OLIMPÍADAS INTERNACIONAIS DE FÍSICA

Problema Experimental (XXVII IPhO, Oslo 1996)

Publica-se o enunciado e resolução do problema experimental saido na XXVII Olimpíada Internacional de Física realizada em Oslo, em Julho passado. No enunciado indica-se a cotação atribuída a cada item.

SUMÁRIO: Este conjunto de problemas cobre vários tópicos de física. Em primeiro lugar, serão exploradas algumas propriedades mecânicas do pêndulo físico, e deverás ser capaz de determinar a aceleração da gravidade. A seguir, adicionam-se forças magnéticas ao pêndulo. Nesta parte do trabalho é medido o campo magnético produzido por um magnete permanente usando um sensor. Será também determinado o momento magnético de um pequeno magnete permanente. Além disso, será apresentada uma questão de óptica relacionada com o equipamento experimental.

I. ENUNCIADO DA PROVA EXPERIMENTAL

INSTRUMENTAÇÃO

Tens disponível o seguinte equipamento (ver Fig. 1): A — Montagem em alumínio; B — Barra de latão roscada contendo, na extremidade pintada de branco, um minúsculo magnete e, na outra extremidade, um pequeno pedaço de ferro incrustado (mas que não será usado nesta prova); C — 2 porcas com uma superfície reflectora na parte lateral; D — Medidor do período de oscilação ("timer") com mostrador digital; E — Sensor de campo magnético (por efeito Hall), solidário com a prateleira; F — Pilha de 9 V; G — Multímetro Fluke, modelo 75; H — 2 fios de ligação; I — Fios de ligação à pilha; J — Base cilíndrica em PVC (material plástico cinzento); K — Barra roscada ligada a uma peça em PVC com um magnete na extremidade; L — Pequeno cilindro em PVC com 25,0 mm de altura (para ser usado como calço ou espaçador); M — Régua.

Procura garantir a estabilidade da montagem, alterando a sua posição sobre a mesa ou usando um pedaço de papel por baixo de modo a compensar possíveis irregularidades da superfície.

O **pêndulo** deve ser montado como mostra a Fig. 1. A barra longa e roscada que serve de pêndulo físico é suspensa do suporte por uma das porcas. Cada porca tem uma ranhura que deve apoiar nas lâminas verticais, funcionando como um eixo de rotação horizontal. A superfície reflectora da porca é usada na medição do período de oscilação e deve estar sempre voltada para o timer.

O **timer** determina, em segundos, o período de oscilação do pêndulo, com uma incerteza de $\pm$ 1 ms. O timer possui uma pequena fonte de luz infravermelha do lado direito do seu mostrador (quando visto de frente), e um detector de infravermelhos posicionado junto ao emissor. A luz infravermelha do emissor é reflectida pela superfície espelhada da porca. No mostrador, o ponto decimal acende quando a luz reflectida atinge o detector. Para funcionar correctamente a posição do timer deve ser ajustada verticalmente pelo parafuso de ajuste (ver N na Fig. 1). O ponto decimal poderá acender uma vez ou duas vezes por cada período de oscilação consoante o ajustamento efectuado. O medidor indica correctamente o período de oscilação, T, quando o ponto decimal acende duas vezes. No caso de acender apenas uma vez, o número indicado é $2T$. Um outro ponto vermelho que pode aparecer a seguir ao *último* dígito acende quando a pilha está descarregada. Se precisares de substituir a pilha pede ajuda.

O uso do **multímetro** é descrito a seguir:

Usa as entradas "VΩ" e "COM". Roda o comutador para tensão DC. O mostrador indica então a tensão DC em volts. A incerteza do instrumento quando utilizado nestas condições é de $\pm$ (0,4% + 1 digit).

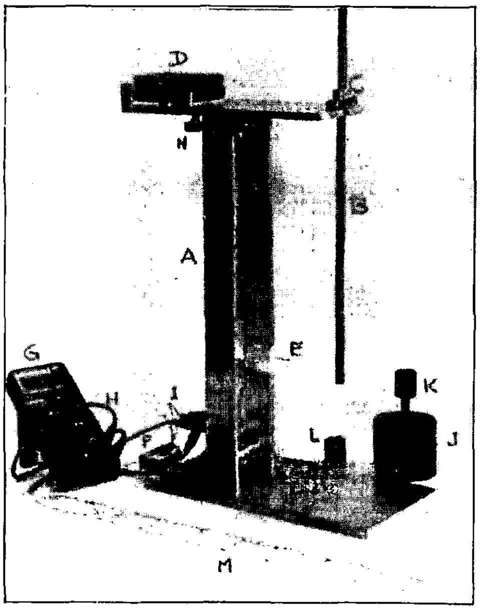


Fig. 1

NORMA DE SEGURANÇA: Toma cuidado com as duas lâminas colocadas verticalmente na parte superior do suporte. As lâminas estão muito bem afiadas!

