

**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

$\tau = 3 \text{ мкКл/м}$ ,

$d_1 = 2 \text{ см}$

$d_2 = 1 \text{ см}$ .

$A = ?$

$$F = q_1 E_2$$

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

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

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

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

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

$$\Delta\varphi = - \int_{d_1}^{d_2} \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \frac{dr}{r} = - \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$A = -q\Delta\varphi = \frac{\tau^2}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

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

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

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

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

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

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

$d = ?$

$$T + \Pi = const.$$

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

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

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

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

ДАНО

$q = 6,66$  нКл  
 $Q = 13,33$   
нКл  
 $d = 40$  см  

---

 $b = 25$  см  
 $A = ?$

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

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

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

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

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/м<sup>2</sup>; б) задан потенциал шара, равный  $\phi = 300$  В.

ДАНО

$$h = 10 \text{ см}$$

$$R = 1 \text{ см}$$

$$\sigma = 1 \text{ мкКл/м}^2$$

$$\phi = 300 \text{ В}$$

---

$$\phi_1 = ?$$

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

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

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

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

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

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

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

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

**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/м<sup>2</sup>?

ДАНО

$$q = 20 \text{ нКл}$$

$$h = 1 \text{ см}$$

$$R = 1 \text{ см}$$

$$\sigma = 10 \text{ мкКл/м}^2$$

$$A = ?$$

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

$$\varphi_2 = Q / 4\pi\varepsilon_0(R + h)$$

$$\varphi_1 = 0$$

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

$$A = \frac{q\sigma R^2}{\varepsilon_0(R + h)}$$

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

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  $\tau$  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  $\sigma$  на плоскости.

ДАНО

$d_1=4$  см

$q=0,66$  нКл

$d_2=2$  см

$A=5$  мкДж

$\sigma=?$

$$A = Fd \quad F = qE$$

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

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

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

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  $\sigma$  на пластинах.

ДАНО

$$v = 10^6 \text{ м/с}$$

$$d = 5,3 \text{ мм}$$

$$U = ?$$

$$E = ?$$

$$\sigma = ?$$

$$A = Fd$$

$$v = at$$

$$F = qE$$

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

$$A = qEd$$

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

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

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

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

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

$$Джс \frac{9,1 \cdot 10^{-31} 10^{24} 10^{-12}}{2} = 4,55 \cdot 10^{-19}$$

**10.(9.65)** Первоначально покоящийся электрон в однородном электрическом поле начинает движение с ускорением  $a=10^{12}$  м/с<sup>2</sup>. 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

$$a=10^{12} \text{ м/с}^2$$

$$t=1 \text{ мкс}$$

$$E=?$$

$$A=?$$

$$U=?$$

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

$$v = at$$

$$A = Fd$$

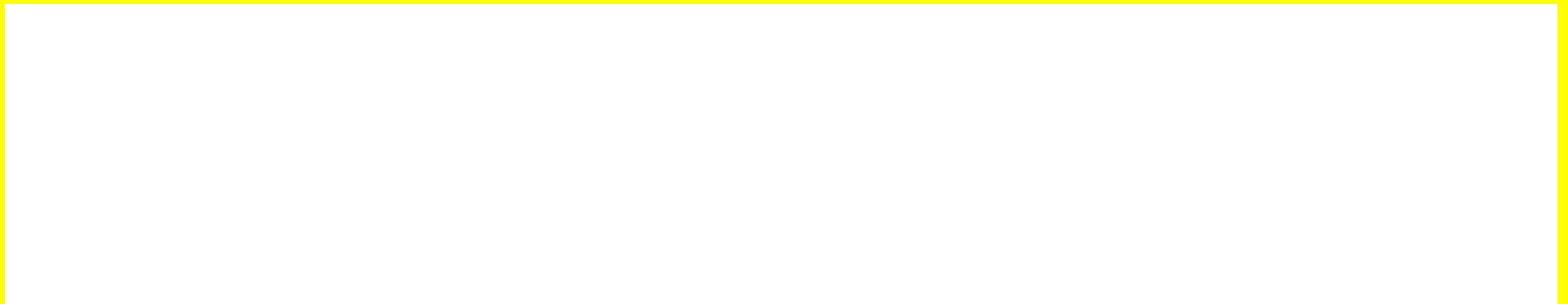
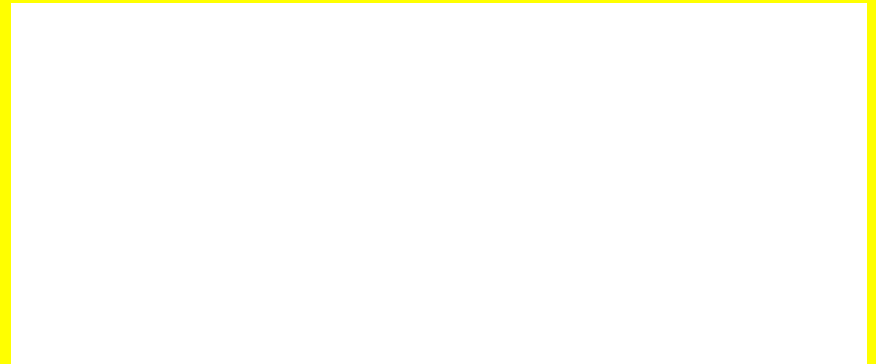
$$d = \frac{at^2}{2}$$

