essa questão envolve compreensão, aplicação e síntese de vários conceitos de dinâmica. Envolve uma força desconhecida pelo aluno, e a força de atrito, junto com a rotação das rodas, o que pode confundir o aluno.

Os conteúdos estão distribuídos da seguinte forma: Cinemática (questão 1), Dinâmica (questões 1,2,4,10), Termodinâmica (questões 3 e 5), Hidrostática (questões 3 e 8), Eletrostática (questão 4), Eletrodinâmica (questão 7), Eletromagnetismo (questão 6), Óptica Geométrica (questão 9)

Como sempre ocorre, as questões relativas ao estudo de Mecânica são em maior número, seguidas pelas de Eletricidade. Percebe-se também a busca de inter-relações entre as diferentes partes do conteúdo, o que nem sempre é feito durante as aulas, onde a Física é dividida e aparece para o aluno, muitas vezes, como “compartimentos estanques”.

É muito importante que os professores busquem que seus alunos façam essas relações, através da proposição de problemas que levem à discussão dos conceitos e às suas aplicações, e de situações em que percebam essa inter-relação.

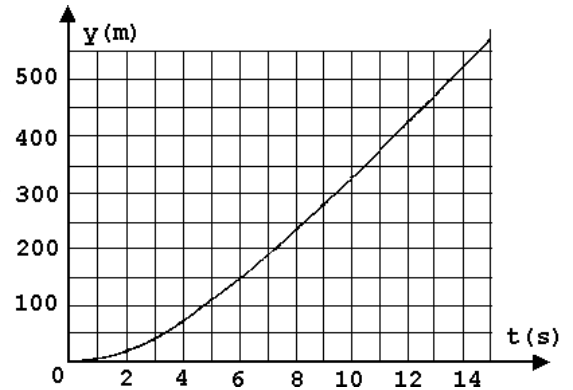
Para uma prova como essa, é necessário que a linguagem simbólica da Matemática seja completamente dominada pelo aluno, o que recomenda que sejam feitas sequências de exercícios, inclusive de exercício literais. Infelizmente, essa cobrança faz com que muitas vezes a Física transforme-se em descobrir que relação matemática deve ser usada para resolver o problema, perdendo-se muito do conceito e da interpretação da situação.

Questão
01

Quando necessário, adote para a aceleração da gravidade o valor $g=10\text{m/s}^2$; para a densidade da água, o valor 1.000 kg/m^3 e para o calor específico da água, o valor de $1,0\text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

O gráfico abaixo descreve o deslocamento vertical y , para baixo, de um surfista aéreo de massa igual a 75 kg , em função do tempo t . A origem $y=0$, em $t=0$, é tomada na altura do salto. Nesse movimento, a força R de resistência do ar é proporcional ao quadrado da velocidade v do surfista ($R=kv^2$, onde k é uma constante que depende principalmente da densidade do ar e da geometria do surfista). A velocidade inicial do surfista é nula; cresce com o tempo, por aproximadamente 10s , e tende para uma velocidade constante denominada velocidade limite (v_L). Determine:

- O valor da velocidade limite v_L .
- O valor da constante k no SI.
- A aceleração do surfista quando sua velocidade é a metade da velocidade limite.



RESPOSTA

- Para $t \geq 10\text{ s}$, velocidade $= v_L = \text{constante}$ e $v_L = \frac{\Delta y}{\Delta t}$
 Pelo gráfico: $t \quad y$
 $10\text{ s} \quad 325\text{ m}$
 $14\text{ s} \quad 525\text{ m}$
 $\Delta y = 525 - 325 = 200\text{ m}$ e $\Delta t = 14 - 10 = 4\text{ s}$
 $v_L = \frac{200}{4}\text{ m/s}$ $v_L = 50\text{ m/s}$

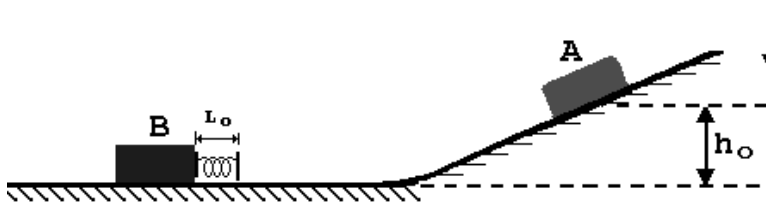
- Para $t \geq 10\text{ s}$, $v = v_L = \text{cte} \Rightarrow$ força resultante nula
 $0 = mg - R \therefore R = mg$, mas $R = kv_L^2$ e assim $kv_L^2 = mg(1)$
 $k = \frac{mg}{v_L^2} = \frac{75 \times 10}{50^2}\text{ SI}$ $k = 0,30\text{ kg/m}$

