

**Потенциал.
Работа в электростатическом
поле.**

1. С какой силой на единицу длины отталкиваются две одноименно заряженные бесконечно длинные нити с одинаковой линейной плотностью заряда $\tau = 3 \text{ мкКл/м}$, находящиеся на расстоянии $d_1 = 2 \text{ см}$ друг от друга? Какую работу на единицу длины надо совершить, чтобы сдвинуть эти нити до расстояния $d_2 = 1 \text{ см}$.

ДАНО

$\tau = 3 \text{ мкКл/м}$,

$d_1 = 2 \text{ см}$

$d_2 = 1 \text{ см}$.

$A = ?$

$$F = q_1 E_2$$

$$E_2 = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 d_1}$$

$$F = \frac{\tau^2}{2\pi\epsilon_0 d}$$

$$H = \frac{9 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 8,1$$

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\Delta\varphi = - \int_{d_1}^{d_2} E dr$$

$$\Delta\varphi = - \int_{d_1}^{d_2} \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \frac{dr}{r} = - \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$A = -q\Delta\varphi = \frac{\tau^2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$A = \frac{9 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \ln \frac{1}{2} = 0,112$$

$$F = \frac{\tau^2}{2\pi\epsilon_0 d}$$

$$A = \int_{d_1}^{d_2} F dr ,$$

$$A = \int_{d_1}^{d_2} \frac{\tau^2}{2\pi\epsilon_0 r} dr = \frac{\tau^2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{d_2}{d_1} .$$

$$A = \frac{9 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \ln \frac{1}{2} = 0,112$$

2. Шарик массой $m = 40$ мкг, имеющий положительный заряд $q = 1$ нКл, движется из бесконечности со скоростью $v = 10$ см/с. На какое расстояние d может приблизиться шарик к положительному точечному неподвижному заряду $Q = 1,33$ нКл?

ДАНО

$m = 40$ мкг,
 $q = 1$ нКл,
 $v = 10$ см/с.
 $Q = 1,33$ нКл

$d = ?$

$$T + \Pi = \text{const.}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{d},$$

$$d = \frac{2kQq}{mv^2} = \frac{Qq}{2\pi\epsilon_0 mv^2}$$

$$d = \frac{1,33 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-2}} = 0,06$$

3. Два шарика с зарядами $q = 6,66 \text{ нКл}$ и $Q = 13,33 \text{ нКл}$ находятся на расстоянии $d = 40 \text{ см}$. Какую работу A нужно совершить, чтобы сблизить их до расстояния $b = 25 \text{ см}$?

ДАНО

$q = 6,66 \text{ нКл}$
 $Q = 13,33 \text{ нКл}$
 $d = 40 \text{ см}$
 $b = 25 \text{ см}$
 $A = ?$

$$A = q(\varphi_d - \varphi_b)$$

$$\varphi_d = \frac{kQ}{d}, \quad \varphi_b = \frac{kQ}{b}$$

$$A = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{b} \right) = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{b-d}{db}$$

$$\text{Дж} \quad \frac{6,66 \cdot 10^{-9} \cdot 13,33 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \frac{(0,25 - 0,4)}{0,25 \cdot 0,4} = -1,20 \cdot 10^{-6}$$

4. Найти потенциал точки поля, находящейся на расстоянии $h = 10$ см от центра заряженного шара радиусом $R = 1$ см. Задачу решить, если: а) задана поверхностная плотность зарядов на шаре, равная $\sigma = 0,1$ мкКл/м²; б) задан потенциал шара, равный $\phi = 300$ В.

ДАНО

$$h = 10 \text{ см}$$

$$R = 1 \text{ см}$$

$$\sigma = 1 \text{ мкКл/м}^2$$

$$\phi = 300 \text{ В}$$

$$\phi_1 = ?$$

$$\phi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 h}$$

$$Q = \sigma 4\pi R^2$$

$$\phi_1 = \sigma R^2 / \epsilon_0 h$$

$$\phi_1 = \frac{0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-4}}{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,1} = 11,3 \text{ В}$$

$$\varphi_0 = Q / 4\pi\varepsilon_0 R$$

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_0} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 h} \frac{4\pi\varepsilon_0 R}{Q}$$

$$\varphi_2 = \frac{R}{h}$$

$$\varphi_2 = 300 \frac{10^{-2}}{0,10} = 30 B$$

Ответ: а) = 11,3 В; б) = 30 В.

