

# 6.ª OLIMPIADAS DE FÍSICA

## Provas Regionais 1990

### Delegação Regional de Coimbra

(25 de Maio de 1990)

#### PROVA PARA O 9.º ANO

1.ª parte (1h 15min.)

I

O material de que dispões para a realização da prova permite que investigues algumas características de circuitos eléctricos. Começa por montar o circuito representado esquematicamente na Fig. 1.

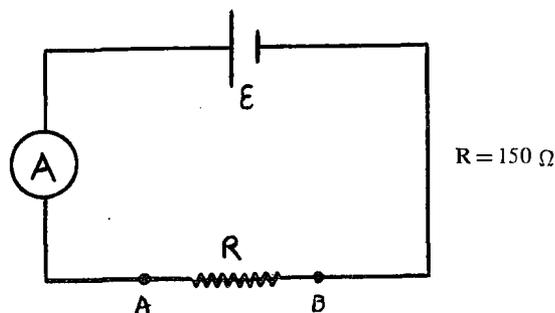


Fig. 1

Regula a fonte de alimentação de modo a que o valor indicado no amperímetro seja de 100 mA. A seguir liga a resistência  $R_p = 18 \Omega$  em paralelo com a resistência de  $150 \Omega$ .

1. Como explicas o facto do amperímetro passar a indicar um valor diferente do que indicava anteriormente?

Roda lentamente o botão de regulação da fonte de alimentação, de maneira a que o valor indicado pelo amperímetro seja ainda 100 mA. Retira o amperímetro da posição em que se encontra e coloca-o no circuito tal como sugere a Fig. 2, de maneira a poderes medir o novo

- [22] N. A. OLSSON e J. P. VAN DER ZIEL — «Tuning characteristics of an external cavity 1.5 m laser oscillator», *Electron. Lett.*, V. 21, (1985).
- [23] M. W. FLEMING e A. MOORADIAN — «Spectral characteristics of external cavity controlled semiconductor lasers», *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-7, 44 (1981).
- [24] G. DUAN, P. GALLION e G. DEBARGE — «Analysis of frequency chirping of semiconductor lasers in the presence of optical feedback», *Opt. Lett.*, V. 12, 800 (1987).
- [25] M. FERREIRA, G. F. ROCHA e J. L. PINTO — «FP and DFB semiconductor lasers with arbitrary external optical feedback», *Proc. SPIE's — OE/Fibers' 89* (Boston, MA, 1989), paper 1175-06.
- [26] P. SPANO, S. PIAZZOLLA e M. TAMBURRINI — «Theory of noise in semiconductor lasers in the presence of optical feedback», *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-20, 350 (1984).
- [27] M. FERREIRA, J. L. PINTO e J. R. F. ROCHA — «Ruído de fase de lasers semicondutores em sistemas ópticos coerentes de comunicação», comunicação à 6.ª Conferência Nacional de Física, Aveiro, Portugal (1988).
- [28] G. P. AGRAWAL e C. H. HENRY — «Modulation performance of a semiconductor laser coupled to an external high-Q resonator», *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-24, 134 (1988).
- [29] G. P. AGRAWAL e T. M. SHEN — «Importance of rapid damping of relaxation oscillations for high-performance optical communication systems», *Electron. Lett.*, V. 22, 1087 (1986).
- [30] N. SCHUNK e K. PETERMMAN — «Minimum bit rate of DPSK transmission for a semiconductor laser with a long external cavity and strong linewidth reduction», *J. Lightwave Technol.*, LT-5, 1309 (1987).
- [31] K. KIKUCHI, T. OKOSHI, M. NAGAMATSU e N. HENMI — «Degradation of bit error rate in coherent optical communications due to spectral spread of the transmitter and local oscillator», *J. Lightwave Technol.*, LT-2, 1024 (1984).
- [32] Y. YAMAMOTO e T. KIMURA — «Coherent optical fiber transmission systems», *IEEE J. Quantum Electron.*, QE-17, 919 (1981).
- [33] J. SALZ — «Coherent Lightwave Communications», *AT & T Tech. J.*, V. 64, 2153 (1985).
- [34] J. GARRETT e G. JACOBSEN — «The influence of laser linewidth on coherent optical receivers with nonsynchronous demodulation», *J. Lightwave Technol.*, LT-5, 551 (1987).
- [35] S. PIAZZOLLA, M. TAMBURRINI e P. SPANO — «Influence of the non-Lorentzian emission lineshape of laser diodes on the BER floor in DPSK heterodyne optical systems», *Opt. Quantum Electron.*, V. 20, 35 (1988).

valor da intensidade de corrente que passa na resistência  $R$  de  $150 \Omega$ .

