EXAME NACIONAL DO ENSINO SECUNDÁRIO

12.º Ano de Escolaridade

(Decreto-Lei n.º 286/89, de 29 de Agosto) Programa novo implementado em 2005/2006

Duração da prova: 120 minutos 1.ª FASE

2007

PROVA ESCRITA DE FÍSICA

VERSÃO 2

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

A ausência dessa indicação implica a anulação de todos os itens de escolha múltipla.

Identifique claramente os grupos e os itens a que responde.

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta azul ou preta.

É interdito o uso de «esferográfica-lápis» e de corrector.

As cotações da prova encontram-se na página 14.

A prova inclui, na página 3, uma Tabela de Constantes e, nas páginas 3, 4 e 5, um Formulário.

Pode utilizar máquina de calcular gráfica.

Nos itens de escolha múltipla

- SELECCIONE a alternativa CORRECTA.
- Indique, claramente, na sua folha de respostas, o NÚMERO do item e a LETRA da alternativa pela qual optou.
- É atribuída a classificação de zero pontos às respostas em que apresente:
 - mais do que uma opção (ainda que nelas esteja incluída a opção correcta);
 - o número e/ou a letra ilegíveis.
- Em caso de engano, este deve ser riscado e corrigido, à frente, de modo bem legível.

Nos itens em que seja solicitada a escrita de um texto, a classificação das respostas contempla aspectos relativos aos conteúdos, à organização lógico-temática e à terminologia científica.

Nos itens em que seja solicitado o cálculo de uma grandeza, deverá apresentar todas as etapas de resolução.

Os dados imprescindíveis à resolução de alguns itens específicos são indicados no final do seu enunciado, nos gráficos, nas figuras ou nas tabelas que lhes estão anexadas ou, ainda, na Tabela de Constantes e no Formulário.

CONSTANTES

Velocidade de propagação da luz no vácuo	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Módulo da aceleração gravítica de um corpo junto à superfície da Terra	g = 10 m s ⁻²
Massa da Terra	$M_{\rm T}$ = 5,98 × 10 ²⁴ kg
Constante da Gravitação Universal	$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
Constante de Planck	$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Carga elementar	$e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
Massa do electrão	$m_{\rm e}$ = 9,11 × 10 ⁻³¹ kg
Massa do protão	$m_{\rm p}$ = 1,67 × 10 ⁻²⁷ kg
$K_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$	$K_0 = 9,00 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{ C}^{-2}$

FORMULÁRIO

2.ª Lei de Newton	$\vec{F} = m\vec{a}$
\overrightarrow{F} – resultante das forças que actuam num corpo de massa m \overrightarrow{a} – aceleração do centro de massa do corpo	
 Módulo da força de atrito estático	$F_a \le \mu_e N$
 Lei de Hooke F – valor da força elástica k – constante elástica da mola x – elongação 	
• Velocidade do centro de massa de um sistema de n partículas	$\vec{V}_{CM} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + + m_n \vec{v}_n}{m_1 + m_2 + + m_n}$
• Momento linear total de um sistema de partículas	$\vec{P} = M \vec{V}_{CM}$
 Lei fundamental da dinâmica para um sistema de partículas F _{ext} – resultante das forças exteriores que actuam no sistema	$\vec{F}_{\text{ext}} = \frac{d\vec{P}}{dt}$
 Lei fundamental da hidrostática p, p₀ – pressão em dois pontos no interior de um fluido em equilíbrio, cuja diferença de alturas é h ρ – massa volúmica do fluido 	$p = p_0 + \rho g h$

