

19.3. Водородоподобные атомы

19.3.1. Найдите радиус n -й борвской орбиты электрона и его скорость на ней для двукратно ионизированного атома лития Li^{2+} .

19.3.2. Определите круговую частоту обращения электрона на n -й орбите водородоподобного иона. Вычислите данную величину для иона лития Li^{2+} при $n = 2$.

19.3.3. Электрон вращается вокруг ядра с зарядом $+Ze$ по круговой орбите. Используя второй закон Ньютона и правило квантования Бора, найдите потенциальную энергию электрона как функцию квантового числа n .

19.3.4. Определите кинетическую энергию электрона на n -й орбите водородоподобного иона. Вычислите данную величину для иона гелия при $n = 2$.

19.3.5. Электрон движется по круговой орбите вокруг ядра с зарядом $+Ze$. Используя второй закон Ньютона и правило квантования Бора, найдите энергию электрона как функцию квантового числа n . Вычислите ее для иона гелия при $n = 3$.

• **19.3.6.** Если в атоме водорода заменить электрон отрицательным μ -мезоном, то образуется система, которую называют мезоатомом. Пользуясь теорией Бора, определите скорость и радиус орбиты μ -мезона в мезоатоме, находящемся в основном состоянии. Масса μ -мезона $m = 1,88 \cdot 10^{-28}$ кг, а его заряд равен заряду электрона.

19.3.7. Частица массой m движется по круговой орбите в центрально-симметричном поле, где сила, действующая на частицу, зависит от расстояния до центра поля как $F = -Ar$, где A — постоянная. Используя второй закон Ньютона и правило квантования Бора, найдите: а) возможные радиусы орбит движения частицы; б) линейную скорость движения частицы по данной орбите; в) возможные значения полной энергии частицы в данном поле.

Ответы:

$$\mathbf{19.3.1.} \quad r_n \approx 1,77 \cdot 10^{-11} n^2;$$

$$v_n = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar} \frac{Z}{n} = \frac{6,54 \cdot 10^6}{n} \text{ м/с.}$$

$$\mathbf{19.3.2.} \quad \omega_n = \frac{\pi m_e e^4}{2\epsilon_0^2 \hbar^3} \frac{Z}{n^3};$$

$$\omega_2 = 3,1 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}.$$

$$\mathbf{19.3.3.} \quad E_{n, \text{пот}} = -\frac{m_e e^4}{16\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \left(\frac{Z}{n}\right)^2 =$$
$$= -27,12 \left(\frac{Z}{n}\right)^2 \text{ эВ.}$$

$$\mathbf{19.3.4.} \quad E_{n, \text{кин}} = 13,56 \left(\frac{Z}{n}\right)^2 \text{ эВ;}$$
$$E_{2, \text{кин}} = 13,56 \text{ эВ.}$$

$$\mathbf{19.3.5.} \quad E_n = -13,56 \left(\frac{Z}{n}\right)^2 \text{ эВ;}$$
$$E_3 \approx 6,03 \text{ эВ.}$$

$$\mathbf{19.3.7.} \quad \text{а) } r_n = \sqrt{\frac{hn}{2\pi\sqrt{Am}}};$$

$$\text{б) } v_n = \left(\frac{A}{m^3}\right)^{1/4} \left(\frac{nh}{2\pi}\right)^{1/2};$$

$$\text{в) } E_n = \frac{nh}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{m}}.$$