



## Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Av. dos Astronautas, 1758 - São José dos Campos, SP.

### Exame para o Curso de Pós-Graduação em Astrofísica

1) Você é encarregado de medir a potência radiante (quantidade de energia por unidade de tempo) emitida por uma lâmpada incandescente. Para isso, utiliza um frasco com 0,7 litros de água na qual diluiu-se tinta nanquim, e na qual a lâmpada é submersa, de modo que quando ligada, toda radiação é absorvida pela água. Você verifica que após 4 minutos com a lâmpada ligada a temperatura da água aumenta de  $20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  para  $24,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Qual é a potência radiante (em W) da lâmpada?

2) Você ilumina a superfície gravada de um CD de áudio perpendicularmente com um apontador laser vermelho (o comprimento de onda da luz,  $\lambda$ , é aproximadamente  $650\text{ nm} = 0,65\text{ }\mu\text{m}$ ). Você mede que o ângulo com que a luz é difratada (trata-se da primeira ordem) é de  $24\text{ graus}$ .

- Qual é o espaçamento entre as trilhas no CD?
- Se o raio correspondente à trilha mais externa é  $5,85\text{ cm}$  e o raio correspondente à trilha mais interna é  $2,3\text{ cm}$ , qual é o número de trilhas?
- Supondo que um bit de informação numa trilha ocupa o mesmo espaço que a separação entre as trilhas, estime quantos megabytes podem ser gravados no CD. Compare com o que você conhece sobre a capacidade de armazenamento de um CD.

3) George atira uma bala de canhão com velocidade inicial  $v$  que faz um ângulo  $\theta$  com a horizontal. Despreze o atrito com o ar e considere a aceleração gravitacional da Terra  $g$ , constante. A distância horizontal  $D$  que o projétil percorre antes de atingir o chão poderia ser:

a)  $D = 2v^2 \cos \theta$

b)  $D = \frac{2v^2}{g} \sin \theta \cos \theta$

c)  $D = 2g \sin \theta \cos \theta$

d)  $D = 2vg (\cos \theta - \sin \theta)$

e)  $D = \frac{2v^2}{g} \sin g$

4) As equações de Maxwell podem ser escritas como

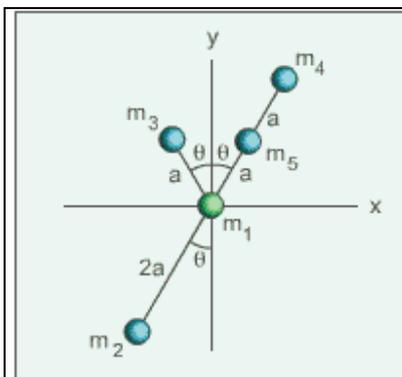
$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = 4\pi\rho, \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0,$$

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad \vec{\nabla} \times \vec{B} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c} \vec{j}.$$

Como elas se modificariam se existisse o equivalente magnético à carga elétrica (chamado de monopolo magnético)?

5) Um refrigerador é um aparelho que extrai calor de um sistema  $A$ , que está a uma temperatura  $T$ , e transfere essa energia para um sistema  $A'$  que está a uma temperatura  $T'$ . Isso acontece, por exemplo, em uma geladeira comum usada em residências, em que há a transferência de calor do interior da geladeira para o ambiente em que ela se encontra. Mostre que se  $T' > T$  (como em geral acontece) a transferência de calor,  $q$ , de  $A$  para  $A'$  viola a 2ª Lei da Termodinâmica. Mas, neste caso, como é possível que geladeiras continuem exercendo sua função de refrigeração de  $A$ ?

6)



A figura ao lado mostra um arranjo de 5 massas iguais. Qual é a força resultante na partícula de massa  $m_1$ ?

7)



Uma partícula de carga  $q$  está a uma distância  $d$  da extremidade de uma barra homogênea e uniforme de comprimento  $L$  e carga total  $Q$ . Que força elétrica a barra exerce sobre a partícula?

8) Num experimento de espalhamento de partículas de altas energias, verifica-se que as partículas instáveis formadas decaem, produzindo fótons numa faixa de 10 MeV em torno de uma energia média. Qual é o tempo de vida médio destas partículas ?

9) Uma nave viajando de encontro à Terra a uma velocidade igual a 75% da velocidade da luz emite um pulso de luz em nossa direção. Qual a velocidade deste pulso de luz, tal como visto pelos observadores na Terra?

a) Justifique qualitativamente o resultado

b) Resolva utilizando a lei de adição de velocidades da Relatividade Restrita,

$$u' = \frac{v + u}{1 + \frac{vu}{c^2}}$$

onde R' é o referencial da Terra e R é o referencial da nave.

10) No interior do Sol, a temperatura é muito alta mesmo! Ela é aproximadamente  $16 \times 10^6$  K. Ali, a matéria encontra-se na forma de um gás constituído principalmente de prótons e elétrons livres em movimento de agitação contínua.

a) Qual a velocidade média deste movimento de agitação ?

b) Suponha que 2 destes prótons estejam, num dado momento, embora muito distantes um do outro, viajando exatamente em trajetória de colisão frontal, ambos com a velocidade acima. Supondo que nada mais aconteça com eles (e.g uma colisão com outra partícula), a que distância eles irão parar e reverter seu movimento ?

c) Para que ocorra a fusão de 3 prótons num núcleo de Hélio-3, entre outras coisas, é necessário que os prótons aproximem-se a distâncias menores que  $\epsilon \approx 1,4 \times 10^{-12}$  mm. Com o resultado do item anterior você pode concluir o quê?

d) Você saberia sugerir um fenômeno típico da mecânica quântica capaz possibilitar a fusão dos prótons no interior do Sol ?

11) A massa do núcleo de Hélio-4 (número de massa = 4, número atômico = 2) é cerca de 1% inferior à soma das massas de seus componentes. Qual é então a energia de ligação deste núcleo?

**Algumas informações adicionais:**

Calor específico da água,  $C_p = 4200 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Condição de interferência:  $m\lambda = d \text{ sen } \theta$ , onde  $m$  é a ordem da interferência,  $\lambda$  o comprimento de onda e  $\theta$  o ângulo de difração.

Variação de entropia:  $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-12} \text{ erg}$$

$$h = 6,63 \times 10^{-27} \text{ erg s} \quad (\text{constante de Planck})$$

$$k_B = 1,38 \times 10^{-16} \text{ erg K}^{-1} \quad (\text{constante de Boltzmann})$$

$$e = 4.803 \times 10^{-10} \text{ esu} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

$$c = 2.998 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1}$$

$$m_{\text{próton}} = 1.673 \times 10^{-24} \text{ g}$$

$$m_{\text{nêutron}} = 1.675 \times 10^{-24} \text{ g}$$