

**EXAME NACIONAL DO ENSINO SECUNDÁRIO**  
**12.º Ano de Escolaridade (Decreto-Lei n.º 286/89, de 29 de Agosto)**  
**Cursos Gerais e Cursos Tecnológicos**

Duração da prova: 120 minutos  
2005

1.ª FASE

---

**PROVA ESCRITA DE FÍSICA**

---

**VERSÃO 1**

**Na sua folha de respostas, indique claramente a versão da prova.**

**A ausência desta indicação implicará a anulação de todo o GRUPO I.**

A prova é constituída por três Grupos: I, II e III.

O Grupo I tem seis itens de escolha múltipla.

Os Grupos II e III incluem questões de resposta aberta, envolvendo cálculos e/ou pedidos de justificação.

O Grupo III inclui questões relativas a uma actividade experimental.

A ausência de unidades ou a indicação de unidades incorrectas, no resultado final, terá a penalização de um ponto.

## GRUPO I

- Para cada um dos seis itens deste grupo, são indicadas cinco hipóteses de resposta, **A, B, C, D e E**, das quais **só uma** está correcta.
- Escreva, na sua folha de respostas, a letra correspondente à alternativa que seleccionar como correcta para cada questão.
- A indicação de mais do que uma alternativa implicará a cotação de zero pontos no item em que tal se verifique.
- **Não apresente cálculos.**

1. Um corpo C é lançado, a partir da superfície da Terra, obliquamente em relação à horizontal, com velocidade  $\vec{v}_0$ . Admita que, no espaço onde o corpo descreve a sua trajectória, a aceleração da gravidade,  $\vec{g}$ , é constante. Em cada ponto da trajectória, designe por  $v_x$  e  $v_y$  as componentes escalares horizontal e vertical da velocidade e considere desprezável a resistência do ar.

Ao passar no ponto mais alto da trajectória, a energia cinética do corpo C é

- (A) nula.
- (B) máxima.
- (C) mínima.
- (D)  $\frac{1}{2} m v_y^2$ .
- (E)  $\frac{1}{2} m v_x$ .

2. A figura representa, visto de trás, um ciclista que, deslocando-se numa bicicleta, curva para a direita. Ao fazer a curva num plano horizontal, o ciclista vai inclinado para o interior da curvatura.

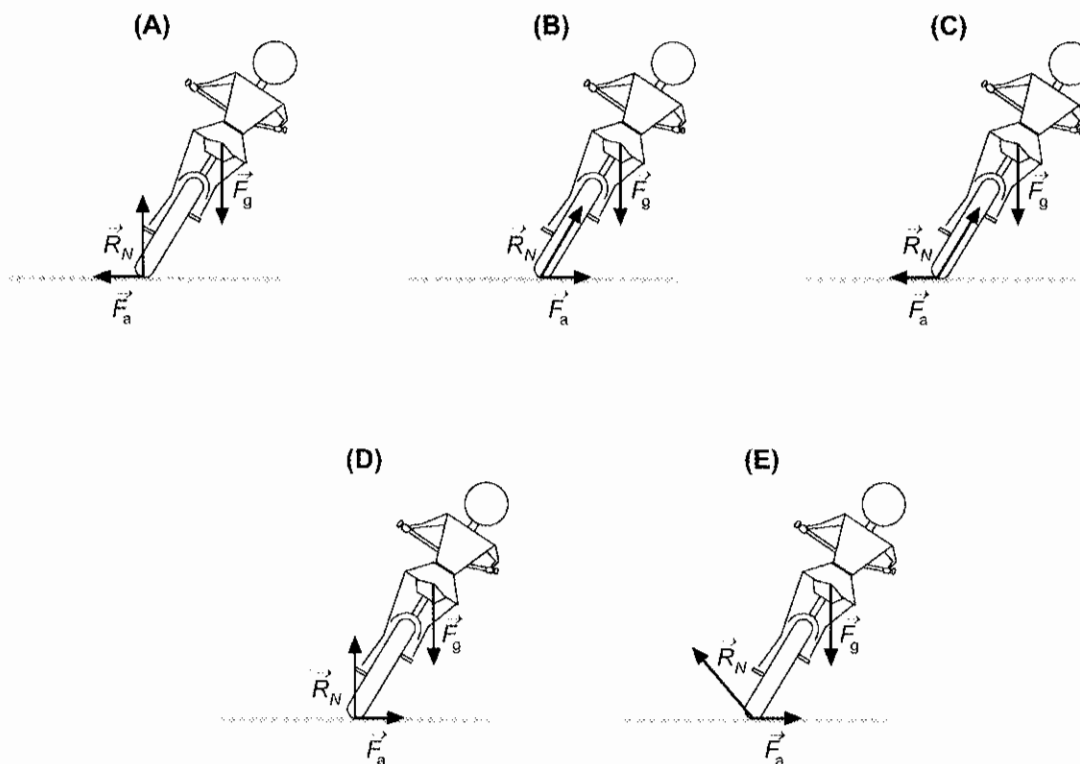
Seja:

$\vec{R}_N$  – componente normal da força de reacção do solo sobre a roda

$\vec{F}_a$  – força de atrito de escorregamento lateral do solo sobre a roda

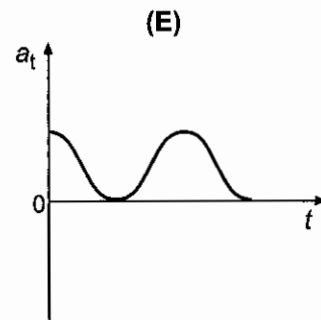
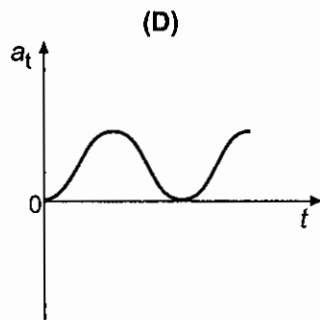
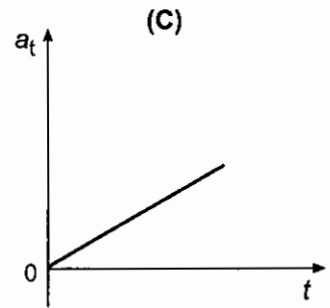
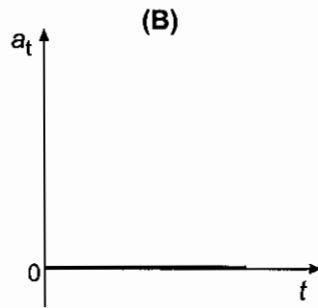
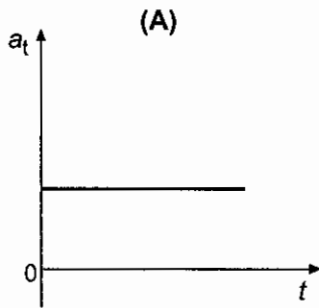
$\vec{F}_g$  – peso do sistema *ciclista + bicicleta*

Qual dos esquemas seguintes (A, B, C, D, E) poderia representar a direcção e o sentido das forças acima indicadas?



3. Um disco homogêneo, assente numa superfície plana e horizontal, roda em torno de um eixo vertical que passa pelo seu centro, com velocidade angular constante.

Qual dos seguintes gráficos pode representar o módulo da aceleração tangencial,  $a_t$ , em função do tempo, num ponto da periferia do disco?



4. Duas esferas, de massas iguais ( $m$ ) e dimensões desprezáveis, estão ligadas por uma vara rígida e delgada, de comprimento  $\ell$ . A massa da vara é também desprezável. O conjunto gira com velocidade angular constante, de módulo  $\omega$ , em torno do eixo vertical (figura 1) que passa pelo ponto médio, O, da vara e que lhe é perpendicular. O sentido da rotação é contrário ao dos ponteiros do relógio, quando observado de cima para baixo.