- Em qualquer instante: $ma = mg - kv^2$
 $a = g - \frac{kv^2}{m}$
 Quando $v = \frac{v_L}{2}$
 $a = g - \frac{kv_L^2}{4m}$. Da relação (1) temos: $v_L^2 = \frac{mg}{k}$
 $a = g - \frac{k \cdot \frac{mg}{k}}{4m \cdot k} = g - \frac{g}{4} = \frac{3}{4}g$
 $a = 7,5\text{ m/s}^2$

Questão
02

Sobre a parte horizontal da superfície representada na figura, encontra-se parado um corpo B de massa M, no qual está presa uma mola ideal de comprimento natural L_0 e constante elástica k. Os coeficientes de atrito estático e dinâmico, entre o corpo B e o plano, são iguais e valem μ . Um outro corpo A, também de massa M, é abandonado na parte inclinada. O atrito entre o corpo A e a superfície é desprezível. Determine:

- A máxima altura h_0 , na qual o corpo A pode ser abandonado, para que, após colidir com o corpo B, retorne até a altura original h_0 .
- O valor da deformação X da mola, durante a colisão, no instante em que os corpos A e B têm a mesma velocidade, na situação em que o corpo A é abandonado de uma altura $H > h_0$. (Despreze o trabalho realizado pelo atrito durante a colisão).



	IA (x 100)	
	C	M
H	13	19
B	11	16
E	9	11
TODOS	12	17

RESPOSTA

- Se A retorna até a altura em que é abandonado, B não se movimenta e $F_{mola} = kx \leq \mu Mg$
Para a altura h_0 , $kx = \mu Mg$ e se $x = \frac{\mu mg}{k}$ (1)

Pela conservação da energia mecânica:

$$\frac{1}{2} kx^2 = Mgh_0, \text{ pois A tem velocidade nula no instante em que a deformação da mola é } x.$$

$$h_0 = \frac{k}{2Mg} x^2. \text{ Utilizando a relação (1) } \boxed{h_0 = \frac{\mu^2 Mg}{2k}}$$

	ID	
	C	M
H	0,22	0,29
B	0,22	0,28
E	0,15	0,23
TODOS	0,22	0,28

- Seja T o instante em que a força da mola se iguala à força de atrito. A partir deste instante, B começa a se movimentar.

No instante T: B está parado
A tem velocidade V_A
força da mola $kx = \mu Mg$

Pela conservação da energia:

$$MgH = \frac{1}{2} MV_A^2 + \frac{1}{2} kx^2 (2): V_A^2 = 2gH - \frac{\mu^2 Mg^2}{k} = 2gH - 2g \left(\frac{\mu^2 Mg}{2k} \right)$$

$$V_A^2 = 2gH - 2gh_0 \quad (3) \quad h_0 \text{ (do item a)}$$

Após T, quando A e B têm a mesma velocidade V' , pela conservação da quantidade de movimento

$$MV_A = 2MV' \quad (V' = V_A' = V_B') \therefore V' = \frac{V_A}{2} \quad (4)$$

Conservação da energia

$$\frac{1}{2} kx^2 + \frac{1}{2} MV_A^2 = \frac{1}{2} kx'^2 + \frac{1}{2} (2M) V'^2$$

$$MgH = \frac{1}{2} kx'^2 + \frac{1}{2} 2M \frac{V_A^2}{4} \quad (\text{utilizando (2) e (4)})$$

$$\frac{1}{2} kx'^2 = MgH - \frac{M}{4} V_A^2 = MgH - \frac{M}{4} (2gH - 2gh_0) \quad (\text{utilizando (3)})$$

$$\frac{1}{2} kx'^2 = \frac{MgH}{2} + \frac{Mgh_0}{2} \quad \text{como } X = x'$$

$$\boxed{X = \sqrt{\frac{MgH}{k} \left(1 + \frac{h_0}{H} \right)}} \text{ onde } h_0 \text{ foi determinado no item a)}$$