5. Какая работа A совершается при перенесении точечного заряда $q = 20$ нКл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии $h = 1$ см от поверхности шара радиусом $R = 1$ см с поверхностной плотностью $\sigma = 10$ мкКл/м²?

ДАНО

$$q = 20 \text{ нКл}$$

$$h = 1 \text{ см}$$

$$R = 1 \text{ см}$$

$$\sigma = 10 \text{ мкКл/м}^2$$

$$A = ?$$

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\varphi_2 = Q / 4\pi\epsilon_0(R + h)$$

$$\varphi_1 = 0$$

$$Q = \sigma 4\pi R^2$$

$$A = \frac{q\sigma R^2}{\epsilon_0(R + h)}$$

$$\text{Дж} \frac{20 \cdot 10^{-2} 10 \cdot 10^{-6} 10^{-4}}{8,85 \cdot 10^{-12} (10^{-2} + 10^{-2})} = 0,113 \cdot 10^{-3}$$

6.(9.46) Шарик массой $m=1$ г и зарядом $q=10$ нКл перемещается из точки 1, потенциал которой 600 В в точку 2, потенциал которой равен 0. Найти его скорость в точке 1, если в точке 2 она стала равной $v_2=20$ см/с.

ДАНО

$$m=1 \text{ г}$$

$$q=10 \text{ нКл}$$

$$\phi_1=600 \text{ В}$$

$$\phi_2=0.$$

$$v_2=20 \text{ см/с.}$$

$$v_1=?$$

$$T_1 + \Pi_1 = T_2 + \Pi_2$$

$$\frac{mv_1^2}{2} + q\phi_1 = \frac{mv_2^2}{2} + q\phi_2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2q(\phi_2 - \phi_1)}{m} + v_2^2}$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 10^{-9} (0 - 600)}{10^{-3}} + 0,04} = 0,167 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

7.(9.49) На расстоянии $d_1=4$ см от бесконечно длинной однородно заряженной нити находится точечный заряд $q=0,66$ нКл. Под действием поля заряд приближается к нити до расстояния $d_2=2$ см, при этом совершается работа $A=5$ мкДж. Найти линейную плотность заряда τ на нити.

ДАНО

$d_1=4$ см

$q=0,66$ нКл

$d_2=2$ см

$A=5$ мкДж

$\tau=?$

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2),$$

$$\Delta\varphi = -\int_{d_1}^{d_2} \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \frac{dr}{r} = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$A = -q\Delta\varphi = \frac{q\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{d_2}{d_1} \quad \tau = \frac{2\pi A\epsilon_0}{q \ln \frac{d_2}{d_1}}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{0,66 \cdot 10^{-9} \cdot \ln 2} = 0,6 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Кл}}{\text{м}}$$

8.(9.52) Около однородно заряженной бесконечно протяженной плоскости находится точечный заряд $q=0,66$ нКл. Заряд перемещается по линии напряженности поля на расстояние $d=2$ см, при этом совершается работа $A=5$ мкДж. Найти поверхностную плотность заряда σ на плоскости.

ДАНО

$d_1=4$ см

$q=0,66$ нКл

$d_2=2$ см

$A=5$ мкДж

$\sigma=?$

$$A = Fd \qquad F = qE$$

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$$

$$A = qEd = \frac{q\sigma d}{2\varepsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{2\varepsilon_0 A}{qd}$$

9.(9.63) Покоящийся электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобретает скорость $v = 10^6$ м/с. Расстояние между пластинами $d = 5,3$ мм. Найти разность потенциалов между пластинами U , напряженность электрического поля E внутри конденсатора и поверхностную плотность заряда σ на пластинах.

