

Практическое занятие 1. Строение атома.

Задача 1. Исходя из постулата о том, что в атоме разрешенными для электронов орбитами являются только те, на длине которых укладывается целое число длин волн де Бройля λ , определить радиус стационарной орбиты и соответствующий ей энергетический уровень электрона для невозбужденного состояния атома водорода.

Решение

При движении электрона по стационарной орбите радиусом r центробежная сила уравновешивается силой кулоновского притяжения:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad (1.1)$$

где $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг – масса электрона; v – скорость движения электрона по орбите; $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная.

В соответствии с постулатом

$$2\pi r = n\lambda = nh/(mv), \quad (1.2)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж*с $= 4,14 \cdot 10^{-15}$ эВ*с – постоянная Планка. Возводя в квадрат обе части уравнения (1.2), получаем

$$mv^2 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2 r^2 m}. \quad (1.3)$$

Подстановка (1.3) в (1.1) дает

$$r = \frac{\epsilon_0 h^2 n^2}{\pi e^2 m}. \quad (1.4)$$

Полная энергия электрона в атоме складывается из кинетической энергии движения по орбите и потенциальной энергии притяжения к ядру. Полагая, что потенциальная энергия равна нулю при бесконечном удалении от ядра, можем записать

$$W = \frac{mv^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}.$$

С учетом (1.1) имеем

$$W = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} = -\frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r}, \quad (1.5)$$

т.е. полная энергия электрона равна половине потенциальной. Подстановка (1.4) в (1.5) дает следующее выражение для энергии электрона в атоме:

$$W = -\frac{e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^2 n^2}.$$

Для невозбужденного состояния атома водорода $n = 1$. Тогда имеем

$$r = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} (6,62 \cdot 10^{-34})^2}{\pi (1,6 \cdot 10^{-19})^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ м} = 0,053 \text{ нм};$$

$$W = -\frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{8 \cdot (8,85 \cdot 10^{-12})^2 (6,62 \cdot 10^{-34})^2} = -2,172 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = -13,57 \text{ эВ}.$$

Задача 2. Определить длину волны излучения атома водорода при переходе электрона с энергетического уровня с главным квантовым числом $n = 3$ в основное состояние ($n = 1$).