Obs: para $H \gg h_0$, a expressão se reduz a $\boxed{X = \sqrt{\frac{MgH}{k}}}$

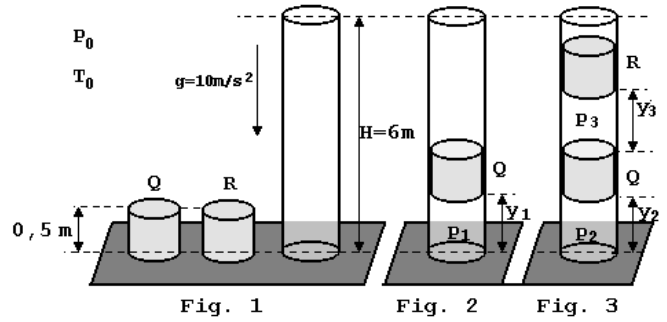
Questão
03

	IA (x 100)	
	C	M
H	14	24
B	14	24
E	7	15
TODOS	14	23

	ID	
	C	M
H	0,37	0,52
B	0,40	0,53
E	0,20	0,24
TODOS	0,38	0,52

Na figura 1 estão representados um tubo vertical, com a extremidade superior aberta, e dois cilindros maciços Q e R. A altura do tubo é $H=6,0\text{m}$ e a área de sua seção transversal interna é $S=0,010\text{m}^2$. Os cilindros Q e R têm massa $M=50\text{kg}$ e altura $h=0,5\text{m}$, cada um. Eles se encaixam perfeitamente no tubo, podendo nele escorregar sem atrito, mantendo uma vedação perfeita. Inicialmente, o cilindro Q é inserido no tubo. Após ele ter atingido a posição de equilíbrio y_1 , indicada na figura 2, o cilindro R é inserido no tubo. Os dois cilindros se deslocam então para as posições de equilíbrio indicadas na figura 3. A parede do tubo é tão boa condutora de calor que durante todo o processo a temperatura dentro do tubo pode ser considerada constante e igual à temperatura ambiente T_0 . Sendo a pressão atmosférica $P_0=10^5\text{Pa}$ ($1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$), nas condições do experimento, determine:

- A altura de equilíbrio inicial y_1 do cilindro Q.
- A pressão P_2 do gás aprisionado pelo cilindro Q e a altura de equilíbrio final y_2 do cilindro Q, na situação da Fig.3.
- A distância y_3 entre os dois cilindros, na situação da Fig.3.



RESPOSTA

- a) Transformação isotérmica (temperatura constante)

$$P_1 V_1 = P_0 V_0 \Rightarrow P_1 (S y_1) = P_0 (S H) \Rightarrow y_1 = H \frac{P_0}{P_1} \quad (1)$$

No equilíbrio: $P_1 = P_0 + P_Q$ (2), onde $P_Q = \frac{Mg}{S} = 0,5 \times 10^5 \text{Pa} = 0,5 P_0$

De (1) e (2), temos $y_1 = \frac{H}{1 + \frac{P_Q}{P_0}}$
 $y_1 = \frac{6,0}{1,5} \text{ m} \quad \boxed{y_1 = 4 \text{ m}}$

- b) No equilíbrio: $P_3 = P_R + P_0$ onde $P_R = \frac{Mg}{S} = P_Q = 0,5 P_0$

$$P_2 = P_Q + P_3 \Rightarrow P_2 = P_Q + P_R + P_0$$

$$P_2 = 2P_0 = 2 \times 10^5 \text{Pa}$$

Transformação isotérmica:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_0 (S H) = P_2 (S y_2) \Rightarrow y_2 = \frac{P_0}{P_2} H = \frac{P_0}{2P_0} H$$

$$y_2 = \frac{H}{2} \quad \boxed{y_2 = 3 \text{ m}}$$

- c) No equilíbrio: $P_3 = P_R + P_0 = 1,5 P_0$

Transformação isotérmica

$$P_3 V_3 = P_0 [V_0'] \text{ onde } V_0' = (H - y_1 - h) S$$

$$P_3 (S y_3) = P_0 [S(H - y_1 - h)] \Rightarrow y_3 = \frac{P_0 [H - y_1 - h]}{P_3} = \frac{P_0 [6,0 - 4,0 - 0,5]}{1,5 P_0}$$

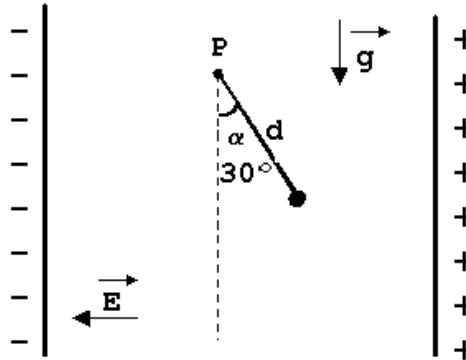
$$\boxed{y_3 = 1 \text{ m}}$$

Questão 04

Um pêndulo, constituído de uma pequena esfera, com carga elétrica $q=+2,0 \times 10^{-9}C$ e massa $m=3\sqrt{3} \times 10^{-4}kg$, ligada a uma haste eletricamente isolante, de comprimento $d=0,40m$, e massa desprezível, é colocado num campo elétrico constante \vec{E} ($|\vec{E}|=1,5 \times 10^6 N/C$). Esse campo é criado por duas placas condutoras verticais, carregadas eletricamente.

