

Задача № 16.

Используя соотношение неопределённостей энергии и времени, определите естественную ширину $\Delta\lambda$ спектральной линии излучения атома при переходе его из возбуждённого состояния в основное. Среднее время жизни атома в возбуждённом состоянии $\tau = 10^{-8} \text{ с}$, а длина волны излучения $\lambda = 600 \text{ нм}$.

Решение:

Воспользуемся соотношением неопределённостей Гейзенберга энергии и времени:

$$\Delta E \Delta t \approx \hbar \quad (1)$$

В нашем случае $\Delta t = \tau = 10^{-8} \text{ с}$ - среднее время жизни атома в возбуждённом состоянии. Поэтому неопределённость энергии при переходе из возбуждённого состояния в основное:

$$\Delta E \approx \frac{\hbar}{\tau} \quad (2)$$

Учитывая, что $\Delta E = \hbar \Delta \omega$, определим ширину спектральной линии:

$$\Delta \omega = \frac{\Delta E}{\hbar} \approx \frac{1}{\tau} \quad (3)$$

Длина волны и частота излучения связаны следующим соотношением:

$$\lambda = \frac{2\pi c}{\omega} \quad (4)$$

Продифференцируем (4) и получим следующее выражение:

$$d\lambda = -\frac{2\pi c}{\omega^2} d\omega = -\frac{\lambda^2}{2\pi c} d\omega \quad (5)$$

Прейдём к конечным приращениям и опустим знак минус, так как он показывает только то, что при увеличении частоты длина волны излучения уменьшается, поэтому в нашем случае он не существенен:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda^2}{2\pi c} \Delta\omega = \frac{\lambda^2}{2\pi c \tau} = 1.9 \cdot 10^{-5} \text{ нм} \quad (6)$$

Ответ:

$$\Delta\lambda = 1.9 \cdot 10^{-5} \text{ нм}.$$