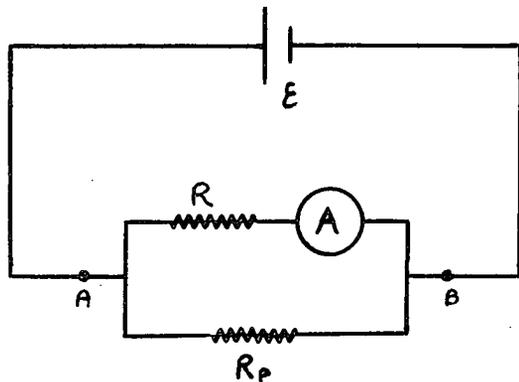


Fig. 2

2. Porque razão não é de  $100 \text{ mA}$  o valor agora indicado pelo amperímetro?

3. Compara os valores das diferenças de potencial entre os pontos A e B do circuito, quando tens apenas a resistência  $R$  e quando tens as duas resistências.

4. Calcula em cada um dos casos o valor da energia dissipada em cada segundo, por efeito de Joule, na resistência  $R$  de  $150 \Omega$ .

5. Qual é o valor da energia total dissipada em cada segundo, nas duas resistências, por efeito de Joule?

## II

Procederás, agora da seguinte forma:

(NOTA: Não te esqueças de registar os valores das leituras que vais efectuar e os das resistências que vais usar):

- Volta a colocar o amperímetro entre a fonte de alimentação e o ponto A do circuito;
- Substitui a resistência  $R_p$  por uma outra resistência  $R_{p_2}$ .
- Regula lentamente a fonte de alimentação de maneira que o valor indicado pelo amperímetro seja novamente de  $100 \text{ mA}$ .

- Retira o amperímetro da posição em que se encontra, e coloca-o no circuito de maneira a poderes medir a intensidade da corrente  $I$  na resistência  $R$ .
- Repete estas operações para as restantes resistências  $R_p$  de que dispões.

6. Numa folha de papel milimétrico desenha dois eixos perpendiculares, definindo sobre o eixo das abcissas uma escala para os valores das resistências  $R_p$ , que ligaste em paralelo com a resistência  $R$ , e no eixo das ordenadas uma escala para as intensidades de corrente  $I$ , que mediste no ramo da resistência  $R = 150 \Omega$ .

7. Representa neste gráfico os pontos  $(R_p, I)$ . Comenta o gráfico que obtiveste.

8. Representa num gráfico os pontos  $(R_p, I_p)$ , sendo  $I_p$  o valor da intensidade da corrente na resistência  $R_p$ . Indica como procedeste para obter os diferentes valores de  $I_p$ .

9. Analisa como variou a diferença de potencial entre os pontos A e B do circuito, para os diferentes valores de  $R_p$ , e representa num gráfico os pontos  $(R_p, V_{AB})$ . Comenta os resultados que obtiveste.

10. Prova que em qualquer dos circuitos que montaste se verifica a relação.

$$I_p = \frac{R}{R_p} I$$

e explica por que razão esta igualdade é verdadeira.

11. Para cada um dos circuitos que montaste calcula o correspondente valor da resistência equivalente entre os pontos A e B. Representa num gráfico os pares de pontos  $(R_p, R_{AB})$  e comenta-o.

12. Para cada valor de  $R_p$ , calcula a energia  $W$  dissipada por efeito de Joule na resistência  $R$  de  $150 \Omega$ , em cada segundo, e representa o gráfico  $(R_p, W)$ .

13. Indica como varia a energia dissipada por efeito de Joule, em cada segundo, na associação de resistências  $R$  e  $R_p$ , para os diferentes valores de  $R_p$ .