O pêndulo é solto na posição em que a haste forma um ângulo $\alpha=30^\circ$ com a vertical (ver figura) e, assim, ele passa a oscilar em torno de uma posição de equilíbrio. São dados $\text{sen}30^\circ=1/2$; $\text{sen}45^\circ=1/\sqrt{2}$; $\text{sen}60^\circ=\sqrt{3}/2$. Na situação apresentada, considerando-se desprezíveis os atritos, determine:

- a) Os valores dos ângulos α_1 , que a haste forma com a vertical, na posição de equilíbrio, e α_2 , que a haste forma com a vertical na posição de máximo deslocamento angular. Represente esses ângulos na figura dada.



- b) A energia cinética K, da esfera, quando ela passa pela posição de equilíbrio.

IA (x 100)		
	C	M
H	10	16
B	8	14
E	4	8
TODOS	8	14

ID		
	C	M
H	0,22	0,28
B	0,20	0,28
E	0,11	0,14
TODOS	0,21	0,28

RESPOSTA

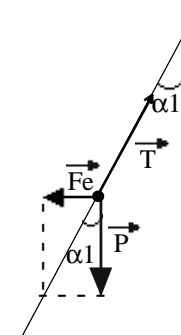
- a) Posição de equilíbrio

$$\text{tg}\alpha_1 = \frac{F_e}{P}$$

$$\text{tg}\alpha_1 = \frac{qE}{mg} = \frac{2,0 \times 10^{-9} \times 1,5 \times 10^6}{3\sqrt{3} \times 10^{-4} \times 10} = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow \alpha_1 = 30^\circ$$

O ângulo máximo α_2 deve corresponder à posição simétrica à posição inicial, com relação à direção da posição de equilíbrio (ou da força resultante).

$$\alpha_2 = 90^\circ$$



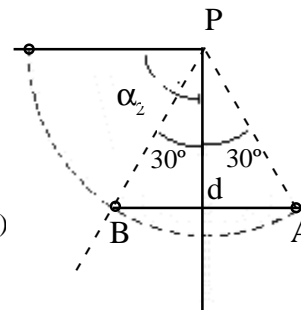
- b) Teorema da energia cinética

$$\tau_{\text{total}} = \Delta E_c$$

$$\tau_{\text{total}} = \tau_p + \tau_t + \tau_{Fe}$$

τ_p - trabalho realizado pela força peso
 τ_t - trabalho realizado pela tensão no fio
 τ_{Fe} - trabalho realizado pela força eletrostática
 $\tau_p = 0$; $\tau_t = 0$ e $\tau_{Fe} = qEd$ (sendo d a distância entre os pontos A e B)
 $\Delta E_c = E_C^B - E_C^A = qEd$, mas $E_C^A = 0$ e $d = 0,4$ m (triângulo equilátero)
 $K = E_C^B = qEd = (2 \times 10^{-9}) \times (1,5 \times 10^6) \times 0,4$ (J)

$$K = 1,2 \times 10^{-3} \text{ J}$$



Questão
05

Quando água pura é cuidadosamente resfriada, nas condições normais de pressão, pode permanecer no estado líquido até temperaturas inferiores a 0°C, num estado instável de “superfusão”. Se o sistema é perturbado, por exemplo, por vibração, parte da água se transforma em gelo e o sistema se aquece até se estabilizar em 0°C. O calor latente de fusão da água é $L = 80 \text{ cal/g}$.
Considerando-se um recipiente termicamente isolado e de capacidade térmica desprezível, contendo um litro de água a $-5,6^\circ\text{C}$, à pressão normal, determine:

- a) A quantidade, em g, de gelo formada, quando o sistema é perturbado e atinge uma situação de equilíbrio a 0°C.
- b) A temperatura final de equilíbrio do sistema e a quantidade de gelo existente (considerando-se o sistema inicial no estado de “superfusão” a $-5,6^\circ\text{C}$), ao colocar-se, no recipiente, um bloco metálico de capacidade térmica $C=400\text{cal}/^\circ\text{C}$, na temperatura de 91°C .

IA (x 100)

