

# ЭЛЕКТРОСТАТИКА

Страница 1 из 4

## 3. Электричество и магнетизм

1. Сила гравитационного притяжения двух водяных одинаково заряженных капель радиусами 0,1 мм уравнивается кулоновской силой отталкивания. Определите заряд капель. Плотность воды равна 1 г/см<sup>3</sup>.

**Ответ** )  $Q = 0,36$  аКл.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

2. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин плотностью 0,8 г/см<sup>3</sup>. Какой должна быть плотность материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же? Диэлектрическая проницаемость керосина  $\epsilon = 2$ .

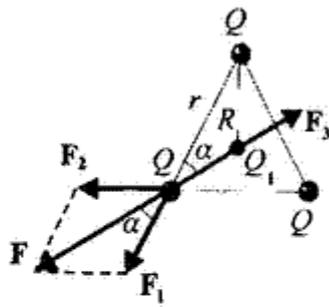
Дано	Решение
$\rho_k = 0,8 \text{ г/см}^3 = 8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$ $\alpha$ $\epsilon = 2$ <hr/> $\rho = ?$ $F_k = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$ $mg = \rho Vg$ $\frac{F}{mg} = \frac{F_k}{mg - F_A}$	$F = mg \operatorname{tg} \alpha/2,$ $F_k = (mg - F_A) \operatorname{tg} \alpha/2,$ $F = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2},$ $F_A = \rho_k Vg,$ $\rho = \frac{\epsilon \rho_k}{\epsilon - 1}$

**Ответ** )  $\rho = 1,6 \text{ г/см}^3.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

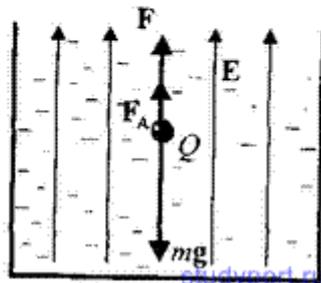
3. В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые положительные заряды  $Q = 2$  нКл. Какой отрицательный заряд  $Q_1$  необходимо поместить в центр треугольника, чтобы сила притяжения с его стороны уравнивала силы отталкивания положительных зарядов?

Дано	Решение
$Q = 2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$	$F_1 + F_2 + F_3 = 0,$
$Q_1 = ?$	$F_1 = F_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{r^2},$
$F_3 = \frac{QQ_1}{4\pi\epsilon_0 R^2}, \quad \alpha = 30^\circ,$	$\frac{r}{2R} = \cos \alpha,$
$F = 2F_1 \cos \alpha = \frac{2Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos \alpha,$	$F_3 = \frac{QQ_1}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{QQ_1}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot 4 \cos^2 \alpha, \quad F = -F_3,$
$F = -F_3, \quad Q_1 = \frac{Q}{2 \cos \alpha}.$	<b>Ответ</b> $Q_1 = 1,15 \text{ нКл}.$



4. Свинцовый шарик ( $\rho = 11,3 \text{ г/см}^3$ ) диаметром 0,5 помещен в глицерин ( $\rho = 1,26 \text{ г/см}^3$ ). Определить заряд шарика, если в однородном электростатическом поле шарик оказался взвешенным в глицерине. Электростатическое поле направлено вертикально вверх, и его напряженность  $E = 4 \text{ кВ/см}$ .

Дано	Решение
$\rho = 11,3 \text{ г/см}^3 = 11,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	$F + F_A = mg, \quad F = QE, \quad F_A = \rho_1 \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 g,$
$d = 0,5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$mg = \rho \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2}\right)^3 g,$
$\rho_1 = 1,26 \text{ г/см}^3 = 1,26 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	$Q = \frac{\pi g d^3 (\rho - \rho_1)}{6E}.$
$E = 4 \text{ кВ/см} = 4 \cdot 10^5 \text{ В/м}$	
$Q = ?$	<b>Ответ</b> $Q = 1,61 \text{ нКл}.$



5. Два точечных заряда  $Q_1 = 4 \text{ нКл}$  и  $Q_2 = -2 \text{ нКл}$  находятся друг от друга на расстоянии 60 см. Определить напряженность  $E$  поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему равна напряженность, если второй заряд положительный?

