

3.8. С какой силой F_S на единицу площади отталкиваются две одноименно заряженные бесконечно протяженные плоскости? Поверхностная плотность заряда $\sigma = 0,3 \text{ мКл/м}^2$.

$$[F_S = 5,1 \text{ Н/м}]$$

3.9. Два одинаково заряженных шарика диаметрами $d = 0,5 \text{ см}$ каждый расположены на расстоянии $l = 2 \text{ см}$ между их поверхностями. До какого потенциала φ они заряжены, если сила их отталкивания друг от друга $F = 2 \text{ мкН}$? Среда – воздух.

$$[\varphi = 1340 \text{ В}]$$

3.10. Между вертикальными разноименно заряженными пластинами помещена палочка длиной $l = 2 \text{ см}$, изготовленная из диэлектрика. На ее концах находятся точечные заряды $q_1 = -1 \text{ мкКл}$ и $q_2 = +1 \text{ мкКл}$. Разность потенциалов между пластинами $U = 2 \text{ В}$, расстояние между ними $d = 4 \text{ см}$. Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть эту палочку на угол $\alpha = 180^\circ$ вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр?

$$[A = -1 \text{ мкДж}]$$

3.11. Два шара, заряженные одинаково имеют потенциал $\varphi_1 = 10 \text{ В}$ и $\varphi_2 = 40 \text{ В}$. Найти потенциал φ этих проводников после их соприкосновения друг с другом.

$$[\varphi = 16 \text{ В}]$$

4. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

4.1. Примеры решения задач

Задача 1. Электрон влетает в однородное электрическое поле со скоростью v_0 , направленной перпендикулярно вектору напряженности \vec{E} . Под каким углом φ к линиям вектора напряженности будет направлен вектор его скорости через время t полета в поле? Чему будет равна работа сил поля A за это время? Чему будет равна кинетическая энергия электрона W_k через время t ? Напряженность поля E , масса электрона m_e и его заряд известны (рис. 4.1).

Анализ и решение.

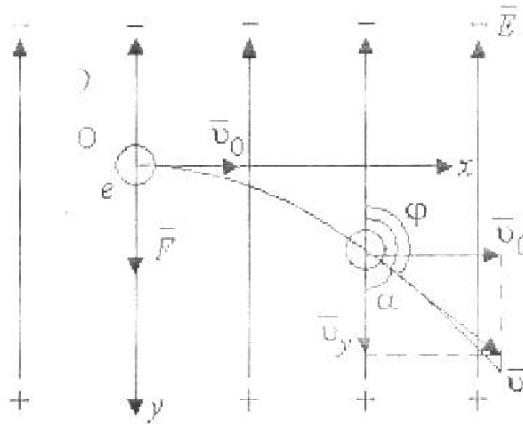


Рис. 4.1

Движение электрона, влетевшего в поле перпендикулярном линиям вектора \vec{E} представляет собой суперпозицию двух движений, равномерного и прямолинейного в направлении вектора начальной скорости \vec{v}_0 (на электрон в этом направлении никакие силы не действуют), а также равноускоренного вниз под действием электрической силы \vec{F} . Движение по параболе. Проекция его начальной скорости на ось Oy :

$$v = \sqrt{v_0^2 + v_y^2}. \quad (1)$$

$$v_y = v_{0y} + at \rightarrow v_y = at \quad (v_{0y} = 0),$$

$$a = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e} \rightarrow v_y = \frac{eE}{m_e} t,$$

подставим в (1)

$$v = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{eEt}{m_e}\right)^2},$$

$$W_k = \frac{m_e}{2} \left[v_0^2 + \left(\frac{eEt}{m_e}\right)^2 \right].$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0}{v_y} \rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{v_0 m_e}{eEt} \rightarrow \alpha = \operatorname{arctg} \left(\frac{m v_0}{eEt} \right).$$

$$\varphi = 180^\circ - \alpha, \text{ т.е. } \varphi = 180^\circ - \operatorname{arctg} \left(\frac{m v_0}{eEt} \right).$$

$$A = W_k - W_{\text{ко}}, \text{ где } W_{\text{ко}} = \frac{m_e v_0^2}{2},$$

$$A = W_k - \frac{m_e v_0^2}{2}.$$

Задача 2. В однородном электрическом поле напряженностью $E = 2$ кВ/см переместили заряд $q = -20$ нКл в направлении силовой линии поля на расстояние $d = 10$ см. Найти работу поля A , изменение

потенциальной энергии поля $\Delta W_{\text{п}}$ и напряжение (разность потенциалов) U между начальной и конечной точками перемещения.

Анализ и решение.