	C	M
H	52	61
B	47	54
E	40	47
TODOS	49	56

RESPOSTA

ID

	C	M
H	0,42	0,31
B	0,51	0,44
E	0,55	0,48
TODOS	0,50	0,41

- a) Sistema termicamente isolado

Balanco energético
 $M_a C_a \Delta T + M_g L = 0$

$M_a = \text{massa de água} = 10^3 \text{ g}$

$M_g = \text{massa de gelo}$

$10^3 \times 1 [0 - (-5,6)] = M_g (-80) = 0$

$5,6 \times 10^3 = 80 M_g \Rightarrow M_g = 70\text{g}$

- b) Condição inicial só água a $-5,6^\circ \text{C}$

Balanco energético

$M_a C_a [T_f - (-5,6)] + C (T_f - 91) = 0$

$10^3 \times 1 \times (T_f + 5,6) + 0,4 \times 10^3 (T_f - 91) = 0$

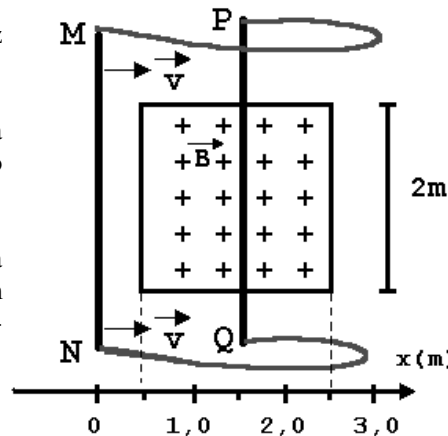
$10^3 T_f + 0,4 \times 10^3 T_f = -5,6 \times 10^3 + 36,4 \times 10^3 = 0$

$1,4 T_f = 30,8 \Rightarrow T_f = 22^\circ\text{C}$ e massa de gelo nula.

Questão
06

A figura representa, no plano do papel, uma região quadrada em que há um campo magnético uniforme de intensidade $B=9,0$ tesla, direção normal à folha e sentido entrando nela. Considere, nesse plano, o circuito com resistência total de $2,0\Omega$, formado por duas barras condutoras e paralelas MN e PQ e fios de ligação. A barra PQ é fixa e a MN se move com velocidade constante $v=5,0\text{m/s}$. No instante $t=0\text{s}$ a barra MN se encontra em $x=0\text{m}$. Supondo que ela passe por cima da barra PQ (sem nela encostar) e que os fios não se embaralhem,

- determine o valor ε , em volt, da força eletromotriz induzida no circuito quando MN está em $x=1,0\text{m}$.
- determine o valor F da força que age sobre a barra MN quando ela está em $x=1,0\text{m}$, devida à interação com o campo.
- represente num gráfico o valor da força F aplicada à barra MN, devida à interação com o campo, em função da posição x , no intervalo $0 < x < 3,0\text{m}$, indicando com clareza as escalas utilizadas.



		IA (x 100)	
		C	M
H		13	22
B		11	19
E		6	10
TODOS		12	19

		ID	
		C	M
H		0,32	0,47
B		0,30	0,43
E		0,16	0,25
TODOS		0,31	0,44

RESPOSTA

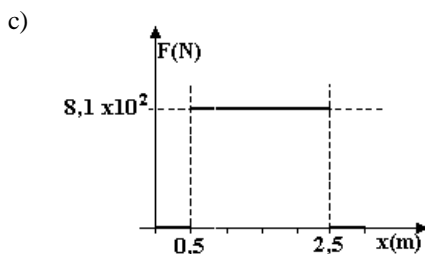
$$a) \quad \varepsilon = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B \Delta A}{\Delta t} = \frac{B L \Delta x}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = 90 \text{ V}$$

$$b) \quad F = B i l$$

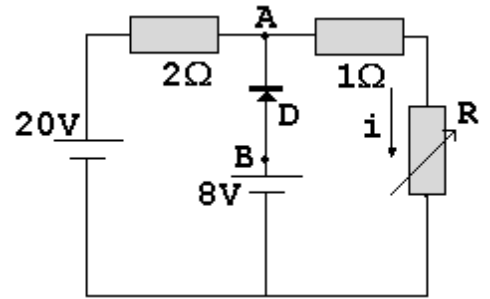
$$i = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{90}{2} = 45\text{A}$$

$$F = 9 \times 45 \times 2 = 8,1 \times 10^2 \text{ N} \quad \therefore \quad \boxed{F = 8,1 \times 10^2 \text{ N}}$$



Questão
07

No circuito da figura, o componente D, ligado entre os pontos A e B, é um diodo. Esse dispositivo se comporta, idealmente, como uma chave controlada pela diferença de potencial entre seus terminais. Sejam V_A e V_B as tensões dos pontos A e B, respectivamente. Se $V_B < V_A$, o diodo se comporta como uma chave aberta, não deixando fluir nenhuma corrente através dele, e se $V_B \geq V_A$, o diodo se comporta como uma chave fechada, de resistência tão pequena que pode ser desprezada, ligando o ponto B ao ponto A. O resistor R tem uma resistência variável de 0 a 2Ω . Nesse circuito, determine o valor da:



- Corrente i através do resistor R, quando a sua resistência é 2Ω .
- Corrente i_0 através do resistor R, quando a sua resistência é zero.
- Resistência R para a qual o diodo passa do estado de condução para o de não-condução e vice-versa.