•	Lei de Arquimedes I – impulsão	$I = \rho Vg$
	ho – massa volúmica do fluido	
	V – volume de fluido deslocado	
	Equação de Bernoulli	$p_{A} + \rho g h_{A} + \frac{1}{2} \rho v_{A}^{2} = p_{B} + \rho g h_{B} + \frac{1}{2} \rho v_{A}^{2}$
	 p_A, p_B – pressão em dois pontos, A e B, no interior de um fluido, ao longo de uma mesma linha de corrente 	2 Pra PB Pg Pg Pg Pg
	$h_{\rm A},h_{\rm B}$ – alturas dos pontos A e B	
	$v_{\rm A}, v_{\rm B}$ – módulos das velocidades do fluido nos pontos A e B	
	ho – massa volúmica do fluido	
_	3.ª Lei de Kepler	$\frac{R^3}{R}$ = constants
•	R – raio da órbita circular de um planeta	T^2
	T – período do movimento orbital desse planeta	
		\rightarrow $m_1 m_2$
•	Lei de Newton da Gravitação Universal	$\vec{F}_{g} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{e}_r$
	$\vec{F}_{ m g}$ – força exercida na massa pontual m_2 pela massa pontual m_1	,
	r – distância entre as duas massas	
	\overrightarrow{e}_r – vector unitário que aponta da massa m_2 para a massa r G – constante da gravitação universal	n_1
	Lei de Coulomb	$\vec{F}_{e} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_{0}} \frac{qq'}{r^{2}} \vec{e}_{r}$
	$\vec{F}_{\rm e}$ – força exercida na carga eléctrica pontual q' pela carga	$4\pi\varepsilon_0$ r^2
	eléctrica pontual q	
	r – distância entre as duas cargas colocadas no vácuo	
	\overrightarrow{e}_r – vector unitário que aponta da carga q para a carga q'	
	$arepsilon_{ extsf{0}}$ – permitividade eléctrica do vácuo	
•	Lei de Joule	$P = RI^2$
	P – potência dissipada num condutor de resistência, R ,	
	percorrido por uma corrente eléctrica de intensidade ${\it I}$	
_	Diferença de potencial nos terminais de um gerador	H = c - rI
٠	ε – força electromotriz do gerador	0 - 2 - 11
	r – resistência interna do gerador	
	${\it I}$ – intensidade da corrente eléctrica fornecida pelo gerador	
_	Diference de natonaiel nos terminais de um recentor	11 = c' + v' I
•	Diferença de potencial nos terminais de um receptor ε ' – força contra-electromotriz do receptor	0-8 +11
	r' – resistência interna do receptor	
	 I – intensidade da corrente eléctrica no receptor 	
	·	
•	Lei de Ohm generalizada	$\varepsilon - \varepsilon' = R_t I$
	ε – força electromotriz do gerador	
	ε ' – força contra-electromotriz do receptor	
	R _t – resistência total do circuito	
•	Associação de duas resistências	
	– em série	$R_{\rm eq} = R_1 + R_2$
		1 1 1
	- em paralelo	$\frac{}{R_{\text{eq}}} = \frac{}{R_1} + \frac{}{R_2}$

 R_{eq} – resistência equivalente à associação das resistências R_{1} e R_{2}

- Energia eléctrica armazenada num condensador $E = \frac{1}{2} CU^2$
 - C capacidade do condensador
 - U diferença de potencial entre as placas do condensador
- Carga de um condensador num circuito RC
 - $Q(t) = C\varepsilon \left(1 e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ - condensador a carregar
 - - R resistência eléctrica do circuito
 - ε força electromotriz do gerador
 - t tempo
 - C capacidade do condensador
- Acção simultânea de campos eléctricos e magnéticos sobre cargas em movimento $\vec{F}_{em} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$

$$\vec{F}_{em} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

- $ec{F}_{
 m em}$ força electromagnética que actua numa carga eléctrica q que se desloca com velocidade \vec{v} num ponto onde existe um campo eléctrico \acute{E} e um campo magnético É
- Transformação de Galileu

$$\begin{cases} x = x' + vt \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

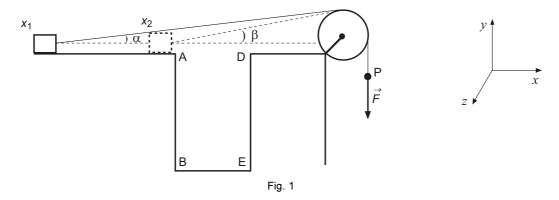
- Relação entre massa e energia $\Delta E = \Delta m c^2$
 - ΔE variação da energia associada à variação da massa m
- Dilatação relativista do tempo...... Δt_0 – intervalo de tempo próprio
- Contracção relativista do comprimento L₀ – comprimento próprio
- f frequência da radiação incidente
 - *h* constante de Planck
 - W energia mínima para arrancar um electrão do metal
 - E_{cin} energia cinética máxima do electrão
- - N(t) número de partículas no instante t
 - N_0 número de partículas no instante t_0
 - λ constante de decaimento
- Equações do movimento com aceleração constante

$$\vec{r} = \vec{r_0} + \vec{v_0}t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$$

$$\overrightarrow{v} = \overrightarrow{v_0} + \overrightarrow{a}t$$

 \overrightarrow{r} – vector posição; \overrightarrow{v} – velocidade; \overrightarrow{a} – aceleração; t – tempo