A Secção "Olimpíadas de Física" é coordenada por Manuel Fiolhais e Adriano Lima, Departamento de Física, Universidade de Coimbra, 3000 Coimbra; tel. 039-410615, fax 039-29158, e-mail tmanuel@hydra.ci.uc.pt. Agradece-se a colaboração de Gustavo Botte na preparação da Secção para este número da Gazeta.

O PÊNDULO FÍSICO

Um *pêndulo físico* é um objecto extenso, de forma arbitrária, que pode rodar em torno de um eixo fixo. Para um pêndulo físico de massa M, oscilando em torno de um eixo horizontal a uma distância, l, do seu centro de massa, o período, T, é, para pequenas oscilações, dado por:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}\sqrt{\frac{I}{Ml} + l} \tag{1}$$

Aqui, g é a aceleração da gravidade, e I é o momento de inércia do pêndulo relativamente a um eixo paralelo ao eixo de rotação e que passa pelo centro de massa.

A Fig. 2 mostra, em esquema, o pêndulo físico que irás utilizar. O pêndulo é constituído por uma barra metálica cilíndrica, de facto um parafuso comprido, com comprimento total L, raio médio, R, e, pelo menos, uma porca. Os valores das várias dimensões e das massas estão sumariadas na Tabela 1. Rodando a porca podes colocá-la em qualquer posição ao longo da barra. A Fig. 2 define duas distâncias, x e l, que descrevem a posição do eixo de rotação, relativamente ao topo da barra e ao centro de massa do pêndulo, respectivamente.

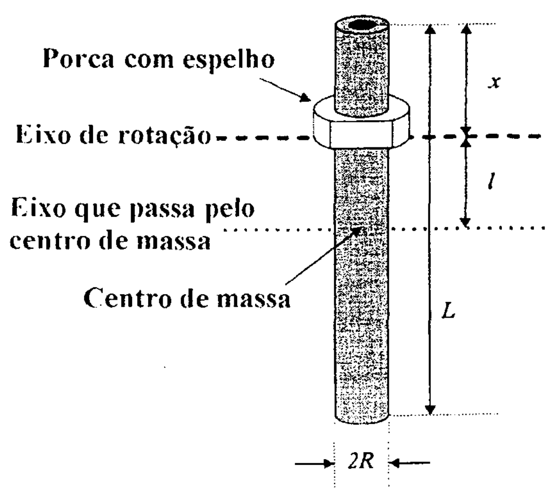


Fig. 2 — Desenho esquemático do pêndulo com a definição de quantidades relevantes.

Tabela 1 — Dimensões e massas relativas ao pêndulo

Barra	Comprimento	L	$(400,0 \pm 0.4)$ mm
	Raio médio	R	$(4,4 \pm 0.1)$ mm
	Massa	M_{ROD}	$(210,2 \pm 0.2) \cdot 10^{-3}$ kg
	Distância entre espiras na rosca (passo da rosca)		$(1,5000 \pm 0.0008)$ mm
Porca	Altura	h	$(9,50 \pm 0,05)$ mm
	Profundidade da ranhura	d	$(0,55 \pm 0,05)$ mm
	Massa	M_{NUT}	$(4,89 \pm 0,03) \cdot 10^{-3}$ kg

Lembra-te que não será atribuída qualquer cotação a estimativas de erros excepto na pergunta 2c. Espera-se, porém, que todas as respostas sejam apresentadas com o número correcto de algarismos significativos.

QUESTÕES EXPERIMENTAIS POSTAS

1. Período de oscilação em função da posição do eixo de rotação (4 pontos)

a) Mede o período de oscilação, T, em função da posição x, e apresenta os resultados numa tabela.

b) Representa T em função de x num gráfico. Considera que 1 mm no gráfico corresponde a 1 mm em x e a 1 ms em T. Para quantas posições ocorre um período de oscilação igual a $T = 950$ ms, $T = 1000$ ms e a $T = 1100$ ms, respectivamente?

c) Determina os valores de x e de l correspondentes ao valor mínimo de T.

2. Determinação de g (5 pontos)

Um dado pêndulo físico com momento de inércia, I, *fixo*, pode, nalguns casos, ter o mesmo período de rotação, T, para duas posições diferentes do eixo de rotação. Designemos por l_1 e l_2 as distâncias do centro de massa a essas posições do eixo de rotação. A seguinte equação é então válida:

$$l_1 l_2 = \frac{I}{M} \tag{2}$$

a) A Fig. 3 representa um pêndulo físico com um eixo de rotação à distância do seu centro de massa. Usa a informação dada na legenda da figura e indica *todas* as posições onde pode ser colocado o eixo de rotação sem modificar o período de oscilação.

Fig. 3 — Representa na figura todas as posições em que pode ser colocado um eixo de rotação (perpendicular ao plano do papel) sem que seja alterado o período de oscilação do pêndulo. Considera que neste caso (representado em escala 1:1) se tem $I/M = 2100$ mm^2.

b) Determina, com a melhor precisão possível, o valor da aceleração da gravidade g, em Oslo.

