

## ELETRICIDADE E MAGNETISMO II

### Lista para ondas EM

1. Provar que

$$\text{rot rot } \vec{a} = [\nabla \times [\nabla \times \vec{a}]] = \nabla(\nabla \cdot \vec{a}) - \nabla^2 \vec{a} = \text{grad div } \vec{a} - \Delta \vec{a}, \text{ onde}$$
$$\nabla = \hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z}, \Delta = \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

2. A estação de rádio WCCO em Minneapolis opera na frequência de 830KHz. Em um ponto a uma distância do transmissor, a amplitude do campo magnético da onda eletromagnética da WCCO é  $4.82 \times 10^{-11} \text{T}$ . Calcule (a) o comprimento de onda; (b) o número de onda; (c) a frequência angular; (d) a amplitude do campo elétrico.

3. Uma fonte de luz intensa irradia uniformemente em todas as direções. A uma distância de 5.0 m da fonte, a pressão de radiação numa superfície perfeitamente absorvedora é  $9.0 \times 10^{-6} \text{Pa}$ . Qual a potência de saída total média da fonte?

4. SEGURANÇA DO LASER. Se o olho recebe uma intensidade média maior que  $1.0 \times 10^2 \text{W/m}^2$ , o dano da retina pode ocorrer. Essa quantidade é chamada de *limiar do dano* da retina. (a) qual a potência média mais larga (em mW) que o feixe de laser de diâmetro de 1.5 mm pode ter e ainda ser considerado seguro para ver de frente? (b) quais são os valores máximos dos campos elétricos e magnéticos pra o feixe do item (a)? Quanta energia seria necessária para o feixe do item (a) entregar por segundo para a retina? (d) Expresse o limiar do dano em  $\text{W/m}^2$ .

5. CIRURGIA A LASER. Feixes de laser de pulsos muito curtos de alta intensidade são usados para reparar destacada porção da retina do olho. Os breves pulsos de energia absorvidos pela retina soldam a porção destacada de volta no seu devido lugar. Em tal procedimento, o feixe de laser tem comprimento de onda de 810 nm e fornece 250 mW de potência espalhada ao longo de um local de  $510 \mu\text{m}$  de diâmetro. O humor vítreo (fluido transparente que preenche praticamente todo o olho) tem um índice de refração de 1.34. (a) se os pulsos de laser são longos um tanto de 1.50 ms, quanta energia é fornecida para a retina em cada pulso? (b) qual pressão de radiação faz o pulso do feixe de laser exercer na retina completa absorção pelo local circular? (c) quais são os comprimentos de onda e frequência de luz laser dentro do humor vítreo do olho? (d) quais são os valores máximos de campo elétrico e magnético no feixe laser?

6. Um satélite de 575 km acima da superfície terrestre transmite ondas eletromagnéticas sinusoidais de frequência 92.4 MHz uniformemente em todas as direções, com potência de 25.0 kW. (a) qual a intensidade dessas ondas quando alcançam um receptor na superfície da Terra diretamente do satélite? (b) quais as amplitudes do campo elétrico e magnético no receptor? (c) se um receptor tem painel completamente absorvedor medindo 15.0 cm por 40.0 cm orientados no seu plano perpendicular a direção que as ondas viajam, qual força média essas ondas exercem no painel? Essa força é grande o suficiente para causar efeitos significativos?

7. Um loop circular de fios tem raio 7.50 cm. Uma onda eletromagnética plana sinusoidal viajando no ar atravessa o loop, com direção do campo magnético da onda perpendicular ao plano do loop. A intensidade da onda nesse local do loop  $0.0195 \text{W/m}^2$ , e o comprimento de onda é 6.90 m. Qual é a máxima *emf* induzida no loop?

8. SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL (GLOBAL POSITIONING SYSTEM - GPS). A rede GPS consiste de 24 satélites, cada um deles percorre duas órbitas por dia ao redor da Terra. Cada

satélite transmite um sinal sinusoidal eletromagnético de 50.0 W (ou até menor) em duas frequências, uma de 1575.42 MHz. Assuma que o satélite transmite metade de sua potência em cada frequência e que as ondas viajam uniformemente em baixo hemisfério. (a) qual a intensidade média que um receptor de GPS no chão, diretamente abaixo do satélite, recebe? (Dica: Primeiro use as Leis de Newton para achar a altitude do satélite.) (b) quais são as amplitudes de campos elétrico e magnéticos do receptor de GPS do item (a), e quanto tempo leva para o sinal chegar ao receptor? (c) se o receptor é um painel quadrado de 1.50 cm de um lado que absorve todo o feixe, qual a pressão média que o sinal exerce no receptor? E (d) qual comprimento de onda precisa o receptor ser ajustado nesse caso?

**9. VELA SOLAR 2.** A NASA está dando muita atenção ao conceito de *vela solar*. Um veleiro solar usa uma massa pequena e grande e a energia e momento da luz solar para propulsão. (a) A vela deve ser absorvedora ou refletora? Por que? (b) A potência de saída total do Sol é  $3.9 \times 10^{26} \text{ W}$ . Quão grande a vela deve ser para propulsar um veleiro de 10.000 kg contra a força gravitacional do Sol? Expresse seu resultado em  $\text{km}^2$ . (c) Explique por que sua resposta ao item anterior é independente da distância do Sol.

**10.** Radiação eletromagnética é emitida por cargas aceleradas. A razão em que a energia é emitida de uma carga acelerada  $q$  e aceleração  $a$  é dada por

$$\frac{dE}{dt} = \frac{q^2 a^2}{6\pi\epsilon_0 c^3}$$

Onde  $c$  é a velocidade da luz. (a) verifique que essa equação é dimensionalmente correta. (b) se um próton com energia cinética de 6.0 MeV viaja num acelerador de partículas numa órbita circular de raio 0.750m, que fração dessa energia é irradiada por segundo? (c) considere um elétron orbitando com a mesma velocidade e raio. Que fração dessa energia é irradiada por segundo?

**11. ÁTOMO DE HIDROGÊNIO CLÁSSICO.** Seja um elétron em um átomo de Hidrogênio em uma órbita circular de raio 0.0529 nm e energia cinética de 13.6eV. Se o elétron se comportasse classicamente, quanta energia seria irradiada por segundo? O que isso lhe diz sobre o uso de física clássica para descrever o átomo?