Дано	Решение
$Q_1 = 4 \text{ нКл}$ $Q_2 = -2 \text{ нКл}$ $l = 60 \text{ см}$	$E_1 = E_+ + E_-$ $E_1 = E_+ + E_-$ $E_+ = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ Q_1 }{(l/2)^2}$ $E_- = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ Q_2 }{(l/2)^2}$
$E_1 = ?$ $E_2 = ?$	
	$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4}{l^2} ( Q_1  +  Q_2 ), \quad E_2 = E_+ - E_- = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4}{l^2} ( Q_1  -  Q_2 ).$

**Ответ**  $E_1 = 0,6 \text{ кВ/м}; E_2 = 0,2 \text{ кВ/м}.$  [studyport.ru](http://studyport.ru)

6. Определить напряженность поля, создаваемого диполем с электрическим моментом  $p = 1 \text{ нКл} \cdot \text{м}$  на расстоянии  $r = 25 \text{ см}$  от центра диполя в направлении, перпендикулярном оси диполя.

Дано	Решение
$p = 1 \text{ нКл} \cdot \text{м} = 10^{-9} \text{ Кл} \cdot \text{м}$ $r = 25 \text{ см} = 0,25 \text{ м}$	$E_+ = E_- = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\left(r^2 + \frac{l^2}{4}\right)} \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$ $\frac{E_A}{E_+} = \frac{l}{\sqrt{r^2 + \frac{l^2}{4}}} \approx \frac{l}{r}, \quad E_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ql}{r^3} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p}{r^3}$
$E_A = ?$ 	<b>Ответ</b> $E_A = 576 \text{ В/м}.$ <a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

7. Определить напряженность электростатического поля в точке А, расположенной вдоль прямой, соединяющей заряды  $Q_1 = 10 \text{ нКл}$  и  $Q_2 = -8 \text{ нКл}$  и находящейся на расстоянии  $r = 8 \text{ см}$  от отрицательного заряда. Расстояние между зарядами  $l = 20 \text{ см}$ .

Дано	Решение
$Q_1 = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}$ $Q_2 = -8 \text{ нКл} = -8 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ $r = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$	1) $\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2$ , $E = E_2 - E_1$ , $E_1 = \frac{ Q_1 }{4\pi\epsilon_0(l+r)^2}$ , $E_2 = \frac{ Q_2 }{4\pi\epsilon_0r^2}$ .
	2) $\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2$ , $E = E_1 + E_2$ , $E_1 = \frac{ Q_1 }{4\pi\epsilon_0(l-r)^2}$ , $E_2 = \frac{ Q_2 }{4\pi\epsilon_0r^2}$ .

**Ответ** 1)  $E = 10,1 \text{ кВ/м}$ ; 2)  $E = 17,5 \text{ кВ/м}$ . [studyport.ru](http://studyport.ru)

8. На некотором расстоянии от бесконечной равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью  $\sigma = 0,1 \text{ нКл/см}^2$  расположена круглая пластинка. Плотность пластинки составляет с линиями напряженности угол  $30^\circ$ . Определить поток  $\Phi_E$  вектора напряженности через эту пластинку, если её радиус  $r$  равен  $15 \text{ см}$ .