Nota: Há mais do que um processo de resolver esta questão. Poderá ser necessário proceder a novas medições. Indica *claramente* através de equações, desenhos, cálculos, etc. o método que usaste.

c) Apresenta uma estimativa da incerteza na tua medida e indica o valor de g com as margens de erro.

3. Geometria do sistema óptico (3 pontos)

a) Usando a observação directa e alguma argumentação, caracteriza qualitativamente e quantitativamente a forma da superfície reflectora da porca (superfície espelhada). (Podes usar a luz de uma lâmpada que esteja próxima.)

Opções (várias podem ser aplicadas):

1. Espelho plano
2. Espelho esférico
3. Espelho cilíndrico
4. Espelho côncavo
5. Espelho convexo

No casos 2 a 5 determina o raio de curvatura.

b) Considera a fonte de luz como pontual e que o detector é uma simples célula fotoeléctrica. Através de uma figura mostra como, na montagem experimental, a luz vinda do emissor é reflectida na superfície espelhada da porca (apresenta a vista de topo e a de lado). A Fig. 4 mostra um plano vertical que contém o mostrador do timer (visto de frente). Indica nesta figura toda a região em que a luz reflectida incide neste plano quando o pêndulo está vertical.

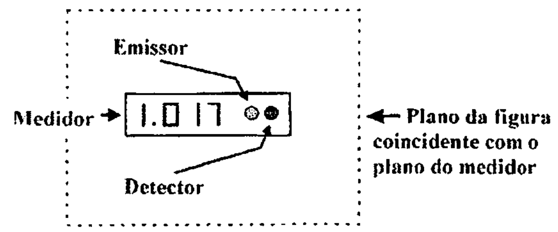


Fig. 4 — Indica toda a área onde incide a luz reflectida quando o pêndulo está na posição vertical.

4. Medição do campo magnético (4 pontos)

Vais agora utilizar um sensor (sensor de efeito Hall) para medir o campo magnético. O voltímetro indica uma tensão que depende linearmente do campo magnético vertical no sensor. O coeficiente campo-tensão é $\Delta V / \Delta B = 22{,}6$ V/T (Volt/Tesla). O sensor dá uma tensão não nula (tensão de offset) quando o campo magnético é nulo. Despreza o campo magnético terestre.

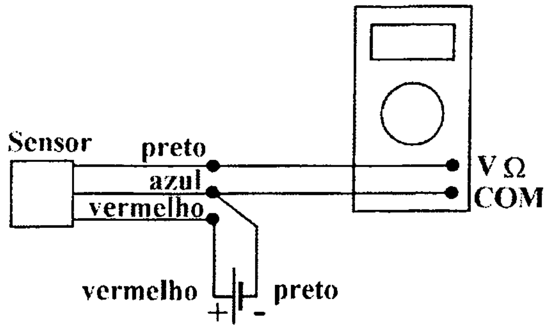


Fig. 5 — Sistema para detecção do campo magnético.

a) Executa as ligações indicadas na figura acima. Determina a tensão de offset, V_0.

Um magnete permanente em forma de disco está montado numa base. O magnete permanente pode ser deslocado verticalmente rodando o parafuso onde está instalado. Este parafuso tem uma rosca idêntica à da barra que constitui o pêndulo. As dimensões do magnete permanente são: espessura $t = 2{,}7$ mm, raio $r = 12{,}5$ mm.

b) Usa o sensor de efeito Hall para medir, ao longo do eixo, o campo magnético vertical, B, criado pelo magnete permanente (ver Fig. 6). Efectua medições na região compreendida entre $y = 26$ mm (usa como calço o cilindro pequeno) até $y = 3.5$ mm, correspondendo $y = 1$ mm *à situação em que o sensor e o magnete permanente estão em contacto directo.* Apresenta num gráfico os teus resultados para B em função de y.

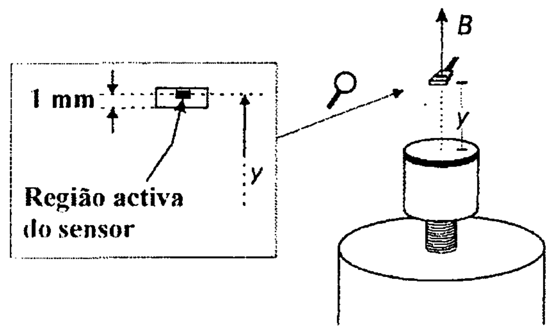


Fig. 6 — Definição da distância y entre o topo do magnete e a parte activa do sensor.

c) Pode demonstrar-se que o campo ao longo do eixo dum magnete cilíndrico é dado pela fórmula

$$B(y) = B_0\left[\frac{y+t}{\sqrt{(y+t)^2 + r^2}} - \frac{y}{\sqrt{y^2 + r^2}}\right] \qquad (3)$$

onde t é a espessura do magnete cilíndrico e r o seu raio. O parâmetro B_0 caracteriza a intensidade do campo produzido pelo magnete. Determina o valor de B_0 para o teu magnete [1]. Baseia a tua determinação em dois valores de B obtidos para diferentes valores de y.

