

Lista de Exercícios de Física Moderna

Teoria clássica de interação da radiação com a matéria

- 1) A radiação solar é uma onda esférica com um espectro de frequências determinado pela temperatura do sol. No entanto, para simplificar os cálculos, supomos que na terra ela possa ser representada por uma onda plana monocromática com comprimento de onda $\lambda = 550 \text{ nm}$. Sabemos que a intensidade da radiação solar na terra é $I = 1400 \text{ W/m}^2$.
 - a) Calcule os valores do campo elétrico E , da indução magnética B , da frequência angular ω e do vetor de propagação k da onda.
 - b) Supondo que a radiação solar seja emitida isotropicamente, determine a energia emitida pelo sol por segundo e (usando a equação de Einstein $E=mc^2$) a massa perdida pelo astro por segundo devido a emissão dessa radiação.
- 2) Reproduza em detalhes os cálculos contidos nas páginas 75 a 77 da Apostila de Introdução a Física Moderna de autoria do Prof. Silvestre Ragusa (disponível na biblioteca) de modo a mostrar que a pressão exercida pela radiação nas paredes de uma cavidade é dada por $P = u/3$.
- 3) Uma forma alternativa de se escrever a lei de Beer-Lambert é $T = \frac{I}{I_0} = 10^{-\tau}$, onde T é a transmitância e $\tau = \epsilon C x$ é a chamada densidade óptica, com ϵ sendo o coeficiente de extinção molar, C é a concentração molar da substância absorvente e x é o comprimento percorrido dentro da substância. Obtenha a relação entre τ e o coeficiente de absorção α como aparece na formulação convencional da lei de Beer-Lambert. Quais devem ser as dimensões de τ , ϵ e C .
- 4) Quando radiação eletromagnética de frequência ν_1 emitida pelo sol atinge a superfície da terra após atravessar toda a atmosfera, sua intensidade é reduzida para 0,35 da intensidade da radiação incidente fora da atmosfera, sobretudo devido a absorção. Definindo a transmitância T , como sendo a razão entre a intensidade da onda na superfície da terra e fora da atmosfera, mede-se a transmitância para outra frequência ν_2 obtendo que está é 40% da transmitância para a frequência ν_1 . A partir dessas considerações, determine o coeficiente de absorção para a frequência ν_2 ?
- 5) A densidade óptica de um ponto fora da atmosfera até um P localizado abaixo da camada de ozônio da atmosfera é $\tau = 1$. Assuma que a concentração de ozônio na camada de ozônio caia 10%. Calcule a razão entre as intensidades de raios UVB antes e depois da redução na concentração de ozônio.

- 6) A folhagem das árvores em uma floresta filtra a luz do sol fazendo com que somente algumas frequências cheguem ao solo. A atenuação do feixe de luz é sobretudo devido a clorofila que absorve parte do luz vermelha do espectro solar e a transforma em energia no processo de fotossíntese. Qual é o coeficiente de extinção molar da clorofila para luz vermelha (em $\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) se as folhas tiverem espessura de $2,5 \cdot 10^{-2}$ mm e a concentração de clorofila na folha for $8,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$? Considere que o feixe de luz vermelha atravessa em média 10 folhas tendo sua intensidade reduzida a 10^{-3} da intensidade acima da folhagem. Qual é o coeficiente de absorção?
- 7) Na ionosfera (em altitudes acima de 80 km), a densidade de elétrons livres e íons, criados pelo efeito de ionização pela luz do sol, é suficiente alta para afetar a propagação de ondas eletromagnéticas. Usando um modelo de oscilador harmônico é possível mostrar para propagação da ionosfera que a relação entre a frequência angular ω e o vetor de propagação k (*relação de dispersão*) é dada por:

$$\omega^2 = (ck)^2 + \omega_p^2,$$

Onde ω_p é a chamada frequência de plasma.

- a) Dada essa relação de dispersão, discuta como a intensidade de uma onda plana monocromática ($E = E_0 e^{i(kz - \omega t)}$) irá variar à medida que a mesma se propaga na ionosfera quando $\omega > \omega_p$ e $\omega < \omega_p$.
- b) Define-se a velocidade de fase de uma onda como $v_p = \frac{\omega}{k}$ e a velocidade de grupo como sendo $v_g = \frac{d\omega}{dk}$. Usando a relação de dispersão apresentada, obtenha as expressões para a v_p e v_g e mostre que $v_p > c$ e $v_g < c$. Esse resultado mostra que o transporte de energia em uma onda (dado pela velocidade de grupo), sempre ocorre a uma velocidade melhor do que a da luz.
- c) Dado que $\omega_p = \sqrt{\frac{Ne^2}{\epsilon_0 m_e}}$, onde N é a densidade de elétrons e m_e é a massa do elétron. Sabendo que a densidade típica de elétrons na ionosfera é da ordem de 10^{11} , estime a frequência de plasma. Em que faixa do espectro eletromagnético corresponde essa frequência? Suponha que um extraterrestre esteja escutando ondas de rádio provenientes da terra. Será mais fácil para ele sintonizar uma rádio AM ou FM? E para um ouvinte no Japão? Será mais fácil ele sintonizar uma rádio brasileira AM ou FM?
- 8) A frequência natural de elétrons ligado nas camadas externas de átomos pode ser calculadas por:

$$\omega_0^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e R_0^3}$$

- a) Assumindo que os elétrons das camadas de valência de um átomo tem estão a distancias R_0 de aproximadamente A angstroms, determine a frequência natural desses elétrons.
- b) Em qual faixa do espectro eletromagnético esses elétrons absorvem?

- 9) Determine a expressão para a seção de choque para espalhamento Rayleigh por um elétron que está ligado harmonicamente a um átomo e experimenta um amortecimento fraco proporcional a sua velocidade. Usando a expressão da questão anterior e valores típicos para os comprimentos de onda, estime a seção de choque para luz azul e vermelha.