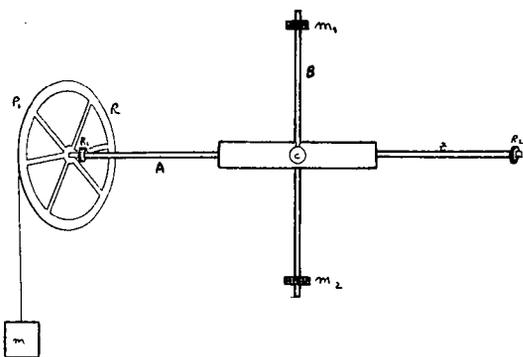
14. O quociente  $W/W_p$ , em que  $W$  e  $W_p$  são as energias dissipadas nas resistências  $R$  e  $R_p$ , respectivamente, permite analisar a forma como é distribuída a energia dissipada por efeito de Joule nas duas resistências que se encontram ligadas em paralelo. Representa um gráfico com os pares de valores  $(R_p, W/W_p)$  que podes obter das leituras que realizaste e comenta o resultado que obtiveste.

## PROVA PARA O 11.º ANO

### 1.ª parte (1h 30 min)

No decorrer da prova vais estudar alguns aspectos relacionados com a cinemática e dinâmica de um corpo em movimento, bem como relações de dependência entre o movimento de diversos corpos que de algum modo interactuam entre si.

Para isso utilizarás o dispositivo representado na figura, que é constituído por uma roda,  $R$ , fixa a uma barra cilíndrica,  $A$ , que por sua vez se encontra fixa a dois suportes através dos rolamentos  $R_1$  e  $R_2$ ; o conjunto pode descrever um movimento de rotação em torno do eixo horizontal em condições de atrito mínimo.



Transversalmente à barra  $A$  encontra-se ligada uma barra  $B$ , sendo de  $90^\circ$  o ângulo entre ambas. Nesta barra serão colocados corpos cilíndricos de massas  $m_1 = m_2$ , igualmente distanciados do ponto médio  $C$  da barra  $B$ . Durante a experiência poderás alterar a dis-

tância de cada uma das massas ao ponto médio da barra  $B$ , recorrendo para isso a uma chave apropriada que faz parte do material de que dispões.

Na roda  $R$  encontra-se enrolado um fio no qual é suspenso um corpo de massa  $m$ , que, ao ser largado, descreve um movimento rectilíneo uniformemente acelerado. Podes determinar o tempo de descida do corpo com auxílio de um cronómetro. Para medir o espaço que o corpo  $m$  percorre até chegar ao chão dispões de uma régua graduada.

### I

Como poderás observar, o tempo de descida do corpo  $m$  depende da distância  $r$  a que as massas  $m_1$  e  $m_2$  se encontram do ponto  $C$  da barra  $B$ .

1. Identifica as forças que actuam sobre o corpo  $m$  durante o seu movimento e indica a direcção e sentido de cada uma delas.

2. Quando o corpo  $m$  efectua uma descida, as forças que indicaste em 1. terão intensidades iguais? Justifica a tua resposta.

### II

Faz variar a distância  $r$  das massas  $m_1$  e  $m_2$  ao ponto  $C$  da barra  $B$ , mantendo-as equidistantes do ponto  $C$ , e para cada distância mede o tempo que  $m$  demora a chegar ao chão. Repete esta operação para diferentes distâncias  $r$ , fazendo uma medição para  $r = 40$  cm. Regista as medições feitas.

3. Para cada um dos casos em que fizeste as medições anteriores, calcula a intensidade,  $F$ , da resultante das forças que actuam sobre o corpo  $m$ .

4. Representa em papel milimétrico o gráfico da função  $F(r)$ . Que conclusão podes tirar da análise deste gráfico?

5. Indica como podes determinar, em cada caso, o valor da intensidade,  $T$ , da força que o fio exerce sobre o corpo  $m$ .

6. Representa graficamente a função  $T(r)$ . Que conclusão podes tirar?

## III

O ponto  $P_1$  da periferia da roda descreve um movimento circular, enquanto que  $m$  descreve uma trajectória rectilínea.

7. Indica a relação entre os módulos das velocidades de  $P_1$  e de  $m$  em cada instante.

8. Como caracterizas o movimento de  $P_1$  durante a descida de  $m$ ?

## IV

Mede o raio de curvatura da roda  $R$  e considera a situação em que a distância de  $m_1$  e  $m_2$  ao ponto  $C$  é 40 cm.