5. Determinação do momento dipolar magnético (4 pontos)

Um pequeno magnete está colocado na extremidade branca da barra do pêndulo. Monta de novo o pêndulo com a sua extremidade magnética para baixo e **$x = 100$ mm**. Coloca o dispositivo onde está o magnete

[1] $2B_0$ é uma propriedade do magnete designada por magnética remanescente, B_r.

permanente sob o pêndulo, de forma a que o magnete permanente e o pêndulo tenham em comum o eixo vertical. O alinhamento deve ser feito com o magnete permanente na sua posição mais baixa. (Evita sempre o contacto directo entre o magnete permanente e a extremidade magnética do pêndulo.)

a) Seja z o espaçamento entre o magnete permanente e extremidade inferior do pêndulo. Mede o período de oscilação, T, em função da distância, z. A série de medidas deve cobrir o intevalo de $z = 25$ mm até $z = 5.5$ mm usando oscilações de amplitude tão pequena quanto possível. Toma atenção à possibilidade de o timer indicar o tempo $2T$ (lembra-te da nota relativa ao timer na parte *Instrumentação* anteriormente descrita). Representa graficamente T em função de z.

b) Com a interacção magnética adicional o pêndulo tem um período de oscilação, T, que varia com z de acordo com a relação:

$$\frac{1}{T^2} \propto 1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z) \qquad (4)$$

Nesta expressão $\propto$ significa "proporcional a", e μ é o momento dipolar magnético do pequeno magnete colocado no pêndulo e B_0 é o parâmetro determinado na secção 4c. A função *f(z)* inclui a variação do campo magnético com a distância. Na Fig. 7 encontras, em representação gráfica, a função *f(z)* de que necessitas.

Escolhe um ponto apropriado no gráfico e determina o momento magnético desconhecido μ.

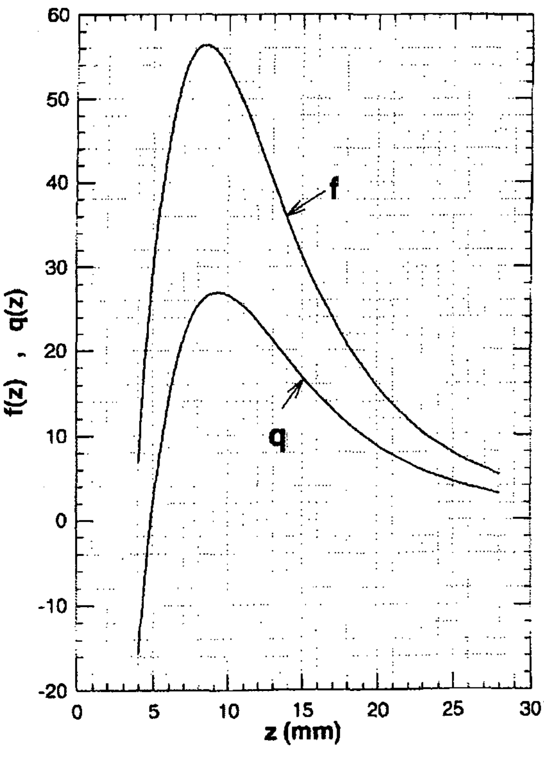


Fig. 7 — Gráfico da função adimensional *f*(*z*) usada na secção 5b.

II. RESOLUÇÃO DA PROVA EXPERIMENTAL

Este modelo de resposta indica tudo o que é exigido para atingir a cotação máxima de 20 pontos nesta prova. Apenas o texto é aqui apresentado com mais detalhe do que o necessário. Esta prova experimental recompensa os estudantes com criatividade, intuição e um correcto entendimento da física nela envolvida. Parágrafos com este, escritos em itálico, apresentam comentários adicionais.

Soluções alternativas, menos elegantes ou exigindo tempo de execução mais longo, são apresentadas neste tipo de quadros.

Respostas incorrectas ou menos precisas são indicadas em fundo cinzento.

Questão 1

1*a*) As medidas do número de voltas e correspondente posição x, atendendo a que a rosca é de 1.50mm/volta, são apresentadas na tabela seguinte:

n.° de voltas	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
x [mm]	10.0	25.0	40.0	55.0	70.0	85.0	100.0	115.0	130.0	145.0	160.0
T [ms]	1023	1005	989	976	967	964	969	987	1024	1094	1227