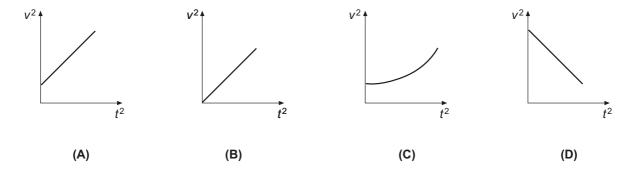
1. A figura 1 representa uma superfície horizontal, com uma interrupção entre os pontos A e D, e um corpo X, que se movimenta entre duas posições, x_1 e x_2 , sobre a superfície horizontal. O corpo está preso a um fio inextensível e de massa desprezável, no qual actua uma força vertical, \overrightarrow{F} , de módulo constante. Durante o movimento, a inclinação do fio variou de α para β , como a figura mostra. Considere \overrightarrow{AD} = 2,4 m e \overrightarrow{AB} = 5,0 m.



- **1.1.** Tendo em conta a situação descrita, seleccione a alternativa correcta.
 - (A) O movimento do corpo é uniformemente acelerado.
 - (B) O módulo da aceleração do movimento do corpo diminui, na ausência de atrito.
 - (C) O movimento do corpo pode ser uniforme quando sujeito a uma força de atrito constante.
 - (D) O módulo da aceleração do movimento é independente da massa do corpo.
- **1.2.** Quando o corpo X atinge a extremidade A com a velocidade de 4,0 \vec{e}_x (m s⁻¹), o fio parte-se e o corpo começa a mover-se livremente.
 - **1.2.1.** Verifique se o corpo colide com a superfície DE.

Apresente todas as etapas de resolução.

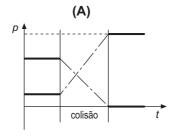
1.2.2. Seleccione o gráfico que melhor traduz o modo como varia o quadrado do módulo da velocidade do corpo X com o quadrado do tempo, a partir da extremidade A da superfície horizontal.

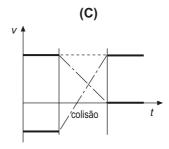


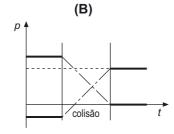
- **1.3.** Admita que, noutra experiência, o corpo X tem carga 9,0 μ C e massa 1,0 g. Quando atinge a extremidade A da superfície horizontal com velocidade 4,0 \vec{e}_x (m s⁻¹), depois de o fio se partir, fica sujeito a um campo magnético, $\vec{B} = 2,0 \times 10^2 \vec{e}_x$ (T).
 - Calcule a posição, em relação ao ponto A, em que o corpo volta a passar na vertical que contém o ponto A.
 - Despreze a força gravítica.
 - Apresente todas as etapas de resolução.
- **2.** A figura 2 representa um corpo A, de massa 4,0 kg, que desliza no sentido positivo do eixo dos *xx* com uma velocidade de módulo 4,0 m s⁻¹ e colide com um corpo B, de massa 2,0 kg, que se desloca em sentido contrário com uma velocidade de módulo 1,0 m s⁻¹. Após o choque, o corpo A pára e o corpo B continua em movimento.

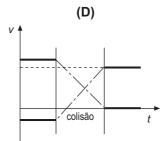


- **2.1.** Determine a velocidade do centro de massa do sistema formado pelos dois corpos, imediatamente antes do choque.
 - Apresente todas as etapas de resolução.
- **2.2.** Os gráficos seguintes representam os valores do momento linear, p, ou da velocidade, v, dos corpos A e B, em função do tempo, t.
 - Seleccione o gráfico que melhor descreve a colisão.









2.3. Admita que, após a colisão, o corpo A é ligado a uma mola que se encontra no plano horizontal (figura 3). A mola é comprimida no sentido positivo do eixo dos *xx* e depois largada. O corpo passa a executar um movimento harmónico simples, que obedece à equação:

$$x = A \sin\left(\frac{\pi}{8}t + \frac{\pi}{2}\right) (SI)$$



Fig. 3

- 2.3.1. Tendo em conta a situação descrita, seleccione a afirmação correcta.
 - (A) No instante inicial, a força elástica tem o sentido positivo do referencial.
 - (B) O período do movimento é 8 s.
 - (C) No instante inicial, a energia potencial do oscilador é máxima.
 - **(D)** No instante t = 0 s, a aceleração é nula.
- 2.3.2. Para a situação descrita, indique:
 - a condição que permite calcular os instantes, t, em que o módulo da velocidade do corpo é máximo;
 - a expressão que representa o módulo da velocidade máxima do corpo.
- 3. Considere um recipiente cilíndrico, com 0,20 m de altura, cheio de água.
 - **3.1.** Um corpo, de massa 10 g, é abandonado na superfície livre da água e fica a flutuar com 1/4 do seu volume emerso.

