трона имеет вид

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2},$$

где v – скорость электрона на орбите. Отсюда получаем

$$v = \frac{e}{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 mr}} = 2{,}2\cdot 10^6 \text{ м/с}.$$

Задача 2. *Пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 3{,}52\cdot 10^3$ В, электрон влетает в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0{,}01$ Тл перпендикулярно линиям индукции и движется по окружности радиусом $r = 2$ см. Вычислите по этим данным отношение заряда электрона к его массе.*

Пройдя ускоряющую разность потенциалов, электрон приобретет скорость v, которую можно найти по закону сохранения энергии

$$eU = \frac{mv^2}{2},$$

где e – заряд электрона, m – его масса. В магнитном поле на электрон будет действовать сила Лоренца, равная evB и направленная перпендикулярно векторам скорости $\vec{v}$ и индукции $\vec{B}$. Сила Лоренца в данном случае будет сообщать электрону центростремительное ускорение:

$$\frac{mv^2}{r} = evB,$$

откуда и находим удельный заряд электрона:

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{rB}.$$

Подставляя сюда выражение для скорости из первого уравнения, окончательно получим

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{(rB)^2} = 1{,}76\cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}.$$

Задача 3. *Электрон со скоростью $v_0 = 10^9$ см/с влетает в пространство плоского конденсатора, между пластинами которого поддерживается постоянная разность потенциалов $U = 425$ В (рис.1). Определите величину h максимального удаления электрона от нижней пластины конденсатора.*

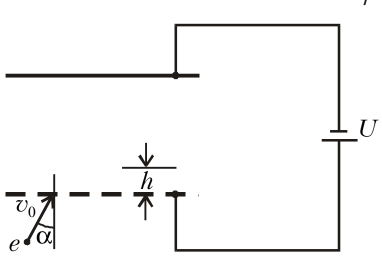

Рис. 1

Удельный заряд электрона $e/m = 1{,}76\cdot 10^{11}$ Кл/кг, угол падения $\alpha = 30°$. Расстояние между пластинами $d = 1$ см.

Рассмотрим движение электрона в системе координат, изображенной на рисунке 2. Электрон движется в однородном электрическом поле с напряженностью, равной $E = U/d$ и направленной по оси Y. Уравнение движения электрона вдоль этой оси имеет вид

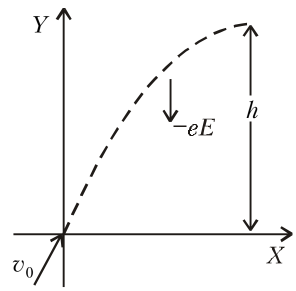

Рис. 2

$$ma_y = -eE = -\frac{eU}{d},$$

т.е. он движется в этом направлении равнозамедленно. Если через время $t = \tau$ электрон максимально удалится от нижней пластины, его координата y, а в наших обозначениях h, будет равна

$$h = v_0\cos\alpha\cdot\tau - \frac{eU}{2md}\tau^2.$$

Очевидно, что в верхней точке вертикальная составляющая скорости электрона равна нулю:

$$v_0\cos\alpha - \frac{eU}{md}\tau = 0.$$

Исключая время τ из двух последних уравнений, находим искомую величину:

$$h = \frac{v_0^2\cos^2\alpha\cdot d}{2Ue/m} = 5\cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Этот результат можно получить также из закона сохранения энергии. Если отсчитывать потенциальную энергию электрона в электрическом поле от нижней пластины ($y = 0$), то потенциальная энергия электрона на высоте h составит eUh/d. Закон сохранения энергии электрона, записанный для точек с координатами $y = 0$ и $y = h$, будет иметь вид

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_x^2}{2} + \frac{eUh}{d},$$

где $v_x = v_0\sin\alpha$ – скорость электрона на высоте h. После подстановки выражения для v_x получим

$$h = \frac{v_0^2\cos^2\alpha\cdot d}{2Ue/m}.$$

Задача 4. *Электрон влетает в однородное магнитное поле и в точке A имеет скорость $\vec{v}_0$, вектор которой составляет угол α с направлением магнитного поля (рис.3). При каких значениях индукции магнитного поля*

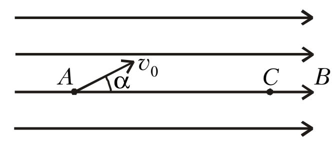

Рис. 3

B электрон окажется в точке C? Заряд электрона e, его масса m, а расстояние AC = L.

Введем систему координат (рис.4), направив ось X вдоль вектора магнитной индукции. Разложим скорость электрона в точке A на составляющие $v_x = v_0\cos\alpha$ и $v_y = v_0\sin\alpha$. На электрон в магнитном поле будет действовать

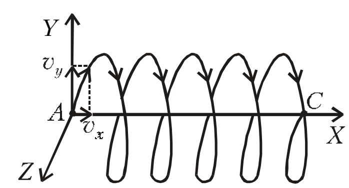

Рис. 4

сила Лоренца, проекция которой на ось X всегда равна нулю, поэтому вдоль оси X электрон будет двигаться равномерно с постоянной скоростью $v_x = v_0\cos\alpha$. В плоскости, перпендикулярной оси X, электрон будет двигаться по окружности радиусом R под действием силы Лоренца, обеспечивающей центростремительное ускорение электрона:

$$\frac{m(v_0\sin\alpha)^2}{R} = ev_0\sin\alpha\cdot B.$$

В результате электрон станет двигаться по винтовой линии, изображенной на рисунке 4, пересекая ось X через равные промежутки времени (период обращения)

$$T = \frac{2\pi R}{v_0\sin\alpha} = \frac{2\pi m}{eB}.$$

Очевидно, что электрон попадет в точку C, если за время t_{AC} равномерного движения вдоль оси X от точки A до точки C он совершит целое число полных оборотов:

$$t_{AC} = \frac{L}{v_0\cos\alpha} = TN = \frac{2\pi m}{eB_N}N,$$

где $N = 1, 2, \ldots$ Каждому целому числу N соответствует свое значение индук-