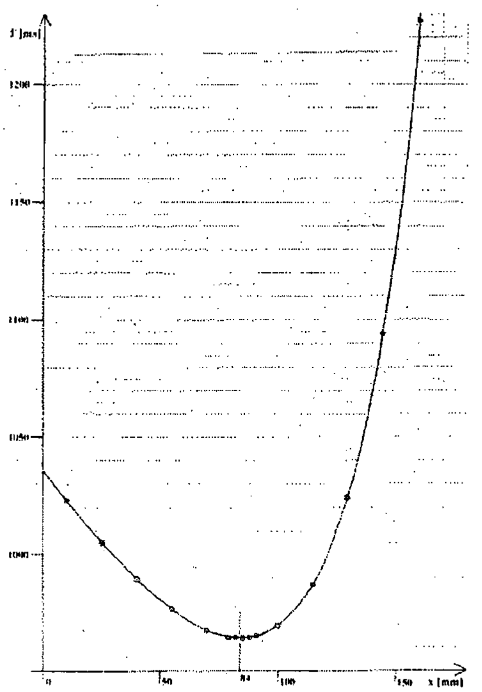
n.° de voltas	110	120		46	48	52	54				
x [mm]	1175.0	190.0		79.0	82.0	88.0	91.0				
T [ms]	1490	2303		964	964	964	965				

1*b*) Pelo gráfico se verifica que:

— não existe nenhuma posição x para que o período de oscilação seja T = 950 ms

— há duas posições para que o período de oscilação seja T = 1000 ms;

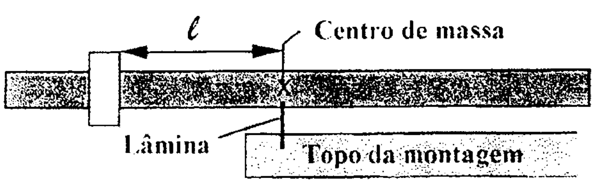
— há apenas uma posição para que o período de oscilação seja T = 1100 ms.



Os correspondentes valores de x não são pedidos, embora seja também aceite a apresentação dos valores correctos.

1*c*) O valor mínimo, obtido pelo gráfico, é x ≈ 84 mm (incerteza estimada ≅ 1 mm).

O valor de l pode ser obtido determinando, como se mostra na figura, a posição do ponto de apoio para que a barra esteja em equilíbrio horizontal, o que dá l = 112,3 mm + 0,55 mm = 113 mm.



SOLUÇÃO ALTERNATIVA 1c.1):

$$x_{CM} = \frac{M_{ROD}L - M_{NUT}h}{2M} + \frac{M_{NUT}}{M}x = 197.3mm,$$

em que $M = M_{ROD} + M_{NUT}$ e h = 8.40 mm, altura da porca menos duas estrias.
Para x = 84 mm, vem l = 197.3 mm − 84 mm = 113 mm.

RESPOSTA INCORRECTA: Considerando que o centro de massa do pêndulo coincide com o ponto médio, L/2, da barra dá $l = L/2 - x$ = 116 mm, o que está INCORRECTO.

Nota: A posição exacta do mínimo no gráfico é x = 84,4 mm, o que conduz a l = 112,8 mm

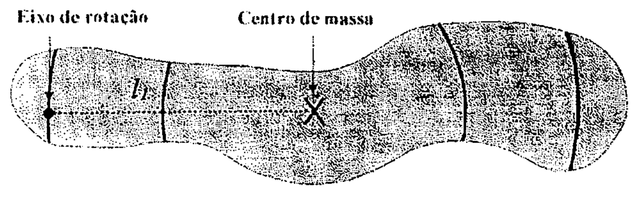
Questão 2

2*a*) Da expressão (2) apresentada no enunciado conclui-se que, além dos pontos situados à distância l_1 do centro de massa, também nos pontos situados à distância l_2, dada por

$$l_2 = \frac{I}{Ml_1} = \frac{2100mm^2}{60mm} = 35mm,$$

pode ser colocado o eixo de rotação sem modificar o período de oscilação do pêndulo.

Na figura encontram-se representados todos esses pontos.



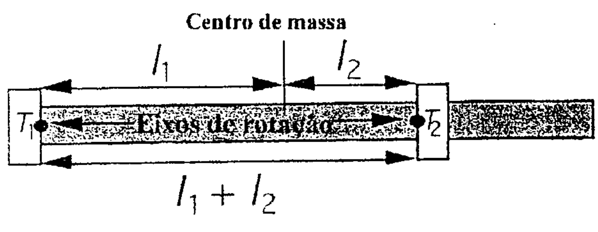
2*b*) O processo mais simples e que apresenta também menor incerteza é o do pêndulo reversível.

A partir das equações (1) e (2) vem:

$$T_1 = T_2 = \frac{2\pi}{\sqrt{g}}\sqrt{l_1 + l_2} \quad \text{pelo que se tem} \quad g = \frac{4\pi^2}{T_1^2}(l_1 + l_2),$$

independente de I / M.

Na experiência deverão ser usadas as duas porcas, sendo uma delas colocada numa extremidade da barra de modo a maximizar a distância $l_1 + l_2$. As posições das porcas serão alternadamente ajustadas até que os períodos de oscilação sejam iguais; será então $T_1 = T_2$ = 1024 ms.



