

Wstęp do Optyki i Fizyki Materii Skondensowanej

Ćwiczenia 2

1. Znajdź kształt i szerokość widma gaussowskiego impulsu światła, w którym zależność natężenia pola elektrycznego od czasu dana jest wzorem:

$$E(t) = E_0 e^{i\omega_0 t} e^{-\frac{t^2}{\tau^2}}$$

2. Gaz atomów sodu znajduje się w równowadze termicznej w temperaturze pokojowej. Oszacować poszerzenie żółtej linii emisyjnej D ($\lambda = 589.7\text{nm}$) wywołane zjawiskiem Dopplera. Porównać wynik z naturalną szerokością tej linii wiedząc, że czas życia atomu sodu w stanie wzbudzonym wynosi $\tau = 1.6 \cdot 10^{-8}\text{s}$. Oszacować średnią prędkość atomów sodu w takich warunkach.
3. Wiedząc, że różnica pomiędzy rzeczywistym potencjałem atomowym a potencjałem kulombowskim w atomach metali alkalicznych jest równa $A\delta(r-a)$, gdzie a to promień Bohra, zaś A – pewien parametr, oblicz różnicę energii pomiędzy poziomami 3s i 3p w atomie litu. W atomie litu energia stanów 2s oraz 2p jest przesunięta względem energii tych stanów w atomie wodoru odpowiednio o $-2,01\text{ eV}$ i $-0,15\text{ eV}$.

Funkcje falowe atomu wodoru

$$\psi_{nlm} = \left[\frac{2l+1}{4\pi} \frac{(l-m)!}{(l+m)!} \right]^{1/2} R_{nl}(r) P_l^m(\theta) e^{im\varphi} \quad \text{oznaczenie : } A = \left[\frac{2l+1}{4\pi} \frac{(l-m)!}{(l+m)!} \right]^{1/2}$$

$$\text{zatem } \psi_{nlm} = A \cdot R_{nl}(r) P_l^m(\theta) e^{im\varphi} = R_{nl}(r) \cdot Y_{lm}(\theta, \varphi)$$

Kilka pierwszych radialnych funkcji falowych atomu wodoru:

$$R_{10} = 2 \left(\frac{1}{a} \right)^{3/2} \exp\left(-\frac{r}{a}\right)$$

$$R_{20} = 2 \left(\frac{1}{2a} \right)^{3/2} \left(1 - \frac{r}{2a} \right) \exp\left(-\frac{r}{2a}\right)$$

$$R_{30} = \frac{2}{3} \left(\frac{1}{3a} \right)^{3/2} \left(3 - \frac{2r}{a} + 2 \left(\frac{r}{3a} \right)^2 \right) \exp\left(-\frac{r}{3a}\right)$$

$$R_{21} = \left(\frac{1}{2a} \right)^{3/2} \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{r}{2a} \exp\left(-\frac{r}{2a}\right)$$

$$R_{31} = \left(\frac{1}{3a} \right)^{3/2} \frac{4\sqrt{2}}{3} \frac{r}{3a} \left(1 - \frac{r}{6a} \right) \exp\left(-\frac{r}{3a}\right)$$