9. Que relação existe entre os módulos das velocidades de  $m_1$  e do ponto  $P_1$  em cada instante?

10. Que tipo de movimento descreve o corpo de massa  $m_1$ ?

11. A componente centrípeta da aceleração de  $m_1$  mantém-se constante? Justifica.

12. Poderá a resultante das forças que actuam sobre  $m_1$  ter apenas componente centrípeta, enquanto dura a descida do  $m$ ? Justifica.

## V

13. Como sabes a energia cinética de um corpo de massa  $m$  que se move com velocidade escalar  $v$  é dada por  $(1/2) m v^2$ . No caso de  $r = 40$  cm, calcula a expressão que nos dá a energia cinética do corpo  $m$  em função do tempo, durante a descida.

14. Sendo a energia potencial de  $m$  dada por  $E_p = m g h$ , em que  $h$  é a altura em relação ao referencial chão da sala, qual será a expressão da energia potencial de  $m$  em função do tempo?

15. Representa em papel milimétrico a função energia mecânica  $E = (E_c + E_p)$  em cada instante, para o caso em que  $r = 40$  cm. (Considera seis valores diferentes de  $t$ ).

16. Porque razão a energia mecânica de  $m$  não se mantém constante durante a descida?

(9 de Junho de 1990)

## PROVA PARA O 9.º ANO

## Actividade 1 (1h 30min)

1. Verifiquem se sobre a vossa mesa de trabalho se encontra o seguinte material:

- Densímetro por calibar (1) (ver Fig. 1)
- Proveta graduada (2)
- Copos contendo:

- solução A (1)
- solução B (1)
- solução C (1)
- solução D (1)

- Esguicho (1)
- Lista com valores de densidades das soluções fornecidas (1)
- Papel milimétrico

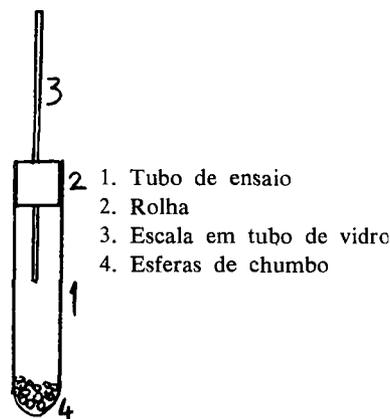


Fig. 1 — Densímetro

2. Coloquem a solução A numa proveta graduada e introduzam nela o densímetro.

3. Adicionem ou retirem esferas de chumbo de forma a garantir que o densímetro fique o mais mergulhado possível na solução A.

4. Reproduzam a escala do densímetro na folha de papel milimétrico marcando nela o nível atingido pela solução.

5. Voltem a repetir os procedimentos indicados em 1 e 3 usando as soluções B, C e D.

6. Façam corresponder a cada uma das soluções A, B, C, D um dos valores das densidades que constam da lista fornecida.

7. Justifiquem a correspondência efectuada em 6.

8. Determinem o valor aproximado da massa do densímetro, justificando:

I—O procedimento;

II—Os cálculos efectuados.

### Actividade 2 (1h 15min)

1. Verifiquem se na vossa mesa de trabalho existe o seguinte material:

- «Caixa mistério» (1)
- Pilha de 4,5 V (1)
- Lâmpada (2)
- Suporte de lâmpada (2)
- Fios de ligação (5)
- Material diverso

2. Observem atentamente a caixa.

Registem os efeitos observados ao ligar o interruptor e ao manusear a peça A.

3. Tendo em conta os efeitos observados construam o(s) circuito(s) que considerem equivalente(s) ao que se encontra no interior da caixa.

4. Façam o(s) esquema(s) do(s) circuito(s) respectivos(s).

5. Elaborem um relatório justificando como a(s) montagens efectuada(s) permite(m) explicar *cada um* dos efeitos observados e registados em 2.

### PROVA PARA O 11.º ANO

#### Actividade 1 (1h 30min)

1. Verifiquem se sobre a vossa mesa de trabalho se encontra o seguinte material:

- Molas elásticas (2)
- Pinças de mesa (2)

- Massas marcadas (500 g, 250 g) (3)
- Carrinho dinâmico (127 g) (1)
- Cronómetro (1)
- Papel milimétrico
- Fita cola

2. Ponham a oscilar corpos de massas diferentes, utilizando uma montagem semelhante à do esquema representado na Fig. 1.

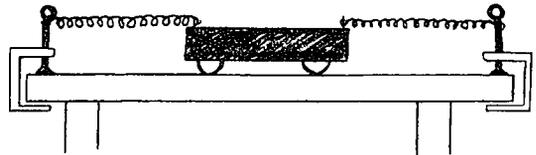


Fig. 1 — Esquema da montagem a utilizar.

