**Модуль № 4**

**Коливання та хвилі. Оптика. Квантова та ядерна фізика**

**Практичне заняття № 9**

*Закони теплового випромінювання. Квантова природа світла та хвильові властивості частинок. Атом Бора.*

**Задача 18.12**

Потужність випромінювання абсолютно чорного тіла 10 кВт. Знайти площу випромінюючої поверхні тіла, якщо максимум спектральної щільності енергетичної світності припадає на довжину хвилі 700нм.

**Розв’язання**

Дано: $N=σT^{4}S$ (1)

N=10 кВт=10\*103 Вт σ=5,67 \*10-8 Вт/(м2\*К4) – стала Стефана-Больцмана

𝜆=700 нм=7\*10-7 м Із першого закону Віна $T=\frac{C\_{1}}{λ\_{m}}$ (2)

S-? C1=2,9 \*10-3м\*К

(2) в (1) $N=σS\left(\frac{C\_{1}}{λ\_{m}}\right)^{4}$

$$S=\frac{N}{σ}\left(\frac{C\_{1}}{λ\_{m}}\right)^{4}$$

**Задача 18.15**

При нагріванні абсолютно чорного тіла довжина хвилі, на яку приходиться максимум спектральної щільності енергетичної світності,змінилася від 690 до 500 нм. У скільки разів збільшилася при цьому енергетична світність тіла?

**Розв’язання**

Дано: Із першого закону Віна $ λ\_{m}T=C\_{1}$

𝜆1=690 нм=690\*10-9 м C1=2,9 \*10-3м\*К

𝜆2=500нм=500\*10-9 м $λ\_{1}T\_{1}=C\_{1}$ (1), $λ\_{2}T\_{2}=C\_{1}$ (2)

 R1/R2-?

$λ\_{1}T\_{1}=λ\_{2}T\_{2}$, $\frac{T\_{1}}{T\_{2}}=\frac{λ\_{2}}{λ\_{1}}$ (3)

За законом Стефана - Больцмана для абсолютно чорного тіла енергетична світність $R\_{e}=σT^{4} (4)$, σ=5,67 \*10-8 Вт/(м2\*К4) – стала Стефана-Больцмана

З формули (4) маємо: $\frac{R\_{e1}}{R\_{e2}}=\left(\frac{T\_{1}}{T\_{2}}\right)^{4}$(5)

підставляючи (3) в (5)

$$\frac{R\_{e1}}{R\_{e2}}=\left(\frac{λ\_{2}}{λ\_{1}}\right)^{4}$$

**Задача 19.14**

Довжина хвилі електрона, яка відповідає червоній межі фотоефекту, для деякого металу 275 нм. Знайти роботу виходу електрону з металу, максимальну швидкість електронів, які вириваються з металу довжиною хвилі 180 нм, максимальну кінетичну енергію електронів.

**Розв’язання**

Дано:

𝜆0= 275 нм=275 \*10-9 м Робота виходу електрона $A=\frac{hc}{λ\_{0}}$

𝜆=180 нм=180 \*10-9 м Рівняння Ейнштейна для фотоефекту

A-?, $v$-?, Wmax-? $hν=A+\frac{mv\_{max}^{2}}{2}$ (1)

Із (1) маємо $\frac{hc}{λ}-A=\frac{mv\_{max}^{2}}{2}$

$$v\_{max}=\sqrt{\frac{2(\frac{hc}{λ}-A)}{m}}$$

$$W\_{max}=\frac{mv^{2}}{2}$$

**Задача 19.37**

Знайти довжину хвилі де Бройля для електрона, який має кінетичну енергію а) 10кЕв, б) 1 МеВ

**Розв’язання**

$$λ=\frac{h}{\sqrt{2Wm\_{0}+\frac{W}{c^{2}}^{2}}}$$

$m\_{0}$ *–* маса електрона

$m\_{0}$=9,1\*10-31 кг

**Задача 20.1**

Знайти радіус трьох перших борівських електронних орбіт в атомі водню і швидкості електрона в них.

**Розв’язання**

На електрон, який рухається в атомі водню по к-тій борівській орбіті, діє сила Кулона $F=\frac{e^{2}}{4πε\_{0}r\_{k}^{2}}$ (1). Нормальне прискорення $a\_{n}=\frac{v\_{k}^{2}}{r\_{k}}$ (2)

$v\_{k}$ - швидкість електрона на к-тій орбіті

За другим законом Ньютона $F=ma\_{n}$ (3)

Підставляючи (1) в (2) і (3) отримаємо $\frac{e^{2}}{4πε\_{0}r\_{k}^{2}}=\frac{mv\_{k}^{2}}{r\_{k}}$

$r\_{k}=\frac{e^{2}}{4πε\_{0}r\_{k}^{2}}$ (4)

Згідно першому постулату Бора рух електрона навколо ядра можливий тільки по певних орбітах, радіуси яких задовільняють умову : $mv\_{k}r\_{k}=k\frac{h}{2π}$ (5)

Розв’язуючи спільно рівняння (4) і (5) отримаємо:

$$v\_{k}=\frac{v^{2}}{2ε\_{0}kh}$$

$$r\_{k}=\frac{ε\_{0}k^{2}h^{2}}{πme^{2}}$$

**Задача 20.7**

Знайти потенціал іонізації атома водню.

**Розв’язання**

Потенціал іонізації атома визначається за формулою $eU\_{1}=A\_{1}$

$A\_{1}$ – робота по видаленню електрона з нормальної орбіти на нескінченність

Для атома водню $A\_{1}=hν=hRc\left(\frac{1}{k^{2}}-\frac{1}{n^{2}}\right)$, k=1, n ∞

$A\_{1}=hRc$*,* $U\_{1}=\frac{A\_{1}}{e}=\frac{hRc}{e}$

**Задача 20.11**

Яку найменшу енергію повинні мати електрони ( в електронвольтах), щоб при збуджені атома водню ударами цих електронів спектр водню мав три спектральні лінії? Знайти довжини хвиль цих ліній.

**Розв’язання**

Довжини хвиль спектральних ліній водню для всіх серій визначаються за формулою $\frac{1}{λ}=R\left(\frac{1}{k^{2}}-\frac{1}{n^{2}}\right)$ (1)

Для серій Лаймана перші дві лінії будуть мати наступні довжини хвилі:

1. Якщо k=1, n=2, то 𝜆1=121 нм.
2. Якщо k=1, n=3, то 𝜆2=102,6 нм

Крім того, перша лінія в серії Бальмера при k=2, n=3, буде мати довжину хвилі 𝜆3=656,3 нм.

Найменша енергія бомбардуючих електронів необхідна для виникнення даних спектральних ліній Wmin за законом збереження енергії, буде рівна енергії, яка необхідна для перенесення атома з основного у другий збуджений стан, тобто $W\_{min}=W\_{k(1)}-W\_{k(5)}=12?03 еВ$

**Задача 20.16**

Знайти довжину хвилі де Бройля для електрона, який рухається по першій борівській орбіті атома водню

**Розв’язання**

Довжину хвилі де Бройля для електрона визначається за формулою

$λ=\frac{h}{mv\_{k}}=\sqrt{1-\frac{v\_{k}^{2}}{c^{2}}}$(1), де $v\_{k}=\frac{l^{2}}{2khε\_{0}}$ (2)

Підставляючи (2) в (1) отримаємо

$λ=\frac{2ε\_{0}kh^{2}}{ml^{2}}\sqrt{1-\frac{l^{2}}{4ε\_{0}k^{2}h^{2}c^{2}}} $=0,33 нм