Дано	Решение
$\sigma = 0,1 \text{ нКл/см}^2$ $\beta = 30^\circ$ $r = 0,15 \text{ м}$ $\epsilon = 1$	$\Phi_E = ES \cos \alpha$ , $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ , $S = \pi r^2$ , $\Phi_E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \pi r^2 \cos \alpha$ .
$\Phi_E = ?$	<b>Ответ</b> $\Phi_E = 3,46 \text{ кВ} \cdot \text{м}$ . <a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

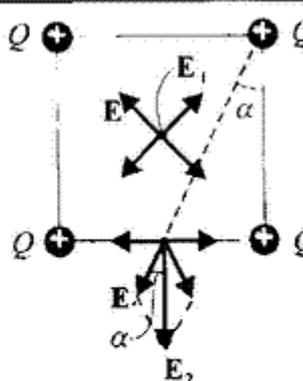
9. Определите поток  $\Phi_E$  вектора напряженности электростатического поля через сферическую поверхность, охватывающую точечные заряды  $Q_1 = 5 \text{ нКл}$  и  $Q_2 = -2 \text{ нКл}$ .

**Ответ** )  $\Phi_E = 339 \text{ В} \cdot \text{м}$ . [studyport.ru](http://studyport.ru)

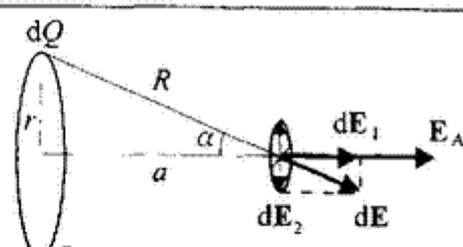
10. Расстояние  $l$  между зарядами  $Q = \pm 2 \text{ нКл}$  равно  $20 \text{ см}$ . Определите напряженность  $E$  поля, созданного этими зарядами в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 15 \text{ см}$  от первого и  $r = 10 \text{ см}$  от второго заряда.

**Ответ** )  $E = 2,14 \text{ кВ/м}$ . [studyport.ru](http://studyport.ru)

11. В вершинах квадрата со стороной  $5 \text{ см}$  находятся одинаковые положительные заряды  $Q = 2 \text{ нКл}$ . Определить напряженность электростатического поля: 1) в центре квадрата; 2) в середине одной из сторон квадрата.

Дано	Решение
$a = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $Q = 2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$	
1) $E_1$ — ? 2) $E_2$ — ?	1) $E_1 = 0$ ; 2) $E_2 = 2E \cos \alpha$ ,
$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \left[ a^2 + \frac{a^2}{4} \right]} = \frac{Q}{5\pi\epsilon_0 a^2},$	
$\cos \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + \frac{a^2}{4}}} = \frac{2}{\sqrt{5}},$	$E_2 = 2 \cdot \frac{Q}{5\pi\epsilon_0 a^2} \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{4Q}{5\sqrt{5}\pi\epsilon_0 a^2}.$
<b>Ответ</b> 1) $E_1 = 0$ ; 2) $E_2 = 10,3 \text{ кВ/м}$ .	<a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

12. Кольцо радиусом  $r = 5 \text{ см}$  из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью  $\tau = 14 \text{ нКл/м}$ . Определить напряженность поля на оси, проходящей через центр кольца, в точке, удаленной на расстоянии  $a = 10 \text{ см}$  от центра кольца.

Дано	Решение
$r = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\tau = 14 \text{ нКл/м} = 1,4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}$ $a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$	
$E_A$ — ?	
$Q = \int dQ = \tau \cdot 2\pi r,$	$dE = \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{a^2 + r^2}}, \quad dE_1 = dE \cos \alpha,$
$\cos \alpha = \frac{a}{R},$	$dE_1 = \frac{a dQ}{(a^2 + r^2)^{3/2}}, \quad dE_2 = dE \sin \alpha, \quad \sum dE_2 = 0,$
$E_A = \sum dE_1 = \int_0^Q \frac{a dQ}{4\pi\epsilon_0 (a^2 + r^2)^{3/2}} = \frac{2\pi r a \tau}{4\pi\epsilon_0 (a^2 + r^2)^{3/2}}.$	
<b>Ответ</b> $E_A = 2,83 \text{ кВ/м}$ .	<a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

13. Определить поверхностную плотность заряда, создающего вблизи поверхности Земли напряженность  $E = 200 \text{ В/м}$ .

