

Física II

L.E.Gestão I.

Professor responsável: PEDRO ABREU

1º Exame

2º Teste

2001/06/29, 9h00

**Duração: 2h30 (exame) e
1h30 (teste: problemas 3,4,5)**

Constantes úteis			
Superf.triângulo	$b \times a/2$	Superf.círculo	πr^2
Superf.cubo	$6a^2$	Volume cubo	a^3
Superf.cilindro	$2\pi rL + \text{base}(\pi r^2) + \text{topo}(\pi r^2)$	Volume cilindro	$\pi r^2 L$
Superf.esfera	$4\pi r^2$	Volume esfera	$4\pi r^3/3$
Fórmula da água	H_2O	Números Atômicos H, O	$Z_H = 1, Z_O = 8$
Constante de Boltzmann	$1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$	Número de Avogadro	$N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$
Raio do Sol	$6.98 \times 10^8 \text{ m}$	Temperatura do Sol	6000 K à superfície
Distância Sol-Júpiter	$7.78 \times 10^{11} \text{ m}$	Raio de Júpiter	$7 \times 10^7 \text{ m}$
Constante Lei de Wien	$B = 0.00282 \text{ mK}$	Constante de Stefan-Boltzmann	$5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$
Combinções N elementos P a $P = \binom{N}{P} = \frac{N!}{P!(N-P)!}$			
Permutações N elementos = $N!$			

$$\dot{z} + Az = B \Leftrightarrow z(t) = Ce^{-At} + B/A \quad (\text{C a ser determinado})$$

$$\ddot{z} + Az = B \Leftrightarrow z(t) = C \text{sen}(\sqrt{A}t + D) + B/A \quad (\text{C e D a serem determinados})$$

(4.0) **1)** A Colaboração de cientistas “Super-Kamiokande”, com sede na mina de Kamioka no Japão, montou um dispositivo experimental para, entre outros assuntos, procurar sinais do decaimento do protão (núcleo de hidrogénio). Num trabalho publicado recentemente¹, procuraram a reacção $p \rightarrow \bar{\nu}K^+$, e não observaram nenhum acontecimento. O dispositivo consiste essencialmente em um cilindro de altura $h=36.2 \text{ m}$, raio $r=16.9 \text{ m}$, cheio com água pura e rodeado de detectores com uma eficiência global de 80%.

(1.0) a) Se a vida média do protão fosse a idade do universo ($\tau = 1.2 \times 10^{10}$ anos), quantos protões deveriam decair por dia (no primeiro dia) ?

(sugestão: comece por calcular quantos protões há no tanque)

¹Super-Kamiokande Collaboration, Y. Hayato et al., Phys. Rev. Lett. **83** (1999) 1529-1533.

(1.0) b) Admitindo que a colaboração operou o dispositivo durante um período efectivo de um ano, e que o protão só teria esse modo de decaimento $p \rightarrow \bar{\nu}K^+$, qual a vida média que o protão teria que ter para não dar mais de 3 decaimentos em um ano (limite inferior da sua vida média a 95% de nível de confiança) ?

(2.0) c) Um macroprotão em repouso explode em dois bocados, libertando 938 J. A massa do primeiro bocado é $m_1 = 0.001$ Kg, e a do segundo bocado é $m_2 = 0.493$ Kg. Quais as velocidades dos dois bocados ? Qual deles leva mais energia ?

(4.0) **2)** Um brinco em forma de barra homogénea de ouro, de massa $m = 400,000$ g (a 4000 g a grama), e comprimento $l = 0.05$ m, está fixo pela extremidade a uma orelha de um jovem estudante da L. E. Gestão I. O brinco só tem movimento no plano vertical, fazendo sempre ângulos muito pequenos com a vertical. O momento de inércia de uma barra homogénea em torno da extremidade é $I = ML^2/12$.

(1.0) a) Quantos graus de liberdade tem o sistema do brinco ?

(1.0) b) Qual o Lagrangeano do sistema ?

(1.0) c) Qual(is) a(s) equação(ões) do movimento do brinco ?

(1.0) d) Para pequenas oscilações, qual a frequência do movimento do brinco na sala de aula (na Terra), e no seu ambiente natural (na Lua, com gravidade igual a 1/6 da da Terra) ?

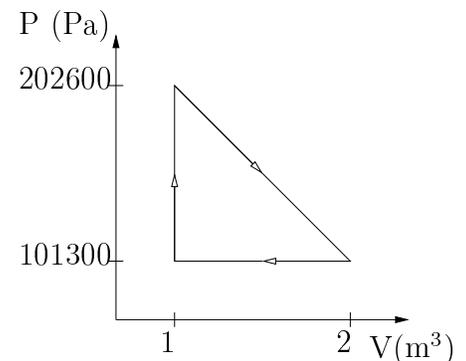
(4.0/6.0) **3)** No sistema da figura, está representado no plano (P,V) um diagrama de funcionamento de um máquina térmica, onde circulam 40.6 moles de um gás monoatômico. A partir do ponto em que a temperatura é mais baixa e igual à temperatura da fonte fria, o gás é aquecido até à pressão máxima de 202600 Pa mantendo constante o seu volume inicial de 1 m³, depois sofre uma transformação até à pressão mínima de 101300 Pa e volume máximo de 2 m³ (em que a relação entre pressão e volume é linear), e finalmente é arrefecido a pressão constante até à pressão e volume iniciais. Considere a temperatura da fonte quente constante e igual a $T_Q = 900K$.

(1.0/1.5) a) Qual o trabalho realizado pelo gás em cada ciclo ?

(1.0/1.5) b) Qual o rendimento deste ciclo ?

(1.0/1.5) c) Qual o rendimento máximo que uma máquina poderia ter usando as mesmas fontes (fria e quente) ?

(1.0/1.5) d) Qual a variação de entropia do Universo em cada ciclo ? Este ciclo é reversível ? Justifique.



(4.0/7.0) **4)** Vinte alunos estão numa sala com 20 cadeiras, a realizar um exame. Admita que em cada cadeira só se pode sentar um aluno de cada vez, e que a massa de cada aluno é $m = 75$ Kg.

(1.5/2.5) a) Qual o número de microestados (possíveis) deste sistema ? Qual o número de macroestados possíveis deste sistema ?

(0.5/1.0) b) Qual o número de microestados numa nova sala com 40 cadeiras ?

(1.0/2.0) c) Qual a variação de entropia quando mudamos os alunos de sala ?

(1.0/1.5) d) Se a velocidade quadrática média, devido ao movimento natural dos estudantes em equilíbrio térmico (como sempre, muito agitados), for $v_{qm} = 10^{-10}$ m/s, qual a temperatura 'da sala' ?

(4.0/7.0) **5)** Considerando o Sol e Júpiter como corpos negros em equilíbrio térmico, e tendo em conta que a temperatura à superfície do Sol é de 6000 K, determine

(1.0/1.5) a) a potência radiada pelo Sol;

(1.0/2.0) b) a potência por unidade de área na órbita de Júpiter;

(1.0/2.0) c) a potência recebida (e emitida) por Júpiter;

(1.0/1.5) d) a temperatura esperada à superfície de Júpiter.