3. Estudem a relação entre o período de oscilação ( $T$ ) de um corpo e a respectiva massa ( $m$ ).

4. Registem todas as medições efectuadas e descrevam os métodos utilizados.

5. Enumerem os cuidados a ter a fim de minimizar os erros cometidos nas medições.

6. Estabeleçam a relação que melhor se ajusta nas condições da vossa experiência entre a massa do oscilador ( $m$ ) e o período das oscilações ( $T$ ).

(Verifiquem por exemplo de entre as seguintes relações qual a que melhor se ajusta  $m = kT$ ;  $mT = k$ ;  $m = kT^2$ ;  $mT^2 = k$ ).

Justifiquem a relação encontrada.

7. Determinem o valor da constante ( $k$ ), fazendo a estimativa do respectivo erro.

8. Discutam as transformações de energia envolvidas.

#### Actividade 2 (1h)

Um agricultor mandou abrir um furo na sua quinta a fim de obter água para irrigação.

O nível da água no furo, oscila, ao longo do ano, entre 60 m e 80 m em relação à superfície do terreno.

O agricultor pretende colocar nesse furo uma bomba submersível e respectivo motor eléctrico de modo a obter um caudal de água de 500 + 30 l/min durante todo o ano.

Na folha em anexo apresentam-se as curvas características de diferentes bombas submersíveis — SP45, que se adaptam às propriedades físicas da água do furo.

Cada curva diz respeito a uma bomba com determinada potência útil.

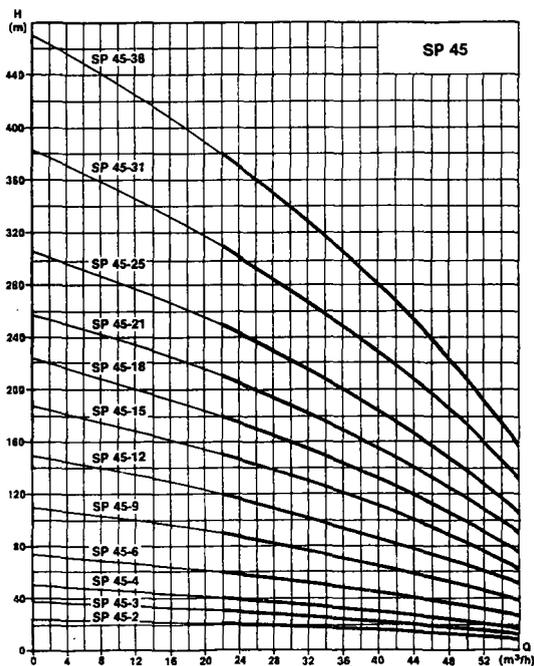
1. Sabendo que as bombas têm um rendimento médio de 80%, coloquem-se na posição do agricultor e decidam sobre:

- I—A bomba a adquirir;
- II—O motor a adquirir.

2. Justifiquem as vossas decisões e apresentem todos os cálculos efectuados.

### Características Técnicas

#### Curvas características



### Delegação Regional do Porto

#### PROVA PARA O 9.º ANO

1.ª Parte (90 min)

#### PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES

#### Material disponível:

- 1 corpo metálico
- 1 fio de nylon

- 1 proveta de 100 cm<sup>3</sup>
- 1 dinamómetro
- 1 garrafa de esguicho contendo água destilada

#### Introdução:

Arquimedes, ilustre geômetra da Antiguidade, nasceu em Siracusa (Sicília, então uma colónia grega) em 287 a.C. Inventou as roldanas, o parafuso sem fim, as rodas dentadas; descobriu também a condição de equilíbrio nas alavancas. Uma circunstância curiosa da sua vida, está ligada à descoberta de um dos mais importantes princípios da Hidrostática. Hierão, rei de Siracusa, suspeitou de que um artifice que lhe fabricara uma coroa de ouro lhe tinha juntado uma certa quantidade de prata. Consultou Arquimedes sobre os meios de descobrir a fraude, conservando a coroa intacta. O ilustre sábio reflectiu longo tempo sobre o caso, sem lhe encontrar a solução. Um dia em que tomava banho percebeu que os seus membros mergulhados na água, perdiam uma parte considerável do seu peso: por exemplo, podia elevar uma das pernas com a maior facilidade. Foi uma revelação, que o conduziu à determinação deste grande princípio:

«Todo o corpo mergulhado num fluido fica sujeito à acção de uma força vertical, orientada de baixo para cima, cuja intensidade é igual à do peso de um volume de fluido igual ao volume imerso do corpo».