Adicionando, à distância entre as faces das porcas, a profundidade das ranhuras, vem:

$$l_1 + l_2 = (259{,}6 + 2 \times 0{,}55)\ \text{mm} = 0{,}2607\ \text{m},$$

pelo que:

$$g = \frac{4\pi^2}{T_1^2}(l_1 + l_2) = \frac{4 \times 3{,}1416^2 \times 0{,}2607m}{(1{,}024s)^2} = 9{,}815ms^{-2}$$

SOLUÇÃO ALTERNATIVA 2b.1)

É possível deduzir uma expressão para I em função de x. O processo é correcto mas de execução demorada.
Após algumas aproximações obtém-se, com uma precisão de 0,03%, a expressão:

$$\frac{I(x)}{M} = \left[\frac{L^2}{12} + \frac{M_{NUT}}{M}\left(\frac{L+h}{2} - x\right)^2\right]\frac{M_{ROD}}{M}.$$

Usando a expressão correcta de I em função de x, vem:

$$I(x) = x_{CM} - x = \frac{M_{ROD}L - M_{NUT}h}{2M} - \frac{M_{ROD}}{M}x = 195.3mm - 0.9773x.$$

A equação (1) pode então ser usada para o cálculo de g, escolhendo qualquer ponto (x,T) do gráfico apresentado em 1*b*). Escolhendo o ponto *(85 mm, 964 ms)* vem finalmente:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2}\left[\frac{I(x)}{M \times I(x)} + I(x)\right] = \frac{4 \times 3{,}1416 \times 0{,}2311m}{(0.964s)^2} = 9{,}818ms^{-2}$$

RESPOSTA INCORRECTA: O cálculo de I/M a partir da equação (2) utilizando o mínimo do gráfico apresentado em 1*b*), não é correcto dado que a equação (2) é válida apenas para um pêndulo com momento de inércia fixo.

RESPOSTA INCORRECTA: Não será atribuída a cotação total se, na solução apresentada, for desprezada a massa da porca (usando a expressão $I = ML^2/12$, para o momento de inércia de uma barra rodando em torno de um eixo normal à barra e passando pelo seu centro de massa).

2*c*) Fazendo $S = l_1 + l_2$ vem $g = \dfrac{4\pi^2 S}{T^2}$.

Tomando para incerteza em S, $\Delta S = 0.3$ mm e em T, $\Delta T = 1$ ms e usando o logaritmo da expressão de g, vem:

$$\frac{\Delta g}{g} = \sqrt{\left(\frac{\Delta S}{S}\right)^2 + \left(-2\frac{\Delta T}{T}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{0.3mm}{260.7mm}\right)^2 + \left(2 \times \frac{1ms}{1024ms}\right)^2}$$

$$= \sqrt{(0{,}0012)^2 + (0{,}0020)^2} = 0{,}0023 = 0{,}23\%$$

Pelo que

$$\Delta g = 0{,}0023 \times 9{,}815\ ms^{-2} = 0{,}022\ ms^{-2}$$

A aceleração da gravidade é, portanto:

$$g = (9{,}82 \pm 0.02)\ ms^{-2}.$$

A SOLUÇÃO ALTERNATIVA obtida em 2b.1) conduz a uma expressão complicada para a dependência de g com x. Em vez de se proceder à derivação de g(x) é mais fácil inserir os valores $x + Dx$ e $x - Dx$ na expressão entre parêntesis [] de modo a encontrar uma estimativa para Δ prosseguindo então como na solução anterior.

Nota: O valor da aceleração da gravidade em Oslo, medido no local do exame prático, é 9,81901779 m/s², com incerteza nos dois últimos algarismos.

Questão 3

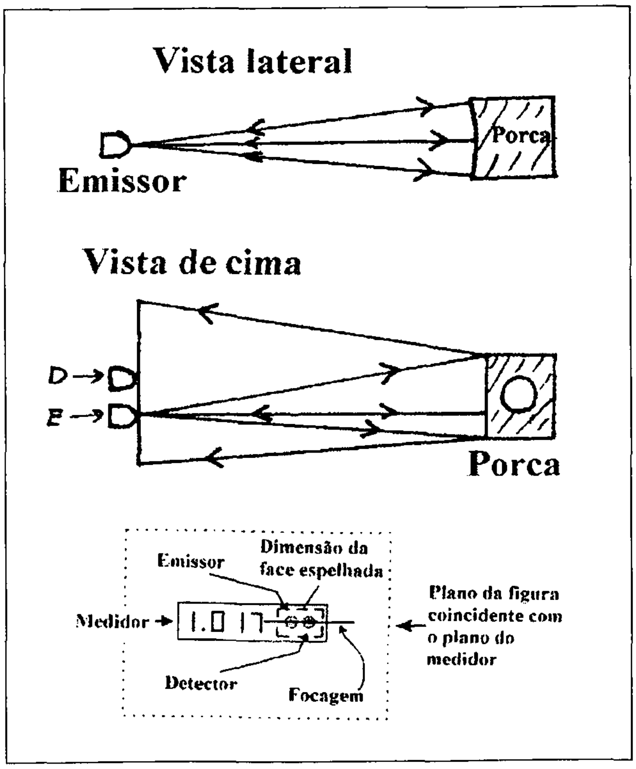
3*a*) Usando uma lâmpada observa-se que o feixe reflectido é convergente. Uma observação cuidada mostra também que a superfície é cilíndrica. A superfície espelhada é portanto cilíndrica e côncava.

