

Кратко перечислим некоторые соотношения из атомной физики, которые часто используются в астрофизике.

Классический радиус электрона

$$l_e = \frac{e^2}{m_e c^2} = 2.8 \cdot 10^{-13} \text{ см.}$$

Комптоновская длина волны электрона

$$\lambda_e = \frac{\hbar}{m_e c} = 3.8 \cdot 10^{-11} \text{ см.}$$

Радиус первой боровской орбиты электрона в атоме водорода

$$a_0 = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} = \lambda_e / \alpha \simeq 5.3 \cdot 10^{-9} \text{ см}$$

(здесь $\alpha = e^2 / \hbar c \approx 1/137$ – постоянная тонкой структуры). Характерный размер атома порядка нескольких размеров боровских орбит и составляет $\sim 10^{-8}$ см.

В атоме водорода электрон движется по внутренней орбите со скоростью αc . Энергия ионизации электрона из основного состояния в атоме водорода

$$Rhc = \frac{2\pi^2 m_e e^4}{h^2} (\text{СГС}) = \frac{m_e e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2} (\text{СИ}) = 13.61 \text{ эВ,}$$

где $R = \frac{\alpha^2 m_e c}{2h} = 1097373.57 \text{ м}^{-1}$ – постоянная Ридберга.

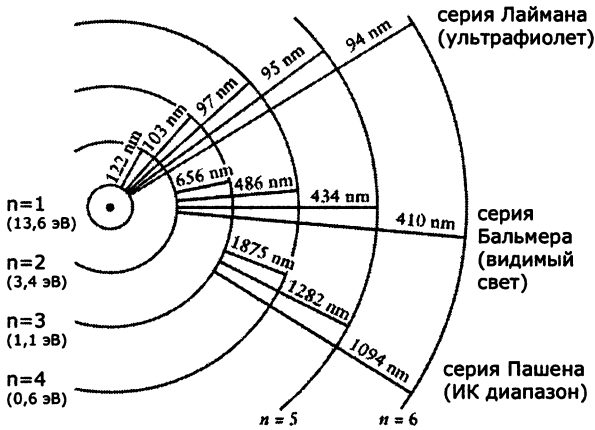


Рис. В.1. Основные спектральные серии водорода. Слева указан потенциал ионизации с соответствующего уровня.

Фотон с такой энергией имеет длину волны $\lambda_{LyC} \approx 912 \text{ \AA}$ — это жесткая УФ-область спектра. УФ фотоны с меньшей длиной волны (большей энергией) ионизуют нейтральный водород и иногда называются квантами *лаймановского континуума*, или Ly_c квантами. Для гелия потенциал ионизации электрона с основного уровня существенно выше, около 24 эВ.

При переходах электронов в атомах с верхних уровней на самый нижний испускаемый фотон приобретает энергию порядка энергии связи электрона 1 Ридберг (Ry) или меньше, $\Delta E \leq 1 Ry$. Характерная длина волны кванта $\lambda_{opt} = hc/\Delta E \sim 2\pi a_0/\alpha \sim 1000 a_0$, т. е. сотни и тысячи Ангстрем. Формула Бальмера (1888) для энергии кванта, испускаемого при переходе с уровня с главным квантовым числом n на уровень m ($n > m$) в атоме водорода:

$$E_{nm} = h\nu_{nm} = Ry(m^{-2} - n^{-2}).$$

Основные спектральные серии водорода схематически изображены на рисунке В.1.