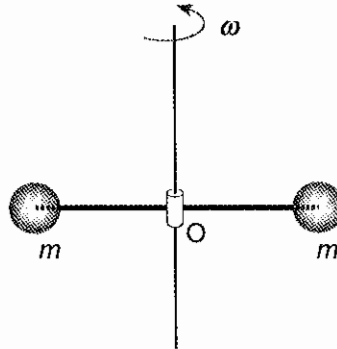


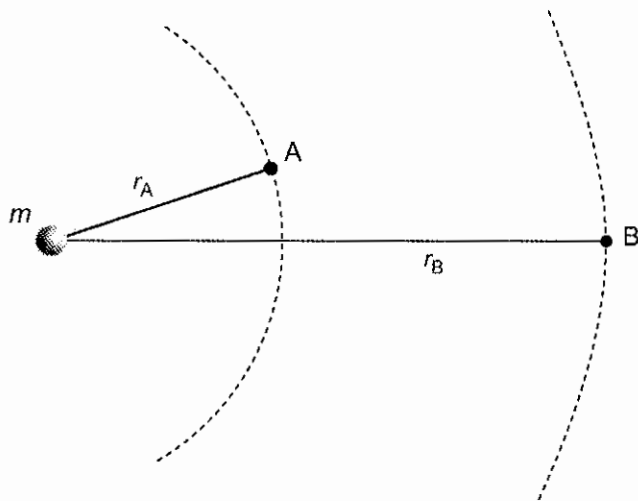
Fig. 1

O momento angular do conjunto das duas esferas, em relação ao ponto O, é um vector

- (A) vertical, dirigido para baixo, com módulo  $\frac{1}{2} m \ell^2 \omega$ .
- (B) vertical, dirigido para cima, com módulo  $\frac{1}{4} m \ell^2 \omega$ .
- (C) vertical, dirigido para baixo, com módulo  $2 m \ell^2 \omega$ .
- (D) vertical, dirigido para cima, com módulo  $\frac{1}{2} m \ell^2 \omega$ .
- (E) vertical, dirigido para baixo, com módulo  $\frac{1}{4} m \ell^2 \omega$ .

5. Considere o campo gravitacional criado por uma massa pontual  $m$  e considere também dois pontos, A e B, desse campo (figura 2).

Por convenção, o potencial gravitacional criado por qualquer massa é nulo num ponto situado no infinito ( $r = \infty$ ).



**Legenda:**

$r_A$  – distância da massa  $m$  ao ponto A

$r_B$  – distância da massa  $m$  ao ponto B

Fig. 2

Qual é a diferença de potencial gravitacional  $V_B - V_A$  entre esses dois pontos?

(A)  $Gm \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right)$

(B)  $Gm \left( \frac{1}{r_A^2} - \frac{1}{r_B^2} \right)$

(C)  $Gm \left( \frac{1}{r_A - r_B} \right)$

(D)  $Gm \left( \frac{1}{r_B^2} - \frac{1}{r_A} \right)$

(E)  $Gm \left( \frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A^2} \right)$

6. Numa região em que existe um campo magnético uniforme  $\vec{B}$ , com a direcção do eixo dos  $yy$  e sentido positivo, entra com velocidade  $\vec{v}$  um electrão (cuja carga tem módulo  $q$ ), na direcção do eixo dos  $xx$  e sentido positivo (figura 3).

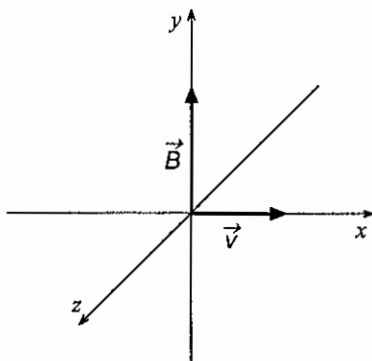


Fig. 3

Quais são as características da força magnética que actua sobre o electrão, no instante em que ele entra na região em que existe o campo  $\vec{B}$ ?