Tendo em conta a situação descrita, seleccione a afirmação correcta.

- (A) A resultante das forças que actuam no corpo tem uma intensidade de 1 × 10⁻¹ N.
- (B) O quociente entre o valor da densidade da água e o valor da densidade do corpo é 4.
- (C) O quociente entre o valor da densidade da água e o valor da densidade do corpo é $\frac{1}{4}$.
- (D) A resultante das forças de pressão que actuam no corpo tem uma intensidade de 1 × 10⁻¹ N.

3.2. Admita que foi aberto um orifício, na base do recipiente, através do qual a água sai inicialmente com um caudal de $2,20 \times 10^{-4} \, \text{m}^3 \, \text{s}^{-1}$. Simultaneamente, abre-se uma torneira que verte água para o recipiente com um caudal de $1,50 \times 10^{-4} \, \text{m}^3 \, \text{s}^{-1}$.

Seleccione a alternativa que completa correctamente a seguinte afirmação.

O nível da água no recipiente estabiliza quando...

- (A) ... as velocidades de saída da torneira e de saída do orifício são iguais.
- (B) ... as áreas da secção à saída da torneira e do orifício são iguais.
- (C) ... a pressão no fundo do recipiente é igual à pressão à saída do orifício.
- (D) ... os caudais de saída da torneira e do orifício são iguais.
- **4.** A figura 4 representa um circuito constituído por um gerador (8,0 V; 1,0 Ω), um amperímetro, A, um motor, M, (1,5 V; 2,0 Ω) e um reóstato, R.

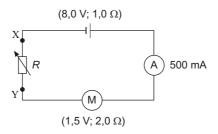


Fig. 4

4.1. Num dado instante, deslocou-se o cursor do reóstato e observou-se que a diferença de potencial nos terminais do gerador aumentou.

Seleccione a alternativa que completa correctamente a seguinte afirmação.

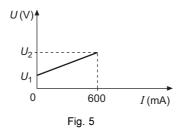
O cursor do reóstato deslocou-se, de modo a...

- (A) ... diminuir a resistência introduzida pelo reóstato no circuito.
- (B) ... aumentar a intensidade da corrente que percorre o circuito.
- (C) ... aumentar a potência útil do motor.
- (D) ... diminuir a potência total do gerador.

4.2. O gráfico da figura 5 apresenta a diferença de potencial, *U*, nos terminais do motor da figura 4, em função da intensidade da corrente, *I*, que percorre o circuito, à medida que se fez variar a resistência do reóstato.

Determine os valores de U_1 e de U_2 .

Apresente todas as etapas de resolução.



4.3. Admita que associa, em paralelo com o reóstato, um fio com uma resistência de valor igual à do reóstato.

Escreva um pequeno texto, no qual explique as alterações qualitativas que se observam:

- na intensidade de corrente medida no amperímetro;
- na diferença de potencial medida nos terminais do gerador;
- na energia dissipada no motor.

Tenha em conta a alteração introduzida no valor da resistência entre os pontos X e Y.

5. A revolução científica que teve início no princípio do século XX estruturou os princípios incluídos na área da chamada Física Moderna. Vários fenómenos, tais como a radiação do corpo negro, a radioactividade, a radiação X e o comportamento dual da matéria, despoletaram a busca de novas ideias para descrever a realidade.

«A descontinuidade substituiu a continuidade. Em vez de leis governando indivíduos, passámos a ter leis de probabilidade.»¹

A Física Quântica e a Física Nuclear alteraram a nossa visão sobre a estrutura e evolução do Universo, enfatizando a importância dos modelos na compreensão dos fenómenos.

- **5.1.** Seleccione a alternativa correcta.
 - (A) A equação que traduz a interacção da radiação com a matéria é $E = m c^2$.
 - **(B)** O comportamento dual da luz está patente na equação $\lambda = \frac{h}{\rho}$.
 - (C) O efeito Compton pode verificar-se fazendo incidir luz infravermelha sobre grafite.
 - (D) O efeito fotoeléctrico ocorre fazendo incidir electrões sobre uma superfície metálica.
- **5.2.** Seleccione a alternativa que completa correctamente a seguinte afirmação.

