فصل ۱

مفاهیم مقدماتی

۱-۱. آن ناحیه از طیف الکترومغناطیسی که در لیزر مورد توجه است از ناحیه‌ی زیر میلیمتر شروع و تا ناحیه‌ی پرتو x کشیده می‌شود. این طیف به‌ترتیب نواحی زیر را در بر می‌گیرد: فروسرخ دور، فروسرخ نزدیک، مرئی، فرابنفش، فرابنفش خلا، پرتو ایکس نرم، پرتو ایکس. با استفاده از کتب استاندارد، بازه‌های طول موج نواحی بالا را تعیین کنید. چون این طول موج‌ها در این کتاب زیاد به‌کار برده می‌شوند، این بازه‌ها را یا به خاطر بسپارید یا یادداشت کنید.

حل:

بازه‌های طول‌موج λ در نواحی ذکر شده در صورت مسئله، به‌صورت زیر هستند:

فروسرخ دور: $۱mm - ۵۰\mu m$ ، فروسرخ میانی: $۵۰\mu m - ۲.۵\mu m$ ، فروسرخ نزدیک: $۲.۵\mu m - ۷۵۰nm$، مرئی: $۷۵۰nm - ۳۸۰nm$، فرابنفش: $۳۸۰nm - ۱۸۰nm$، فرابنفش خلأ: $۱۸۰nm - ۴۰nm$، پرتو x نرم: $۴۰nm - ۱nm$ و پرتو x: $۱nm - ۰.۰۱nm$

۱-۲. در حالت خاصی از مسئله‌ی ۱-۱، طول موج‌های مربوط به نور آبی، سبز و قرمز را به خاطر بسپارید و یا آن‌ها را یادداشت کنید.

حل:

طول موج طیف مرئی در گستره‌ی $۳۸۰nm - ۷۵۰$ و بسامد آن‌ها در گستره‌ی $۴۰۰THz - ۷۰۰$ است. از این‌رو طول‌موج مربوط به نور آبی، بین $۴۵۰nm - ۴۹۵$، برای نور سبز، $۴۹۵nm - ۵۷۰$ و برای قرمز $۶۲۰nm - ۷۵۰$ است.

۱-۳. اگر ترازهای ۱ و ۲ شکل ۱-۱ چنان باشند که گذار مربوط به اختلاف انرژی $E_۲ - E_۱$ در وسط ناحیه‌ی طول موج‌های مرئی قرار بگیرد، نسبت جمعیت دو تراز را در حالت ترازمندی گرمایی و در دمای اتاق به‌دست آورید.

حل:

طول‌موج $\lambda = ۵۵۰nm$ را در وسط ناحیه‌ی مرئی در نظر می‌گیریم. برای موجی مفروض با بسامد v، بسامد متناظر برحسب عدد موج از $w = v/c$ به‌دست می‌آید، که c سرعت موج در خلأ است. بسامد واقعی v از بسامد عدد موج از رابطه‌ی $v = cw$ تعیین می‌شود. طول موج متناظر آن خواهد شد،

$$\lambda = c/v = ۱/w$$

پس

$$w = (۱/\lambda) = ۱۸۱۸۰cm^{-۱}$$

می‌شود. هم‌چنین $kT = ۲۰۸cm^{-۱}$ (پیوست ط)، آن‌گاه $(E_۲ - E_۱)/kT = ۶۵$، طبق رابطه‌ی زیر نسبت جمعیت دو تراز به‌دست می‌آید:

$$N_۲^e = N_۱^e exp - \left(E_۲ - E_۱/kT\right) = ۷ \times ۱۰^{-۲۹} N_۱^e$$

۱-۴. در ترازمندی گرمایی، در $T = ۳۰۰K$، نسبت جمعیت $N_۲/N_۱$ دو تراز مفروض برابر با $۱/e$ است. بسامد v مربوط به این گذار را به‌دست آورید. این بسامد در چه ناحیه‌ای از طیف الکترومغناطیسی قرار می‌گیرد.

حل:

از رابطه‌ی $\frac{N_2^e}{N_1^e} = \frac{g_2}{g_1} exp - \left(\frac{E_2 - E_1}{kT}\right)$، به‌ازای $g_1 = g_2$، $E_2 - E_1 = kT = ۲۰۸cm^{-1}$ پس

$$\lambda = (۱/۲۰۸)cm \cong ۴۸\mu m$$

که طول موج در ناحیه‌ی فروسرخ میانی قرار دارد.

۱-۵. کاواکی متشکل از دو آینه با بازتابندگی $R_1 = ۱$ و $R_2 = ۰.۵$ و اتلاف داخلی در هر عبور $L = ٪۱$ است. کل تلفات لگاریتمی در هر عبور را محاسبه کنید. اگر طول ماده‌ی فعال $l = ۷.۵cm$ و سطح مقطع گذار $\sigma = ۲.۸ \times ۱۰^{-۱۹} cm^۲$ باشد، وارونی آستانه را محاسبه کنید.

حل:

طبق داده‌های مسئله، روابط زیر را به‌دست می‌آوریم:

$$\gamma_1 = -\ln R_1 = ۱$$

$$\gamma_2 = -\ln R_2 \cong ۰.۶۹۳$$

$$\gamma_i = -\ln(۱ - L) \cong ۰.۰۱$$

$$\gamma = \gamma_i + (\gamma_1 + \gamma_2)/۲ = ۰.۳۵۷$$

$$N_c = \frac{\gamma}{\sigma l} = ۱.۷ \times ۱۰^{۱۷} cm^{-۳}$$

۱-۶. باریکه‌ی لیزر یاقوت $(\lambda \cong ۶۹۴nm)$ پس از عبور از تلسکوپی به قطر $۱m$ به ماه فرستاده می‌شود. با فرض آن‌که باریکه دارای همدوسی کامل فضایی است، مطلوب است محاسبه‌ی قطر باریکه‌ی D روی ماه (فاصله‌ی بین زمین و ماه تقریبا ۳۸۴۰۰۰ کیلومتر است).

حل:

با به‌کارگیری رابطه‌ی (۱-۴-۱) و $\beta = ۲L$ به‌صورت زیر به‌دست می‌آوریم:

$$D_{\text{ماه}} = \left(\frac{۲\lambda}{D}\right) L \cong ۵۳۳m$$

که $D_{\text{ماه}}$ قطر باریکه روی ماه، D گشودگی تلسکوپ و L فاصله‌ی بین زمین و ماه است.