- (A) Módulo  $\frac{qv}{B}$ , direcção do eixo dos  $yy$  e sentido positivo.
- (B) Módulo  $\frac{qB}{v^2}$ , direcção do eixo dos  $xx$  e sentido positivo.
- (C) Módulo  $\frac{qv}{B}$ , direcção do eixo dos  $xx$  e sentido negativo.
- (D) Módulo  $qvB$ , direcção do eixo dos  $zz$  e sentido positivo.
- (E) Módulo  $qvB$ , direcção do eixo dos  $zz$  e sentido negativo.

## GRUPO II

Utilize para módulo da aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ .

—•—  
Apresente todos os cálculos que efectuar.

1. Uma pequena rolha de borracha, de massa  $m = 20 \text{ g}$ , está amarrada a um fio inextensível e de massa desprezável. Na outra extremidade do fio, que passa num tubo, estão suspensas massas marcadas.

Segura-se o tubo como indica a figura 4 e faz-se girar a rolha com movimento de frequência constante, comportando-se a rolha e o fio como um pêndulo cónico. O comprimento  $\ell$  do pêndulo mantém-se constante durante o movimento.

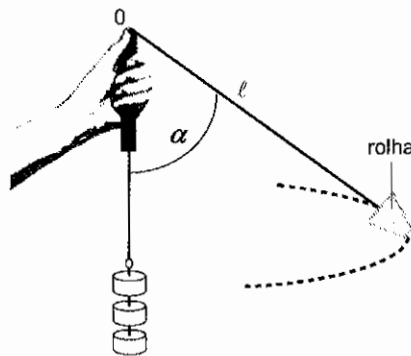


Fig. 4

- 1.1. Represente as forças aplicadas à rolha, tendo em atenção o comprimento relativo dos vectores. Como auxiliar da construção, decomponha a força de tensão nas suas componentes horizontal e vertical, apresentando-as a tracejado. Faça a legenda completa da figura.
- 1.2. Calcule o módulo da força de tensão do fio sobre a rolha, sabendo que  $\alpha = 49^\circ$ .  
( $\text{sen } 49^\circ = 0,75$ ;  $\text{cos } 49^\circ = 0,66$ ).
- 1.3. Com base na definição de momento de uma força em relação a um ponto, mostre que o momento da força de tensão do fio em relação ao ponto O é nulo.
- 1.4. Mantendo o valor de  $\ell$ , faz-se girar a rolha com maior frequência,  $f$ , e ela passa a descrever a sua trajetória num outro plano horizontal. O módulo da força de tensão,  $T$ , do fio que sustenta a rolha torna-se maior. Obtenha a equação que relaciona  $T$  com  $f$ ,  $T = 4 m \pi^2 \ell f^2$ , que justifica este facto.



2. Um aluno suspendeu, num dinamómetro, a pedra P, de granito e de massa 0,150 kg, como ilustra a figura 5.

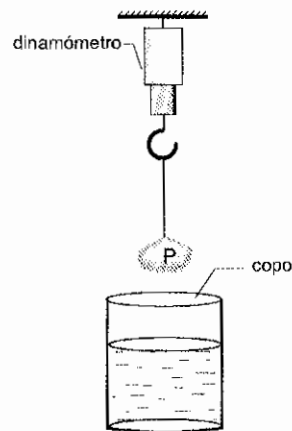


Fig. 5

- 2.1. Descreva as alterações observadas no valor lido no dinamómetro, à medida que a pedra é mergulhada lentamente no líquido contido no copo. Fundamente a sua resposta.

- 2.2. Quando a pedra está totalmente mergulhada, o dinamómetro marca 0,78 N.

Qual é o módulo,  $I$ , da força de impulsão?

- 2.3.