Na produção de pares...

- (A) ... o positrão formado é aniquilado pela matéria, produzindo um fotão.
- (B) ... são utilizados fotões X.
- (C) ... a energia do fotão incidente é superior à da massa em repouso do par formado.
- (D) ... forma-se um protão e um positrão.
- **5.3.** O rádio-226, $^{226}_{88}$ Ra, é um núcleo radioactivo que sofre decaimento α .
 - **5.3.1.** Indique, justificando, o número atómico e o número de massa dos núcleos formados por decaimento α do rádio-226.
 - **5.3.2.** Considere que uma dada amostra de rádio-226 tem uma actividade de 200 Bq no instante t_0 .

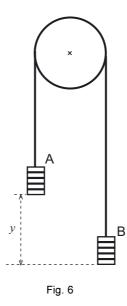
Seleccione a afirmação correcta.

- (A) No instante t_0 , ocorrem 200 desintegrações por segundo.
- (B) Num instante posterior, a actividade da amostra é superior a 200 Bq.
- (C) No instante t_0 , existem 200 núcleos de rádio-226.
- (D) Num instante qualquer, a actividade da amostra é independente do número de núcleos de rádio-226.

¹ In Einstein, A. & Infeld, L., A Evolução da Física, Livros do Brasil.

- **6.** Para determinar experimentalmente a aceleração da gravidade, os alunos de uma turma utilizaram uma máquina de Atwood com atrito desprezável.
 - Recorrendo a duas células fotoeléctricas, ligadas a um contador digital de tempo e distanciadas de y = 50,00 cm, mediram o intervalo de tempo de queda do conjunto A, sempre que o conjunto B era libertado, a partir das posições representadas na figura 6.

Nos diferentes ensaios, mantiveram constante a massa total do sistema, fazendo variar a diferença entre as massas dos conjuntos A e B.



- **6.1.** Indique dois modos de diminuir a incerteza associada à determinação do valor experimental do intervalo de tempo de queda do conjunto A.
- **6.2.** Trace o diagrama de forças aplicadas nos conjuntos A e B e mostre que o módulo da aceleração do sistema é dado por $a = g \frac{m_{\text{A}} m_{\text{B}}}{m_{\text{A}} + m_{\text{B}}}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

- **6.3.** Desprezando as forças de resistência do ar e o atrito na roldana, seleccione a afirmação correcta.
 - (A) A variação da energia potencial do sistema é positiva.
 - (B) A variação da energia mecânica do corpo A é positiva.
 - (C) A variação da energia cinética do sistema é igual à soma dos trabalhos realizados pelos pesos dos corpos.
 - (D) A variação da energia mecânica do corpo A é igual à variação da energia mecânica do corpo B.

6.4. A figura 7 representa o gráfico traçado pelos alunos, a partir dos valores experimentais obtidos.

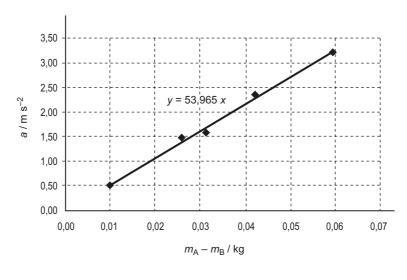


Fig. 7

Admita que a soma das massas dos corpos A e B tem o valor de 179,96 g e que a equação da recta que melhor se ajusta aos pontos experimentais é y = 53,965 x.

Determine o valor experimental da aceleração da gravidade.

Apresente todas as etapas de resolução.

FIM

COTAÇÕES

1.			
	1.1.		8 pontos
	1.2.		
		1.2.1. 1.2.2.	14 pontos 8 pontos
	1 3		14 pontos
_	1.5.		14 pontos
2.	0.4		10
			10 pontos
			8 pontos
	2.3.	2.3.1.	8 pontos
		2.3.2.	10 pontos
3.			
J.	2 1		8 pontos
			8 pontos
	J.Z.		o pontos
4.			
	4.1.		8 pontos
	4.2.		10 pontos
	4.3.		14 pontos
5.			
Э.	- 4		
			8 pontos
			8 pontos
	5.3.	5.3.1.	10 nontos
		5.3.2.	10 pontos 8 pontos
			•
6.			
	6.1.		10 pontos
	6.2.		10 pontos
	6.3.		8 pontos
	6.4.		10 pontos
		-	
		TOTAL	200 pontos