<i>Дано</i>	<i>Решение</i>
$E = 200 \text{ В/м}$ $\epsilon = 1$ <hr/> $\sigma = ?$	$E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0}, \quad \sigma = \epsilon\epsilon_0 E.$

**Ответ**

$$\sigma = 1,77 \text{ нКл/м}^2.$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

14. Под действием электростатического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости точечный заряд  $Q = 1 \text{ нКл}$  переместился вдоль силовой линии на расстояние  $r = 1 \text{ см}$ ; при этом совершена работа  $5 \text{ мкДж}$ . Определите поверхностную плотность заряда на плоскости.

**Ответ** )  $\sigma = 8,85 \text{ мкКл/м}^2.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

15. Электростатическое поле создается двумя бесконечными параллельными плоскостями, заряженными равномерно одноименными зарядами с поверхностной плотностью соответственно  $\sigma_1 = 2 \text{ нКл/м}^2$  и  $\sigma_2 = 4 \text{ нКл/м}^2$ . Определите напряженность электростатического поля: 1) меж плоскостями; 2) за пределами плоскостей. Постройте график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной плоскостям.

**Ответ** ) 1)  $113 \text{ В/м}$ ; 2)  $339 \text{ В/м}$ .

### *Основные физические постоянные*

Элементарный заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Масса покоя электрона  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$

Удельный заряд электрона  $e/m_e = 1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$

Электрическая постоянная  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

$$1/(4\pi\epsilon_0) = 9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф}$$

Магнитная постоянная  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$

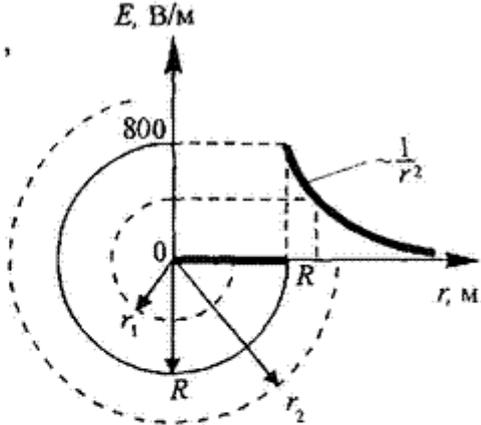
[studyport.ru](http://studyport.ru)

16. Электростатическое поле создается двумя бесконечными параллельными плоскостями, заряженными равномерно разноименными зарядами с поверхностной плотностью  $\sigma_1 = 1 \text{ нКл/м}^2$  и  $\sigma_2 = 2 \text{ нКл/м}^2$ . Определите напряженность электростатического поля: 1) между плоскостями, 2) за пределами плоскостей. Постройте график изменения напряженности поля вдоль линии, перпендикулярной плоскостям.

**Ответ** ) 1)  $E_1 = 169 \text{ В/м}$ ; 2)  $E_2 = 56,5 \text{ В/м}$ .

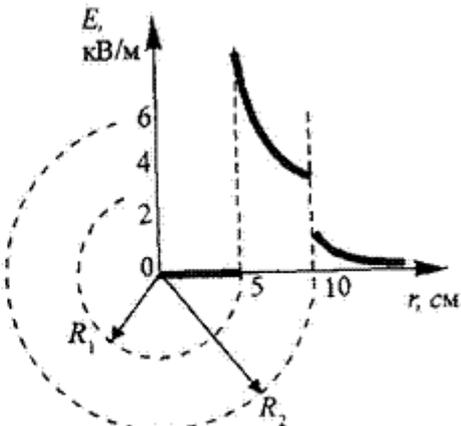
[studyport.ru](http://studyport.ru)

17. На металлической сфере радиусом 15 см находится заряд  $Q = 2$  нКл. Определить напряженность  $E$  электростатического поля: 1) на расстоянии  $r_1 = 10$  см от центра сферы; 2) на поверхности сферы; 3) на расстоянии  $r_2 = 20$  см от центра сферы. Постройте график зависимости  $E(r)$ .