No entusiasmo que lhe causou tal descoberta, saltou do banho e saiu para a rua nu, gritando: Heureka! Heureka! (Achei! Achei!)

#### Objectivo do trabalho:

Com o material disponível, verifica experimentalmente o princípio de Arquimedes, aplicado ao corpo metálico mergulhado em água.

Apresenta os resultados dos cálculos arredondados às décimas.

Toma para a massa volúmica da água o valor de 1,0 g/cm<sup>3</sup>.

No final, elabora um relatório sucinto do trabalho realizado.

### Pontuação:

- Realização experimental — 0 a 5 pontos
- Medições — 0 a 5 pontos
- Cálculos — 0 a 5 pontos
- Relatório — 0 a 5 pontos

### 2.ª Parte (40min)

#### ... Ainda o princípio de Arquimedes

Se a esfera fosse substituída por uma esfera de madeira de cedro com as mesmas dimensões, o que aconteceria quando a mergulhasses em água? Justifica através de cálculos.

Toma para a massa volúmica da madeira o valor de  $0,4 \text{ g/cm}^3$ .

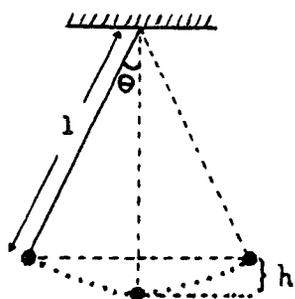
### PROVA PARA O 11.º ANO

### 1.ª Parte (90min)

#### Pêndulo mecânico

##### Material disponível:

- 1 pêndulo mecânico
- 1 suporte
- 1 régua graduada
- 1 transferidor
- 1 cronómetro
- 1 rolo de fita adesiva



$\theta$  — Amplitude de oscilação.  
 $l$  — Comprimento do pêndulo.

##### Introdução:

Como deves saber, em todos os relógios antigos de parede, existe uma peça a que se chama pêndulo, responsável pela marcação correcta do tempo. O pêndulo descreve um movimento periódico, isto é, demora sempre

o mesmo intervalo de tempo  $T$  (periódico) a passar duas vezes consecutivas pela mesma posição, desde que o ângulo (amplitude) de oscilação não ultrapasse aproximadamente os  $15^\circ$ .

Um pêndulo mecânico, depois de o colocarmos em movimento, permaneceria indefinidamente com esse movimento, se não existissem forças quer de atrito quer de resistência do ar. Em termos energéticos, desprezando essas forças, podemos dizer que no pêndulo há conservação de energia mecânica.

##### Objectivo do trabalho:

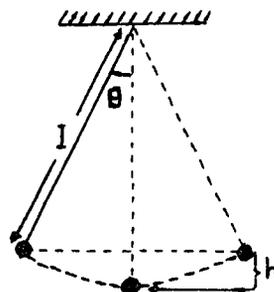
Colocando o pêndulo a oscilar com uma amplitude de cerca de  $15^\circ$ , determina a velocidade máxima que ele atinge no seu movimento. Em seguida determina o período de oscilação do pêndulo para amplitudes não superiores a  $15^\circ$  e demonstra que o seu valor deixa de ser constante para maiores amplitudes.

No final elabora um relatório sucinto do trabalho realizado.

##### Pontuação:

- Realização experimental — 0 a 5 pontos
- Determinação de  $v$  — 0 a 5 pontos
- Determinação de  $T$  — 0 a 5 pontos
- Relatório — 0 a 5 pontos

### 2.ª Parte (40min)



#### ... Ainda o pêndulo mecânico

Com a ajuda da figura e através de considerações energéticas, deduz uma expressão matemática que relacione a velocidade máxima,  $v$ , atingida pelo pêndulo, com o seu comprimento,  $l$ .