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

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

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

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





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

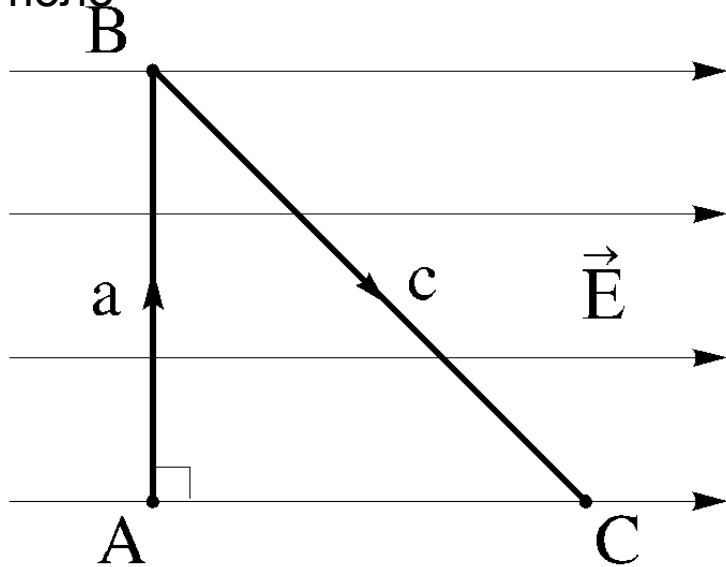


Рис. 3.3

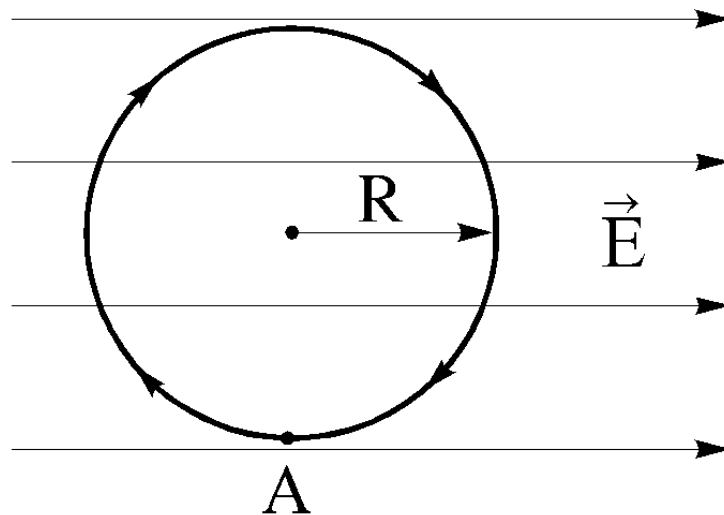


Рис. 3.4

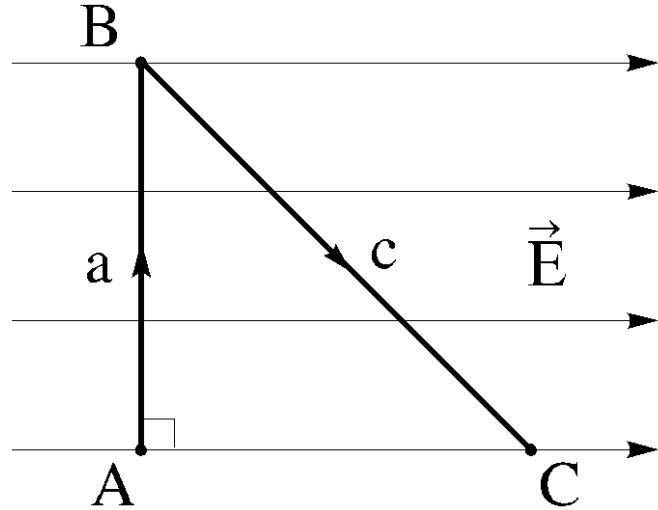


Рис. 3.3

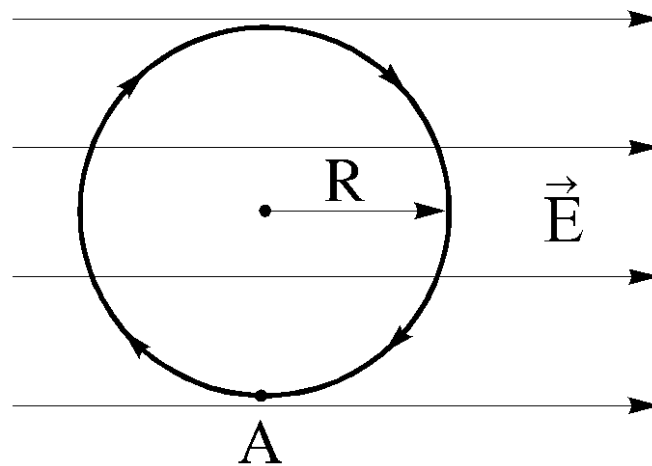


Рис. 3.4

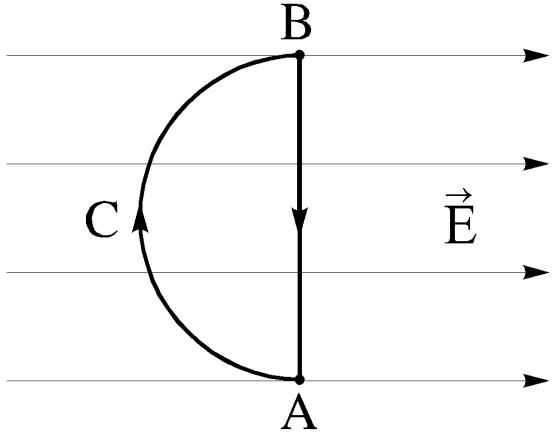


Рис. 3.5



**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**