Para determinar o raio de curvatura do cilindro deve atender-se a que emissor e receptor estão colocados a igual distância da superfície espelhada pelo que o eixo do cilindro estará também a essa distância. Assim tem-se:

Raio de curvatura do cilindro, $r = (145 \pm 5)$ mm

3*b*) A resposta a esta questão assenta, para além do referido em 3*a*), no facto de que a imagem de um pequeno objecto linear, colocado no eixo de um espelho cilíndrico, está no eixo, é linear e tem amplificação igual a dois.

Nas figuras é apresentado, em representação esquemática, tudo o que é exigido.



Questão 4

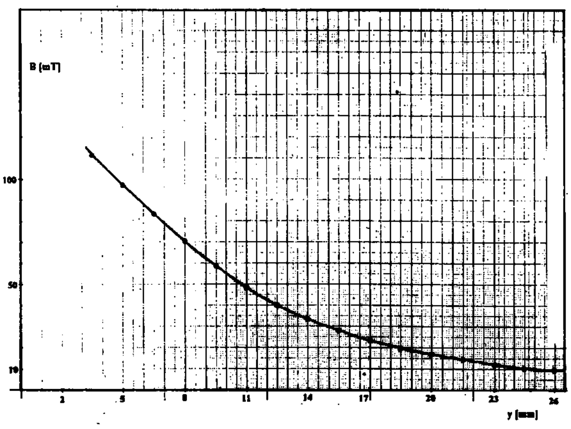
4*a*) É simplesmente a tensão, lida no voltímetro, para a montagem apresentada no enunciado:

$V_0 = 2{,}464V$ (este valor pode variar com o equipamento utilizado).

4*b*) Sendo a rosca de 1,50 mm / volta pode medir-se o valor da tensão V(y), na região pretendida, calculando B(y) a partir da expressão:

$$B(y) = [V(y) - V_0]\frac{\Delta B}{\Delta V} = [V(y) - V_0]/\frac{\Delta V}{\Delta B}$$

Em representação gráfica (não é exigida apresentação de tabela) vem:



4*c*) Da expressão apresentada no enunciado obtém-se:

$$B_0 = B(y)\left[\frac{y+t}{\sqrt{(y+t)^2+r^2}} - \frac{y}{\sqrt{(y^2+r^2}}\right]^{-1}.$$

Substituindo nesta expressão valores de y e B(y) verifica-se que:

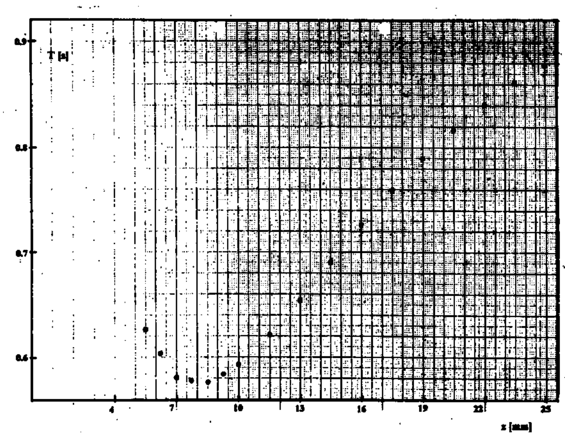
— o ponto (11 mm, 44,4 mT) conduz ao valor $B_0 = 0{,}616T$.

— o ponto (20 mm, 16,8 mT) conduz ao valor $B_0 = 0{,}601T$.

O valor médio será então $B_0 = 0{,}61T$ (este valor pode variar com o equipamento utilizado).

Questão 5

5*a*) Usando o espaçador (L na Fig. 1 do enunciado), mede-se o período de oscilação do pêndulo T(z) desde z = 5.5 mm até z = 25 mm. O gráfico dos valores obtidos para T(z) é:



5*b*) Para x = 100 mm vem *l*(x = 100 mm) = 97,6mm (o procedimento é semelhante ao usado em 1*c*).

A proporcionalidade referida significa que

$$\frac{l}{T^2} = a\left[1 + \frac{\mu B_0}{Mgl}f(z)\right],$$

sendo *a* a constante de proporcionalidade.

A situação $B_0 = 0$ corresponde, naturalmente, à não existência de campo magnético aplicado.

Retirando o magnete, o período de oscilação vem $T_0 = 968$ ms, que substituído em

$$\frac{1}{T_0^2} = a\left[1 + 0 \times \frac{\mu}{Mgl}f(z)\right]$$

permite determinar a constante $a = \frac{1}{T_0^2}$.