ДАНО

$$v = 10^6 \text{ м/с}$$

$$d = 5,3 \text{ мм}$$

$$U = ?$$

$$E = ?$$

$$\sigma = ?$$

$$A = Fd$$

$$F = qE$$

$$A = qEd$$

$$v = at$$

$$E = \frac{ma}{q}$$

$$d = \frac{at^2}{2}$$

$$A = \frac{qmad}{q} = \frac{ma^2t^2}{2}$$

$$U = |\Delta\varphi| = \frac{A}{q} = \frac{ma^2t^2}{2q}$$

$$E = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 5,7 \frac{B}{\mathcal{M}}$$

$$\nu = 10^{12} \cdot 10^{-6} = 10^6 \frac{\mathcal{M}}{c}$$

$$\cancel{D\mathcal{H}c} \frac{9,1 \cdot 10^{-31} 10^{24} 10^{-12}}{2} = 4,55 \cdot 10^{-19}$$

10.(9.65) Первоначально покоящийся электрон в однородном электрическом поле начинает движение с ускорением $a=10^{12}$ м/с². Найти напряженность электрического поля E , в котором движется электрон, скорость, которую он получит за $t=1$ мкс своего движения, работу сил электрического поля A за это время и разность потенциалов, пройденную при этом электроном.

ДАНО

$$a=10^{12} \text{ м/с}^2$$

$$t=1 \text{ мкс}$$

$$E=?$$

$$A=?$$

$$U=?$$

$$E = \frac{ma}{q}$$

$$v = at$$

$$A = Fd$$

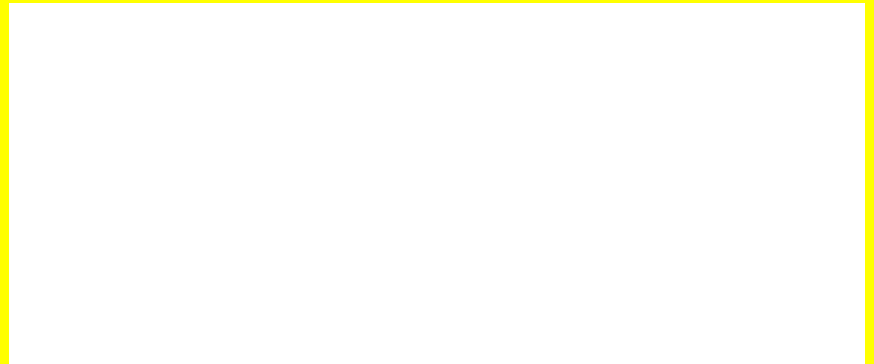
$$d = \frac{at^2}{2}$$

$$A = \frac{qmad}{q} = \frac{ma^2t^2}{2}$$

$$U = |\Delta\varphi| = \frac{A}{q} = \frac{ma^2t^2}{2q}$$

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi$$

$$E = -\frac{\Delta\varphi}{d} \qquad -\Delta\varphi = Ed$$



11. Вычислить циркуляцию вектора напряженности электрического поля $\vec{E}$ по плоскому контуру, расположенному в однородном электрическом поле