Дано	Решение
$R = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$ $Q = 2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ $r_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $r_2 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$	$\oint_S E_n ds = \frac{Q}{\epsilon_0}$ 
$E_1, E_2, E_3$ — ? $E(r)$ — ?	
$r_1 < R$ $Q = 0,$	$E_1 = 0,$
$r = R$ $E_2 \cdot 4\pi R^2 = \frac{Q}{\epsilon_0},$	$E_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2},$
$r_2 > R$ $E_3 \cdot 4\pi r_2^2 = \frac{Q}{\epsilon_0},$	$E_3 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r_2^2}.$
<b>Ответ</b> $E_1 = 0,$ $E_2 = 800 \text{ В/м},$ $E_3 = 450 \text{ В/м}.$	

[studyport.ru](http://studyport.ru)

18. Поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими сферами радиусами  $R_1 = 5$  см и  $R_2 = 8$  см. Заряды сфер соответственно равны  $Q_1 = 2$  нКл и  $Q_2 = -1$  нКл. Определить напряженность электростатического поля в точке, лежащих от центра сфер на расстояниях: 1)  $r_1 = 3$  см; 2)  $r_2 = 6$  см; 3)  $r_3 = 10$  см. Построить график зависимости  $E(r)$ .

Дано	Решение
$R_1 = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $R_2 = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $Q_1 = 2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ $Q_2 = -1 \text{ нКл} = -10^{-9} \text{ Кл}$ $r_1 = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 6 \text{ см} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_3 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$	$\oint_S E_n ds = \frac{Q}{\epsilon_0}$ 
$E_1, E_2, E_3$ — ? $E(r)$ — ?	
$r_1 < R_1$ $Q = 0,$	$E_1 = 0,$
$R_1 < r < R_2$ $E_2 \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_1}{\epsilon_0},$	$E_2 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2},$
$r > R_2$ $E_3 \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q_1 + Q_2}{\epsilon_0}.$	$E_3 = \frac{Q_1 + Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$
<b>Ответ</b> $E_1 = 0,$ $E_2 = 5 \text{ кВ/м},$ $E_3 = 0,9 \text{ кВ/м}.$	

[studyport.ru](http://studyport.ru)

19. Шар радиусом  $R=10$  см заряжен равномерно с объемной плотностью  $\rho = 10$  нКл/м<sup>3</sup>. Определите на электростатического поля: 1) на расстоянии  $r_1 = 5$  см от центра шара; 2) на рас  $r_2 = 15$  см от центра шара. Построй зависимость  $E(r)$ .

**Ответ** )  $E_1 = 18,8$  В/м,  $E_2 = 16,7$  В/м.

studyport.ru

20. Фарфоровый шар радиусом  $R = 10$  см заряжен равномерно с объемной плотностью  $\rho = 15$  нКл/м<sup>3</sup>. Определить напряженность электростатического поля: 1) на расстоянии  $r_1 = 5$  см от центра шара; 2) на поверхности шара; 3) на расстоянии  $r_2 = 15$  см от центра шара. Постройте график зависимости  $E(r)$ . Диэлектрическая проницаемость фарфора  $\epsilon = 5$ .

Дано	Решение
$R = 10$ см = 0,1 м $\rho = 15$ нКл/м <sup>3</sup> = $= 1,5 \cdot 10^{-8}$ Кл/м <sup>3</sup> $\epsilon = 5$ $r_1 = 5$ см = $5 \cdot 10^{-2}$ м $r_2 = 15$ см = 0,15 м	$\oint_S D_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho dV,$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"><math>r_1 &lt; R</math></div> $D_1 \cdot 4\pi r_1^2 = \rho \frac{4}{3} \pi r_1^3, \quad D_1 = \frac{\rho r_1}{3},$ $D_1 = \epsilon_0 \epsilon E_1, \quad E_1 = \frac{D_1}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{\rho r_1}{3 \epsilon_0 \epsilon},$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"><math>r = R</math></div> $D_R \cdot 4\pi R^2 = \rho \frac{4}{3} \pi R^3, \quad D_R = \frac{\rho R}{3},$ $D_R = \epsilon_0 \epsilon E_R,$ $E_R = \frac{\rho R}{3 \epsilon_0 \epsilon},$ <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"><math>r_2 &gt; R</math></div> $D_2 \cdot 4\pi r_2^2 = \rho \frac{4}{3} \pi R^3,$ $D_2 = \frac{\rho R^3}{3 r_2^2}, \quad D_2 = \epsilon_0 \epsilon E_2,$ $E_2 = \frac{\rho R^3}{3 \epsilon_0 \epsilon r_2^2}.$
1) $E_1$ — ? 2) $E_R$ — ? 3) $E_2$ — ? 4) $E(r)$ — ?	