		IA (x 100)	
		C	M
H		14	18
B		18	22
E		12	14
TODOS		16	20

		ID	
		C	M
H		0,15	0,19
B		0,23	0,26
E		0,12	0,10
TODOS		0,19	0,23

RESPOSTA

- a) Se o diodo fosse retirado do circuito, com $r = 2\Omega$

$$\text{A corrente } i = \frac{V}{R} = \frac{20}{2+1+2} = 4A$$

$$V_A = V_B - 8 + 20 - 2i' \therefore V_A = V_B + 4V \Rightarrow V_A > V_B, \text{ não passa corrente pelo}$$

$$\text{diodo} \Rightarrow i = i' \therefore \boxed{i = 4A}$$

- b) Se o diodo fosse retirado do circuito, com $r = 0$

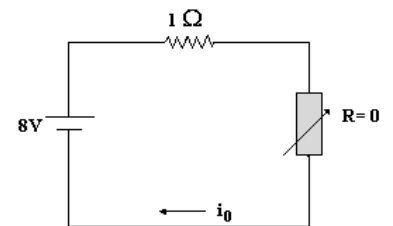
$$\text{A corrente } i = \frac{V}{R} = \frac{20}{2+1} = 6,66A$$

$$V_A = V_B - 8 + 20 - 2i_0' \therefore V_B - V_A = 8 - 20 - 2 \times 6,66 = 1,33V \Rightarrow$$

$$V_B > V_A, \text{ o diodo se comporta uma}$$

chave fechada e a malha que contém R se reduz a:

$$i_0 = \frac{8}{1} = 8A \quad \boxed{i_0 = 8A}$$

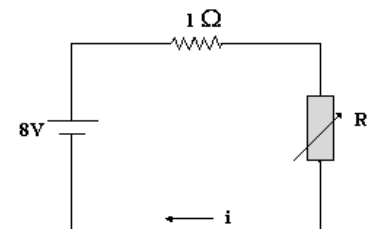


- c) Na condição dada: $V_A = V_B - 8 + 20 - 2i'$ e $V_A - V_B = 8 + 20 - 2i = 0 \Rightarrow i = \frac{12}{2} = 6A$

Como $V_A = V_B$, a malha que contém R fica:

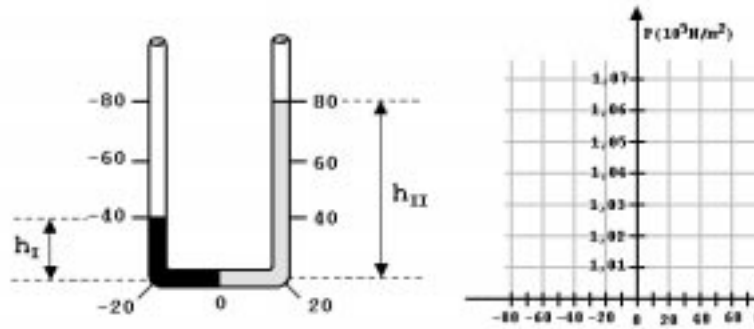
$$i = \frac{8}{1+R} = 6A \quad R = \frac{8}{6} - 1 = \frac{1}{3} \Omega$$

$$\boxed{R = 0,33 \Omega}$$



Questão 08

Um tubo em forma de U, graduado em centímetros, de pequeno diâmetro, seção constante, aberto nas extremidades, contém dois líquidos I e II, incompressíveis, em equilíbrio, e que não se misturam. A densidade do líquido I é $\rho_I = 1.800 \text{ kg/m}^3$ e as alturas $h_I = 20 \text{ cm}$ e $h_{II} = 60 \text{ cm}$, dos respectivos líquidos, estão representadas na figura. A pressão atmosférica local vale $P_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$.



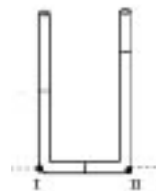
- a) Determine o valor da densidade ρ_{II} do líquido II.
- b) Faça um gráfico quantitativo da pressão P nos líquidos, em função da posição ao longo do tubo, utilizando os eixos desenhados acima. Considere zero (0) o ponto médio da base do tubo; considere valores positivos as marcas no tubo à direita do zero e negativos, à esquerda.
- c) Faça um gráfico quantitativo da pressão P' nos líquidos, em função da posição ao longo do tubo, na situação em que, através de um êmbolo, empurra-se o líquido II até que os níveis dos líquidos nas colunas se igualem, ficando novamente em equilíbrio. Utilize os mesmos eixos do item b.