- 2.3.1. Mostre que a massa volúmica do líquido,  $\rho_{\text{líquido}}$ , pode ser calculada pela expressão

$$\rho_{\text{líquido}} = \frac{\rho_{\text{pedra}} \times I}{m_{\text{pedra}} \times g}$$

quando o corpo se encontra totalmente imerso.

- 2.3.2. Enuncie a lei que aplicou na resolução das alíneas anteriores.

3. Um feixe de electrões entra, com velocidade  $6,0 \times 10^7 \vec{e}_x$  ( $\text{m s}^{-1}$ ), num tubo de alto vácuo, onde existe um campo eléctrico uniforme  $\vec{E} = -9,7 \times 10^4 \vec{e}_y$  ( $\text{V m}^{-1}$ ). O campo é criado por duas placas horizontais, separadas de 45 mm e cujo comprimento é de 90 mm. O feixe entra paralelamente às placas e a meia distância entre elas (figura 6).

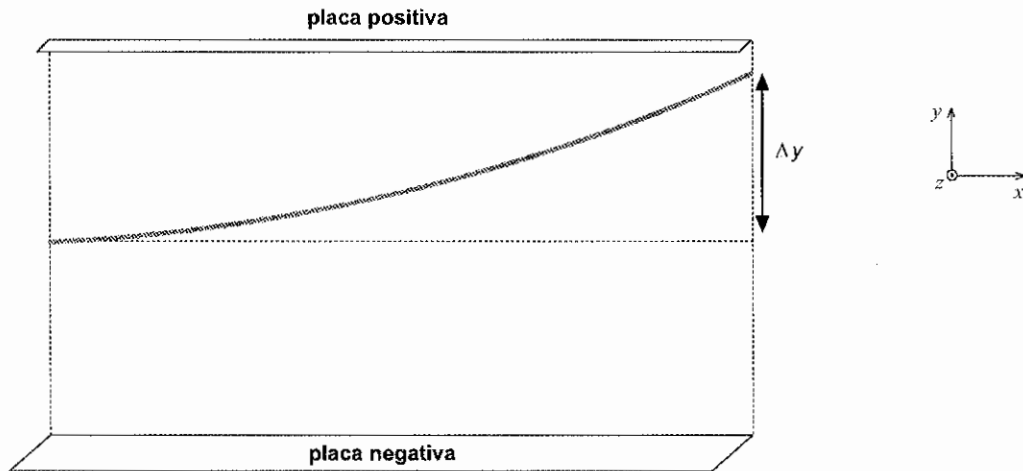


Fig. 6

Considere como constantes:

$$m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg (massa do electrão)}$$

$$q_e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C (carga do electrão)}$$

- 3.1. Justifique que, no referido campo, o módulo da aceleração de um electrão do feixe é  $a = 1,7 \times 10^{16} \text{ m s}^{-2}$ .
- 3.2. Calcule o módulo do deslocamento vertical,  $\Delta y$  (figura 6), produzido pelo campo eléctrico na deflexão do feixe ao passar entre as placas.
- 3.3. Quais as características do vector campo magnético,  $\vec{B}$ , que se teria de aplicar, na mesma região onde existe o campo eléctrico, para manter o feixe horizontal?

### GRUPO III

Utilize para módulo da aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ .

—●—

Apresente todos os cálculos que efectuar.

Para determinar experimentalmente um coeficiente de atrito estático,  $\mu_e$ , utilizaram-se duas placas polidas, uma de aço e outra de bronze, tendo sido montado o dispositivo esquematizado na figura 7.

**Material utilizado:** copos de plástico; fio inextensível; solução aquosa; prato de suporte para um dos copos; conta-gotas; placa de aço; placa de bronze colada a uma mesa; balança e roldana ou roldana.