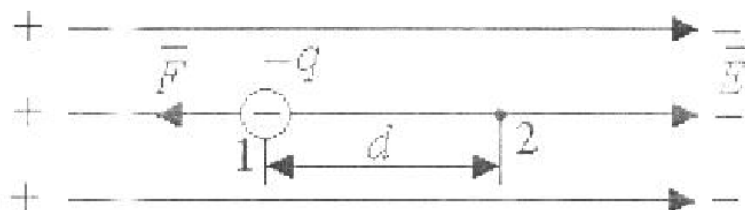


Рис. 4.2

Со стороны поля на отрицательный заряд будет действовать постоянная сила $\vec{F} = q\vec{e}$, антипараллельная его перемещению из точки 1 в точку 2:

$$A = Fd \cos \alpha ,$$

где $\alpha = 180^\circ$, $\cos \alpha = -1$.

Следовательно

$$A = -qed .$$

$$A = -\Delta W_{\text{п}} \rightarrow \Delta W_{\text{п}} = -A \rightarrow \Delta W_{\text{п}} = qed ,$$

$$A = qU \rightarrow U = \frac{A}{q} .$$

$$A = -2 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,1 = -4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} .$$

$$\Delta W_{\text{п}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж} .$$

$$U = \frac{-4 \cdot 10^{-4}}{-2 \cdot 10^{-8}} = 2 \cdot 10^4 \text{ В} .$$

Задача 3. В плоский конденсатор влетает электрон со скоростью $v_0 = 2 \cdot 10^6$ м/с, направленной параллельно обкладкам конденсатора. На какое расстояние h сместится электрон к нижней обкладке за время пролета конденсатора? Расстояние между обкладками конденсатора $d = 2$ см, длина конденсатора $l = 5$ см, разность потенциалов между обкладками $U = 2$ В.

Анализ и решение.

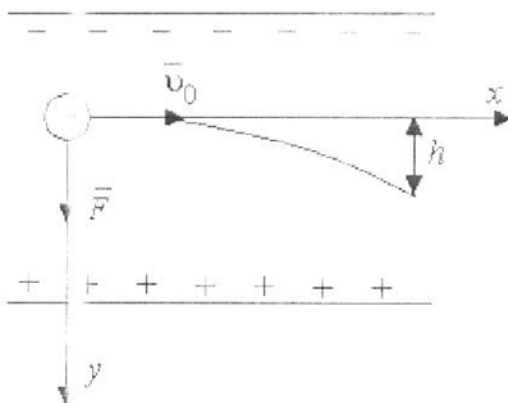


Рис. 4.3

При влете электрона в заряженный конденсатор на него со стороны поля конденсатора сразу начинает действовать постоянная сила $\vec{F} = m_e \vec{a}$, направленная в сторону положительной обкладки конденсатора, перпендикулярной первоначальному направлению движения электрона

$$h = \frac{at^2}{2},$$

так как $v_{0y} = 0$.

$$l = v_0 t, \\ t = \frac{l}{v_0} \rightarrow h = \frac{a}{2v_0^2} l^2$$

движение по параболе

$$E = \frac{F}{e} \rightarrow F = eE; E = \frac{U}{d} \rightarrow F = e \frac{U}{d}, \\ a = \frac{eU}{m_e d} \rightarrow h = \frac{eUl^2}{2m_e d v_0^2} = \frac{eU}{2m_e d} \left(\frac{l}{v_0} \right)^2; \\ h = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,02} \left(\frac{0,05}{2 \cdot 10^6} \right)^2 = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

4.1. Задачи для самостоятельного решения

4.1. В однородном поле напряженностью $E = 20$ кВ/м переместили заряд $q = 2$ нКл под углом $\alpha = 30^\circ$ к направлению силовых линий поля. Модуль перемещения $|\Delta \vec{r}| = 80$ см. Найти работу поля A , изменение потенциальной энергии взаимодействия заряда с полем $\Delta W_{\text{п}}$ и напряжение U между начальной и конечной точками перемещения.

$$[A = qE|\Delta \vec{r}| \cos \alpha = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}, \Delta W_{\text{п}} = -2,7 \cdot 10^{-5} \text{ Дж},$$

$$U = E|\Delta \vec{r}| \cos \alpha = 1,4 \cdot 10^4 \text{ В}]$$

4.2. Какую разность потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ должен пролететь электрон по силовой линии, чтобы его скорость увеличилась в 5 раз, если его начальная скорость $v_0 = 1$ мм/с?

$$\left[\varphi_1 - \varphi_2 = 12 \frac{m_e v_0^2}{e} \right]$$

4.3. При радиоактивном распаде из ядра атома полония вылетает α -частица со скоростью $v = 1,6 \cdot 10^8$ см/с. Найти разность потенциалов и поля, в котором можно разогнать покоящуюся α -частицу $m = 6,65 \cdot 10^{-27}$ кг, ее заряд равен $2e$, где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл (элементарный заряд).

$$\left[U = \frac{mv^2}{4e} \right]$$

4.4. Электрон вылетает со скоростью $v = 10$ м/с, параллельной пластинам плоского горизонтально расположенного конденсатора.