**Ответ**

- 1)  $E_1 = 5,65$  В/м;
- 2)  $E_R = 11,3$  В/м (для  $r \leq R$ );  $E_R = 56,5$  В/м (для  $r \geq R$ );
- 3)  $E_2 = 25,1$  В/м; 4) см. рисунок.

studyport.ru

# ЭЛЕКТРОСТАТИКА - СТРАНИЦА 2

Страница 2 из 4

21. Длинный прямой провод, расположенный в вакууме, несет заряд, равномерно распределенный по всей длине провода с линейной плотностью 2 нКл/м. Определите напряженность  $E$  электростатического поля на расстоянии  $r = 1$  м от провода.

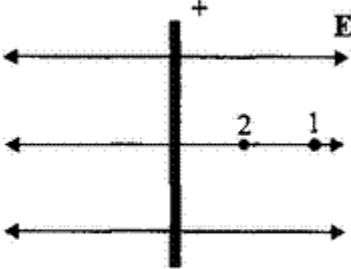
**Ответ** )  $E = \frac{\tau}{2\pi r \epsilon_0} = 36 \text{ В/м.}$

studypoint.ru

22. Внутренний цилиндрический проводник длинного прямолинейного коаксиального провода радиусом  $R_1 = 1,5$  мм заряжен с линейной плотностью  $\tau_1 = 0,2$  нКл/м. Внешний цилиндрический проводник этого провода радиусом  $R_2 = 3$  мм заряжен с линейной плотностью  $\tau_2 = -0,15$  нКл/м. Пространство между проводниками заполнено резиной ( $\epsilon = 3$ ). Определить напряженность электростатического поля в точках, лежащих от оси провода на расстояниях: 1)  $r_1 = 1$  мм; 2)  $r_2 = 2$  мм; 3)  $r_3 = 5$  мм.

Дано	Решение
$R_1 = 1,5 \text{ мм} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$E_1 = 0,$
$R_2 = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$E_2 = \frac{\tau_1}{2\pi\epsilon_0\epsilon r_2},$
$\tau_1 = 0,2 \text{ нКл/м} =$ $= 2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}$	$E_3 = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2\pi\epsilon_0\epsilon r_3} \Big _{r=1} = \frac{\tau_1 + \tau_2}{2\pi\epsilon_0 r_3}.$
$\tau_2 = -0,15 \text{ нКл/м} =$ $= -1,5 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/м}$	
$\epsilon = 3$	
$r_1 = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$	
$r_2 = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	
$r_3 = 5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	
1) $E_1$ — ?	<b>Ответ</b> 1) $E_1 = 0$ ;
2) $E_2$ — ?	2) $E_2 = 800 \text{ В/м};$
3) $E_3$ — ?	3) $E_3 = 180 \text{ В/м.}$ studypoint.ru

23. Электростатическое поле создается положительно заряженной с постоянной поверхностной плотностью  $\sigma = 10$  нКл/м<sup>2</sup> бесконечной плотностью. Какую работу надо совершить для того, чтобы перенести электрон вдоль линии напряженности с расстояния  $r_1 = 2$  см до  $r_2 = 1$  см?