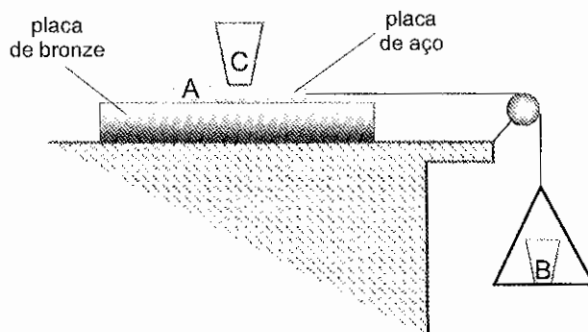


Fig. 7

#### Procedimento:

- P1. Com o auxílio de uma balança, determinou-se a massa,  $m_A$ , da placa de aço A, bem como a do copo C com a solução,  $m_C$ .
- P2. Na mesa, traçou-se um risco de referência, alinhado com uma extremidade da placa de aço, para melhor observar o início do movimento.
- P3. Com o conta-gotas, colocou-se solução no copo B, até o conjunto *placa A + copo C* iniciar o movimento, verificando-se que o copo C não deslizava sobre a placa de aço.
- P4. Mediu-se a massa do conjunto *prato + copo B + solução*, que se designou por  $m_B$ .
- P5. Efectuaram-se mais quatro ensaios para diferentes volumes de solução no copo C.

**Resultados obtidos:**

**Tabela 1**

	1.º ensalo	2.º ensalo	3.º ensalo	4.º ensalo	5.º ensalo
$(m_A + m_C)$	106,75	178,99	244,22	281,29	315,44
$m_B$	25,21	42,85	59,84	67,88	74,63

**Nota:** a unidade em que estas massas estão expressas é o grama.

Despreze a resistência do rolamento por onde passa o fio e admita que o seu momento de inércia é desprezável. A massa do fio suspenso é também desprezável.

1. Atendendo às forças que actuam no sistema (figura 7), deduza a seguinte relação entre o coeficiente de atrito estático,  $\mu_e$ , e as massas  $m_A$ ,  $m_B$  e  $m_C$ :

$$\mu_e = \frac{m_B}{m_A + m_C}$$

2. Fazendo uso dos elementos de que dispõe, complete a seguinte tabela:

**Tabela 2**

	1.º ensalo	2.º ensalo	3.º ensalo	4.º ensalo	5.º ensalo
$\mu_e$	0,2362		0,2450	0,2413	

3. Com base nos valores experimentalmente obtidos, calcule o coeficiente de atrito estático e determine a incerteza absoluta da medida.
4. Apresente o intervalo de valores no qual se deve situar o coeficiente de atrito estático em causa.
5. Exemplifique um tipo de erro associado a esta determinação do coeficiente de atrito estático.
6. Ao aumentar o volume do líquido em C, a força de atrito estático ainda será a mesma?  
Fundamente a sua resposta.

**FIM**

## COTAÇÕES

<b>GRUPO I .....</b>		<b>60 pontos</b>
1. ....		<b>10 pontos</b>
2. ....		<b>10 pontos</b>
3. ....		<b>10 pontos</b>
4. ....		<b>10 pontos</b>
5. ....		<b>10 pontos</b>
6. ....		<b>10 pontos</b>

<b>GRUPO II .....</b>		<b>110 pontos</b>
1. ....		<b>35 pontos</b>
1.1. ....	12 pontos	
1.2. ....	8 pontos	
1.3. ....	5 pontos	
1.4. ....	10 pontos	
2. ....		<b>35 pontos</b>
2.1. ....	10 pontos	
2.2. ....	9 pontos	
2.3. ....	16 pontos	
2.3.1. ....	11 pontos	
2.3.2. ....	5 pontos	
3. ....		<b>40 pontos</b>
3.1. ....	13 pontos	
3.2. ....	11 pontos	
3.3. ....	16 pontos	

<b>GRUPO III .....</b>		<b>30 pontos</b>
1. ....		<b>6 pontos</b>
2. ....		<b>4 pontos</b>
3. ....		<b>6 pontos</b>
4. ....		<b>4 pontos</b>
5. ....		<b>4 pontos</b>
6. ....		<b>6 pontos</b>

**TOTAL .....** 200 pontos