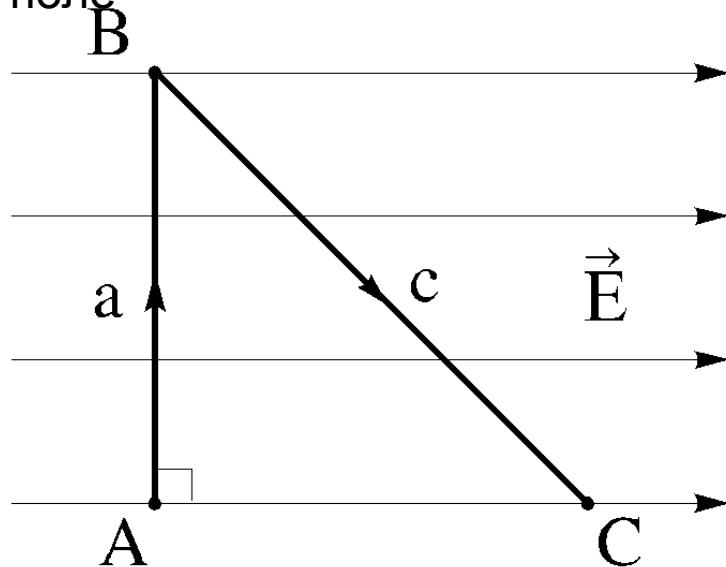


Рис. 3.3

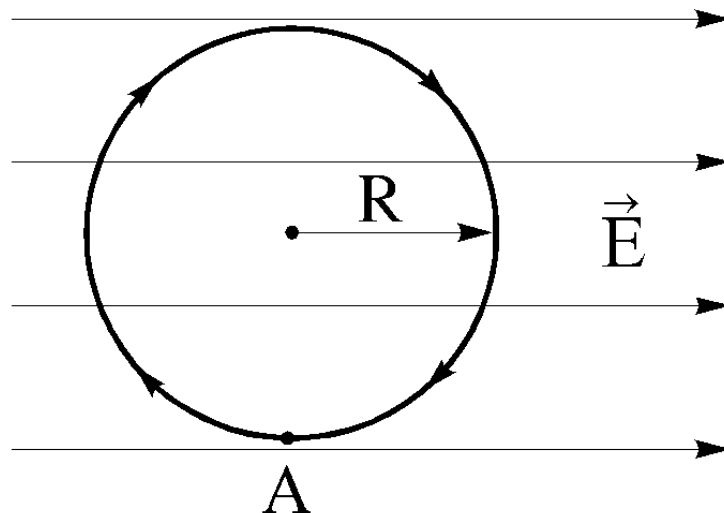


Рис. 3.4

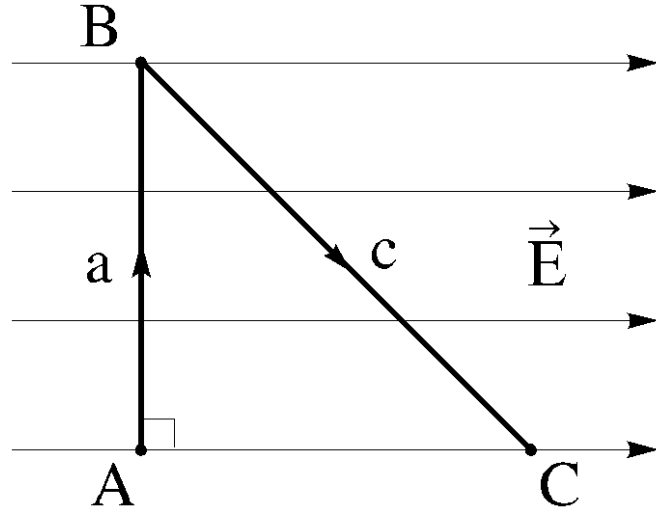


Рис. 3.3

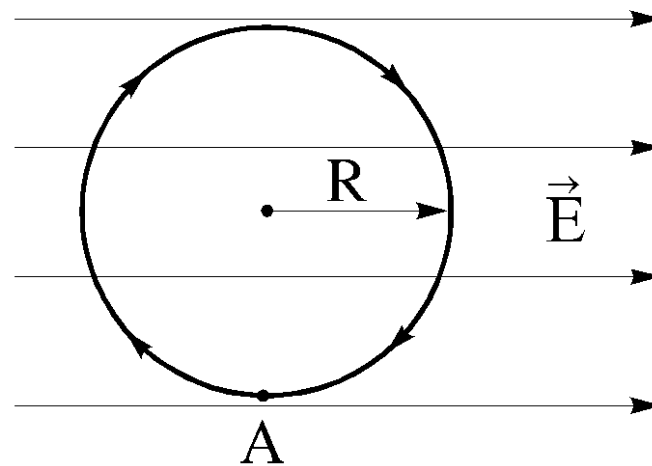


Рис. 3.4

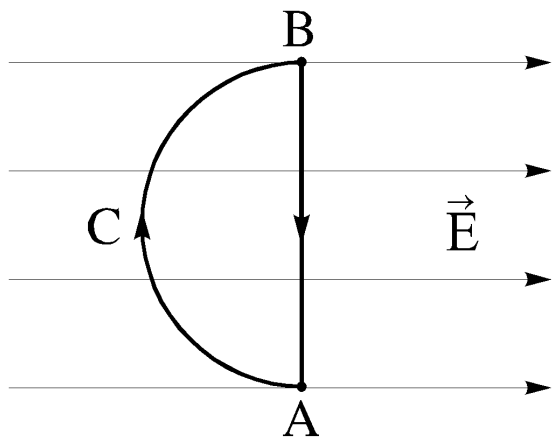


Рис. 3.5

12. Найти силу F взаимодействия между точечным электрическим зарядом $q=5 \cdot 10^{-8}$ Кл и бесконечной проводящей плоскостью, отстоящей от заряда на расстоянии $l=20$ см.

Конденсаторы. Энергия электрического поля