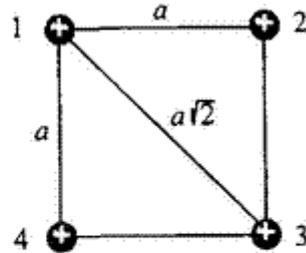
Дано	Решение
$\sigma = 10 \text{ нКл/м}^2 = 10^{-8} \text{ Кл/м}^2$ $r_1 = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	$dA = F dr,$ $F = -eE,$ $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0},$
$A = ?$	
$A = \int_{r_1}^{r_2} F dr = -\frac{e\sigma}{2\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} dr = -\frac{e\sigma}{2\epsilon_0} (r_1 - r_2).$	<b>Ответ</b> $A = 9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$

24. Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью с постоянной линейной плотностью  $\tau = 1 \text{ нКл/см}$ . Какую скорость приобретет электрон, приблизившись под действием поля к нити вдоль линии напряженности с расстояния  $r_1 = 2 \text{ см}$  до  $r_2 = 1 \text{ см}$ ?

Дано	Решение
$\tau = 1 \text{ нКл/см} = 10^{-7} \text{ Кл/м}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ $r_1 = 1,5 \text{ см} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$	$A = T = \frac{mv^2}{2}, \quad v = \sqrt{\frac{2A}{m}}, \quad E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r},$ $F = -eE = -\frac{e\tau}{2\pi\epsilon_0 r}, \quad dA = F dr,$
$v = ?$	$A = \int_{r_1}^{r_2} F dr = -\frac{e\tau}{2\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{e\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_1}{r_2},$
$v = \sqrt{\frac{e\tau}{\pi\epsilon_0 m} \ln \frac{r_1}{r_2}}.$	<b>Ответ</b> $v = 16 \text{ Мм/с.}$

25. Одинаковые заряды  $Q = 100 \text{ нКл}$  расположены в вершинах квадрата со стороной  $a = 10 \text{ см}$ . Определить потенциальную энергию этой системы.

Дано	Решение
$Q = 100 \text{ нКл} = 10^{-7} \text{ Кл}$ $a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$	$U = U_{12} + U_{13} + U_{14} + U_{23} + U_{24} + U_{34},$
$U = ?$	$U_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{a},$
$U_{14} = U_{23} = U_{34} = U_{12},$	$U_{13} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{a\sqrt{2}},$
$U_{24} = U_{13},$	$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{4Q^2}{a} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2Q^2}{a\sqrt{2}} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q^2}{a} (4 + \sqrt{2}).$
<b>Ответ</b>	$U = 4,87 \text{ мДж.}$



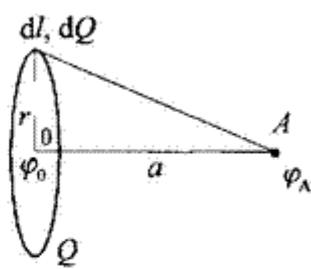
26. В боровской модели атома водорода электрон движется по круговой орбите радиусом  $r = 52,8$  пм, в центре которой находится протон. Определить: 1) скорость электрона на орбите; 2) потенциальную энергию электрона в поле ядра, выразив её в электрон-вольтах.

Дано	Решение
$r = 52,8 \text{ пм} = 5,28 \cdot 10^{-11} \text{ м}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ $m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	$\frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2},$ $v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mr}}, \quad U = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r}.$
$v \text{ — ?}$ $U \text{ — ?}$	

**Ответ**  $v = 2,19 \text{ Мм/с}, U = -27,3 \text{ эВ}.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

27. Кольцо радиусом  $r = 5$  см из тонкой проволоки несет равномерно распределенный заряд  $Q = 10$  нКл. Определить потенциал  $\varphi$  электростатического поля: 1) в центре кольца; 2) на оси, проходящей через центр кольца, в точке, удаленной на расстояние  $a = 10$  см от центра кольца.

