

7. Квантова Оптика, атомна физика.

Топлинно излъчване:

зад. 1. Колко е мощността на топлинното излъчване на абсолютно черно тяло (излъчваемост 1) нагрят до температура 2000 K ако излъчващата повърхност има площ 10^{-4} m^2 (константата на Стефан-Болцман (константа на Стефан) е $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)?

зад. 2. Температурата на абсолютно черно тяло е 27°C . Колко пъти ще нарастне мощността на топлинното излъчване на тялото, ако то се нагрее до температура 327°C ?

зад. 3. Като използвате формулата на Планк $I(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/kT\lambda} - 1)}$, при

$P = S \int_0^\infty I(\lambda, T) d\lambda$ и факта, че $\int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^4}{15}$ и $x = \frac{hc}{\lambda kT}$, намерете верния израз за

константата на Стефан-Болцман (k константа на Болцман, h константа на Планк, c – скорост на светлината, λ дължина на вълната).

$$\text{а) } \sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} \quad \text{б) } \sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^2} \quad \text{в) } \sigma = \frac{2\pi^4 k^4}{15c^2 h^3} \quad \text{г) } \sigma = \frac{2\pi^5 k^5}{15c^2 h^3}.$$

зад. 4. Като знаете размерностите на k – константа на Болцман, h – константа на Планк, c – скорост на светлината, λ – дължина на вълната съответно J/K , $J \cdot s$, m/s , m и че $W=J/s$, намерете точния израз за константата на Стефан-Болцман (константа на Стефан).

$$\text{а) } \sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} \quad \text{б) } \sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^2} \quad \text{в) } \sigma = \frac{2\pi^4 k^4}{15c^2 h^3} \quad \text{г) } \sigma = \frac{2\pi^5 k^5}{15c^2 h^3}.$$

зад. 5. Черно тяло има температура 1.5 kK. При изстиването на това черно тяло дължината на вълната съответстваща на максимум в спектралната плътност на енергетическата му светимост, се е изменила с 5 μm . Определете температурата до която се е охладило тялото. Отг. $T_2=418\text{K}$

Фотони, енергия, импулс:

зад. 7 Според хипотезата на Планк електричен дипол, който извършва трептения с честота ν , излъчва електромагнитна енергия не непрекъснато, а на порции с големина:

$$\text{а) } \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/kT\lambda} - 1)}; \quad \text{б) } \int_0^\infty I(\lambda, T) d\lambda; \quad \text{в) } \frac{hc}{\lambda kT}; \quad \text{г) } hc / \lambda$$

зад. 8 Определете енергията и импулса на фотоните съответстващи на излъчване с $\lambda=500 \text{ nm}$.

Дадено: $\lambda=500 \text{ nm}$, $E, p=?$

зад. 9 Определете дължината на вълната на фотон, импулса на който е равен на импулса на електрон ускоряван от напрежение $U=10 \text{ V}$.

Дадено: $p=p_e$, $U=10\text{V}$, $\lambda=?$ Отг: $\lambda=388\text{nm}$

Външен фотоефект:

зад 10 Определете максималната кинетична енергия на фотоелектроните, избивани от повърхността на цинк (отделителна работа $A=4\text{eV}$) посредством монохроматична

светлина с дължина на вълната $\lambda=220 \text{ nm}$. Определете червената граница на фотоефекта. Отг: $\sim 310 \text{ nm}$.

зад.11. Върху платинова пластинка с отделителна работа 5.32 eV падат UV лъчи и предизвикват външен фотоефект. За да се прекрати фотоефекта е необходимо да се приложи задържащо напрежение от 3.55 V . Ако пластинката се замени с друг метал, задържащото напрежение трябва да се увеличи до 3.75 V . Да се определи отделителната работа от повърхността на този метал.

Вълни на Дьо-Бройл

зад. 12. Определете дължината на вълната на Дьо-Бройл и импулса на протон с маса $m_p=1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ движещ се със скорост 10^2 m/s .

зад. 13. Определете дължината на вълната на Дьо-Бройл на протон, който излиза от състояние на покой след прилагането към него на ускоряващо напрежение от $U=10 \text{ V}$.

Принцип на неопределеност на Хайзенберг

зад. 14. На колко е равна относителната неточност при определяне на скоростта на частицата ако неопределеността на местоположението и е равна на дължината на вълната на Дьо-Бройл.

(запис в съответствие с лекциите) $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar / 2$, $\Delta x = \lambda = h/mv$, $\Delta p_x = m \Delta v_x$ $\Delta v/v?$

зад. 15. Колко е неопределеността на енергията на фотон излъчен при преход на атома от възбудено в основно състояние за интервал от време 10 ns ?

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar / 2, \Delta E \geq \hbar / 2 \Delta t$$

Водороден атом. Излъчване и поглъщане

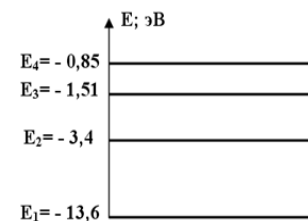
зад. 16. Във водородния атом електронът поглъща фотон и преминава от стационарна орбита с $n=1$ в орбита с $m=4$. Колко е честотата на погълнатия фотон?

Отг. Серия на Лайман: $\nu = 3.08 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$

зад. 17. При преход от 4-то към 1-во стационарно ниво, водороден атом излъчва фотон с дължина на вълната 97.23 nm . Към коя серия от спектъра на водородния атом принадлежи и колко е енергията на излъчения фотон?

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} = E_n - E_m = 12.75 \text{ eV}$$

Излъчването е в серията на Лайман,



Модел на атома на Бор

зад. 18. Съгласно теорията на Бор, електрон в атома на водорода се движи около ядрото по стационарни орбити. Да се намери радиуса на първата $n=1$ стационарна орбита и енергията на електрона на нея E_n . Да се определи необходимата енергия за преход на електрона на втората стационарна орбита.

$$k \frac{e^2}{r_n^2} = m \frac{v^2}{r_n} \rightarrow r_n = k \frac{e^2}{mv^2} \quad (1), \quad k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad \frac{mv^2}{2} = k \frac{e^2}{2r_n} \quad (2)$$

$$mvr_n = n\hbar \rightarrow v = \frac{n\hbar}{mr_n} \quad (3), \text{ заместваме (3) в (1)} \rightarrow r_n = \frac{n^2\hbar^2}{ke^2m} \quad (4), r_1 = \frac{\hbar^2}{ke^2m}$$

$$E_n = E_k + E_p = \frac{mv^2}{2} - k\frac{e^2}{r_n} \quad (5), \text{ заместваме (2) в (5)} \rightarrow E_n = k\frac{e^2}{2r_n} - k\frac{e^2}{r_n} = -k\frac{e^2}{2r_n} \quad (6)$$

$$\text{заместваме (4) в (6)} \rightarrow E_n = -k^2 \frac{e^4 m}{2\hbar^2 n^2} = \frac{E_0}{n^2}, \quad E_0 = E_1$$

$$\Delta E = E_2 - E_1 = -k^2 \frac{e^4 m}{2\hbar^2} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2} \right) = k^2 \frac{e^4 m}{2\hbar^2} \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = E_0 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = hR \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$$