		IA (x 100)	
	C	M	
H	26	32	
B	25	32	
E	21	29	
TODOS	25	32	

		ID	
	C	M	
H	0,32	0,35	
B	0,34	0,38	
E	0,31	0,36	
TODOS	0,34	0,37	

RESPOSTA

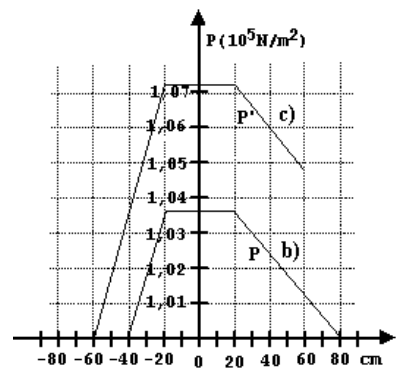
a) $P_I = \text{pressão no ponto I}$
 $P_{II} = \text{pressão no ponto II}$ } $P_I = P_{II} \Rightarrow \rho_I gh_I = \rho_{II} gh_{II} \Rightarrow \rho_{II} = \frac{h_I}{h_{II}} \rho_I$



$$\rho_{II} = \frac{20}{60} \times 1800 = 600 \text{ kg/m}^3$$

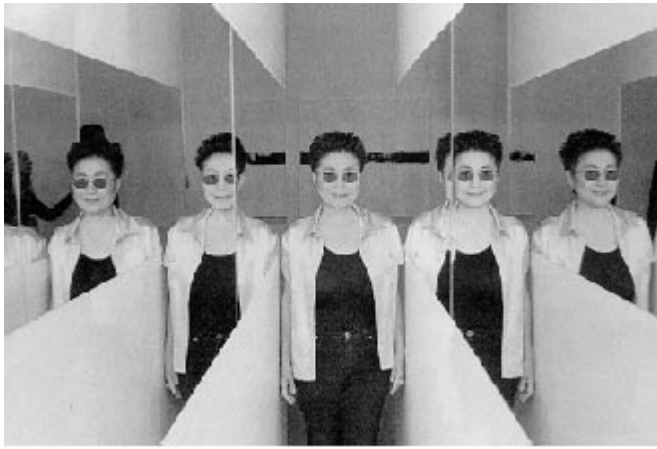
$\rho_{II} = 600 \text{ kg/m}^3$

- b) Valores da pressão P
- Na base do tubo de (-20 cm e +20 cm): constante
 $P_I = P_0 + \rho_I gh_I = 10^5 + 1800 \times 10 \times 0,2 = 1,036 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 - Em -40 cm: $P = P_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$
 - Em +80 cm: $P = P_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$
 - Entre -20cm e -40 cm: decresce linearmente
 - Entre +20 cm e +80 cm: decresce linearmente



- c) Nessa situação $h'_I = h'_{II} = 40 \text{ cm}$, valores da pressão P'
- Na base do tubo (de -20cm a +20cm)
 $P'_I = P_0 + \rho_I gh'_I = 10^5 + 1800 \times 10 \times 0,4 = 1,072 \times 10^5 \text{ N/m}^2$
 - Em -60 cm (em h'_I): $P_0 = 10^5 \text{ N/m}^2$
 - Em +80 cm (em h'_{II}): $P_{\text{êmbolo}} = P_e$
 - $P'_I = P_e + \rho_{II} h'_{II} g \Rightarrow P_e = P'_I - \rho_{II} h'_{II} g$
 - $P_e = 1,072 - 600 \times 0,4 \times 10 = 1,048 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

Questão
09



A foto foi publicada recentemente na imprensa, com a legenda: “REFLEXOS”: Yoko Ono “ENTRA” em uma de suas obras.

Um estudante, procurando entender como essa foto foi obtida, fez o esquema mostrado na folha de resposta, no qual representou Yoko Ono, vista de cima, sobre um plano horizontal e identificada como o objeto O. A letra d representa seu lado direito e a letra e seu lado esquerdo. A câmara fotográfica foi representada por uma lente L, delgada e convergente, localizada no

ponto médio entre O e o filme fotográfico. Ela focaliza as 5 imagens (I_0, I_1, I_2, I_1' e I_2' , todas de mesmo tamanho) de O sobre o filme. Assim, no esquema apresentado na folha de resposta:

IA (x 100)		
	C	M
H	18	24
B	18	22
E	17	23
TODOS	18	23

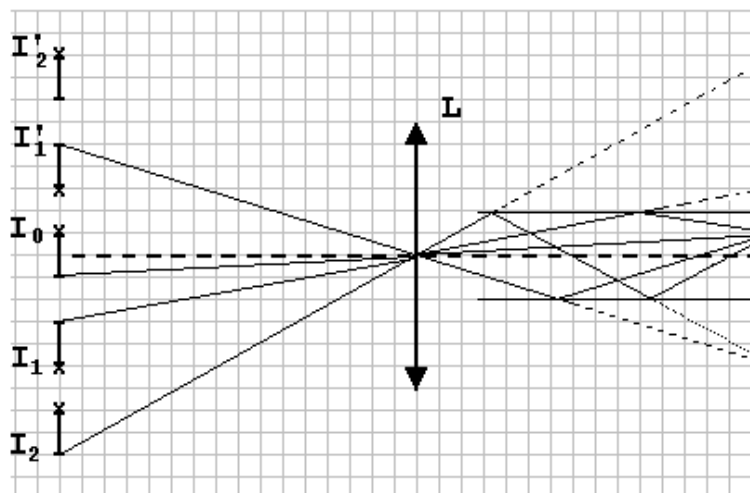
ID		
	C	M
H	0,23	0,29
B	0,24	0,28
E	0,21	0,32
TODOS	0,24	0,28

- Represente um ou mais espelhos planos que possibilitem obter a imagem I_1 . Identifique cada espelho com a letra E.
- Represente um ou mais espelhos planos que possibilitem obter a imagem I_1' . Identifique cada espelho com a letra E'.
- Trace, com linhas cheias, as trajetórias de 3 raios, partindo do extremo direito (d) do objeto O e terminando nos correspondentes extremos das três imagens I_0, I_1 e I_2 . Os prolongamentos dos raios, usados como auxiliares na construção, devem ser tracejados.

RESPOSTA

A construção considera que:

- Os espelhos são paralelos ao eixo óptico da lente, pois as imagens são do mesmo tamanho e igualmente espaçadas.
- Raios que passam pelo centro óptico da lente não são desviados
- Nos espelhos planos o prolongamento dos raios passam pelas imagens dos objetos refletidos no espelho.
- A imagem I_0 é obtida por raios que não sofrem reflexão nos espelhos.
- A imagem I_1 é obtida por raios que sofrem uma reflexão no espelho E.
- A imagem I_2 é obtida por raios que sofrem uma reflexão no espelho E e mais uma reflexão no espelho E'.



Questão
10

Um veículo para competição de aceleração (drag racing) tem massa $M=1100\text{kg}$, motor de potência máxima $P=2,64 \times 10^6\text{W}$ (~ 3.500 cavalos) e possui um aerofólio que lhe imprime uma força aerodinâmica vertical para baixo, F_a , desprezível em baixas velocidades. Tanto em altas quanto em baixas velocidades, a força vertical que o veículo aplica à pista horizontal está praticamente concentrada nas rodas motoras traseiras, de $0,40\text{m}$ de raio. Os coeficientes de atrito estático e dinâmico, entre os pneus e a pista, são iguais e valem $\mu=0,50$. Determine:

a) A máxima aceleração do veículo quando sua velocidade é de 120m/s , (432km/h), supondo que não haja escorregamento entre as rodas traseiras e a pista. Despreze a força horizontal de resistência do ar.



b) O mínimo valor da força vertical F_a , aplicada ao veículo pelo aerofólio, nas condições da questão anterior.

c) A potência desenvolvida pelo motor no momento da largada, quando: a velocidade angular das rodas traseiras é $\omega=600\text{rad/s}$, a velocidade do veículo é desprezível e as rodas estão escorregando (derrapando) sobre a pista.

RESPOSTA

a) $P_{\max} = F_{\max} \cdot v$; $P_{\max} = m a_{\max} \cdot v$
 $a_{\max} = \frac{P_{\max}}{Mv} = \frac{2,64 \times 10^6}{1,1 \times 10^3 \times 1,2 \times 10^2} = \frac{2,64 \times 10^6}{1,32 \times 10^5} = 20 \text{ m/s}^2$

$a_{\max} = 20 \text{ m/s}^2$

b) $Ma = \mu (F_a + Mg)$
 $F_a = \frac{Ma}{\mu} - Mg = M \left(\frac{a}{\mu} - g \right) = 1100 \left(\frac{20}{0,5} - 10 \right)$

$F_a = 3,3 \times 10^4 \text{ N}$

c) $P = F_{\text{at}} \cdot v$ $\left\{ \begin{array}{l} \Rightarrow F_{\text{at}} = \mu Mg \\ \quad = 0,5 \times 1100 \times 10 \\ \quad = 5,5 \times 10^3 \text{ N} \end{array} \right.$
 $\Rightarrow v = \omega R = 600 \times 0,4 = 240 \text{ m/s}$

$P = 5,5 \times 10^3 \times 2,4 \times 10^2 = 1,32 \times 10^6 \text{ W}$

$P = 1,32 \times 10^6 \text{ W}$

	IA (x 100)	
	C	M
H	13	20
B	14	21
E	8	14
TODOS	13	20

	ID	
	C	M
H	0,29	0,35
B	0,30	0,39
E	0,17	0,20
TODOS	0,29	0,37