Seleccionando o ponto em que a função f(z) apresenta menor variação com z, ou seja o máximo da função, tem-se $f_{max} = 56{,}3$, que corresponde a $T_{min} = 576$ ms.

O momento magnético do pequeno magnete inserido no pêndulo será então

$$\mu = \frac{Mgl}{B_0}\frac{1}{f_{max}}\left[\left(\frac{T_0}{T}\right)^2 - 1\right] = \frac{0{,}338\text{Am}^2}{56{,}3}\left[\left(\frac{968}{576}\right)^2 - 1\right] = 1.1 \times 10^{-2}\ Am^{-2},$$

em que se usou o valor

$$\frac{Mgl}{B_0} = \frac{0{,}215\text{kg} \times 9{,}82ms^{-2} \times 0.0976m}{0{,}61T} = 0{,}338Am^2$$

SOLUÇÃO ALTERNATIVA 5b.1): usando dois dos pontos do gráfico para eliminar a constante de proporcionalidade *a* na equação

$$\frac{1}{T^2} = a\left[1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z)\right] \text{ vem:}$$

$$aT_1^2\left[1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z_1)\right] = aT_2^2\left[1 + \frac{\mu B_0}{Mgl} f(z_2)\right] \text{ donde}$$

$$\frac{\mu B_0}{Mgl}[T_1^2 f(z_1) - T_2^2 f(z_2)] = T_2^2 - T_1^2 \text{ que conduz a}$$

$$\mu = \frac{Mgl}{B_0} \frac{T_2^2 - T_1^2}{T_1^2 f(z_1) - T_2^2 f(z_2)}.$$

Escolhendo os pontos (z_1 = 7 mm, T_1 = 580,5 ms) e (z_2 = 22 mm, T_2 = 841 ms) tem-se, do gráfico, $f(z_1)$ = 56.0 e $f(z_2)$ = 12,0. O momento magnético vem:

$$\mu = 0{,}338 Am^2 \frac{841^2 - 580^2}{580^2 \times 56{,}0 - 841^2 \times 12{,}0} = 1.2 \times 10^{-2} Am^2$$

ESRS SUMMER SCHOOL

APPLICATIONS OF SYNCHROTRON RADIATION IN MATERIALS SCIENCE AND PHYSICS

6-14 Maio 1998

Grande Hotel das Termas do Luso

A Escola destina-se a estudantes de doutoramento ou pós-doutoramento (com menos de 35 anos) que pretendam utilizar técnicas de radiação de sincrotrão a problemas do domínio de investigação que desenvolvem.

Informação mais detalhada poderá ser obtida através do contacto:

Prof. M. Margarida R. R. Costa
Departamento de Física
Universidade de Coimbra
3000 Coimbra
Fax 039-29158
e-mail GUIDA@GEMINI.CI.UC.PT

LOW DIMENSIONAL AND MESOSCOPIC MAGNETIC MATERIALS

26-30 September 1997, Patras – Greece

4th Patras University Euroconference
Sponsored by: *Eu – Patras University*
G.S.R.T. Ministry of Development
Chairman: *G. D. Priftis*
Co-Chairman: *S. W. Lovesey*

Organizing and Scientific Committee

Ferreira Liliana (Coimbra, Portugal)
Lovesey Stephen (RAL, U.K.)
Müller Alex (IBM Rueschlikon, Switzerland)
Priftis George (Patras, Greece)
Steiner Michael (Berlin, Germany)
Trohidou Kalliopi (Athens, Greece)
Wäppling Roger (Uppsala, Sweden)
Weaire Denis (Dublin, Ireland)

Topics

Nanoparticles, Thin films, Quasi-two dimensional magnets, Magnetic multilayers, Magnetic dichroism, Giant magnetoresistance, Spin valves, Magnetostriction.

General information

- The conference will be held at a hotel located on a beautiful green site right by the incredibly blue sea of the village-town of Niforeika, Kato Achaia, which is only 25 km from Patras.
- The official language of the conference will be English.
- Registration fees for the participants are 150 ECU.
- Total fee for board and logging (arranged by the conference) including a contribution to the social events is 300 ECU.
- *The ECU covers expenses related to the participation of young researchers attending the conference (travel, subsistence expenses and part of registration fees).*
- Due to the limited number of participants, scientists who wish to attend the Euroconference should send an application form which has been sent to major research Instituions. The application form and more information about the Conference, can be found in the web site: http://www.physics.upatras.gr/euroconference

Deadlines

Application for attendance of young researchers: May 25th, 1997

Registration and submission of abstracts: July 25th, 1995

For all correspondence or any further information

Prof. G. D. Priftis ou Dr. A. Vradis – Department of Physics, University of Patras, GR 265 00 Patras, Greece
Tel.: (+30 61) 997 452-3, 997 481 • Fax: (+30 61) 991 980
email:euroconf@physics.upatras.gr.
http://ww.physics.upatras.gr/euroconference