Дано	Решение
$r = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $Q = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}$ $a = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$	$d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dQ}{r},$ $\varphi_0 = \int_0^Q \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 r} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r},$  $\varphi_A = \int_0^Q \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{r^2 + a^2}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{r^2 + a^2}}.$
$\varphi_0 \text{ — ?}$ $\varphi_A \text{ — ?}$	

**Ответ**  $\varphi_0 = 1800 \text{ В}, \quad \varphi_A = 805 \text{ В}.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

28. На кольцо с внутренним радиусом 80 см и внешним — 1 м равномерно распределен заряд 10 нКл. Определите потенциал в центре кольца.

**Ответ**  $\varphi = 100 \text{ В}.$

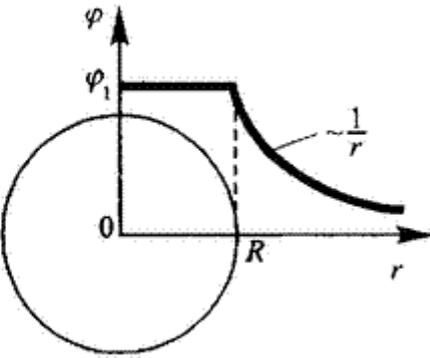
[studyport.ru](http://studyport.ru)

29. Металлический шар радиусом 5 см несет заряд  $Q = 10$  нКл. Оп потенциал  $\varphi$  электростатического поля: 1) на поверхности шара; 2) на расстоянии  $a = 2$  см от его поверхности. Постройте график зависимости  $\varphi(r)$ .

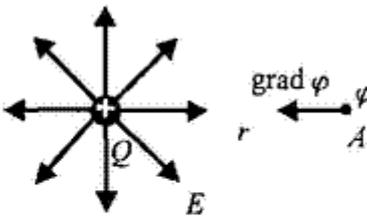
**Ответ** 1)  $\varphi_1 = 1,8 \text{ кВ}; \quad 2) \varphi_2 = 1,29 \text{ кВ}.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

30. Полый шар несет на себе равномерно распределенный заряд. Определить радиус шара, если потенциал в центре шара равен  $\varphi_1 = 200 \text{ В}$ , а в точке, лежащей от его центра на расстоянии  $r = 50 \text{ см}$ ,  $\varphi_2 = 40 \text{ В}$ .

Дано	Решение
$\varphi_1 = 200 \text{ В}$ $\varphi_2 = 40 \text{ В}$ $r = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$ <hr/> $R = ?$	$\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ , $\varphi_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$ , <hr/> $R = \frac{\varphi_2 \cdot r}{\varphi_1}$
$\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{r}{R}$ ,	
<b>Ответ</b> $R = 10 \text{ см.}$	<a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

31. Электростатическое поле создается положительным точечным зарядом. Определить числовое значение и направление градиента потенциала этого поля, если на расстоянии  $r = 10 \text{ см}$  от заряда потенциал равен  $\varphi = 100 \text{ В}$ .

Дано	Решение
$r = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $\varphi = 100 \text{ В}$ <hr/> $\text{grad } \varphi = ?$	$E = -\text{grad } \varphi$ , $ \text{grad } \varphi  = E$ ,
$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$ ,	
$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ ,	$E = \frac{\varphi}{r}$ ,
$ \text{grad } \varphi  = \frac{\varphi}{r}$ .	
<b>Ответ</b> $\text{grad } \varphi = 1 \text{ кВ/м, направлен к заряду.}$	<a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

32. Электростатическое поле создается бесконечной плоскостью, заряженной равномерно с поверхностной плотностью  $\sigma = 5 \text{ нКл/м}^2$  Определите числовое значение и направление градиента потенциала этого поля.

Дано	Решение
$\sigma = 5 \text{ нКл/м}^2 =$ $= 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$ <hr/> $\text{grad } \varphi = ?$	$E = -\text{grad } \varphi$ , $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ , $ \text{grad } \varphi  = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ .
<b>Ответ</b> $\text{grad } \varphi = 282 \text{ В/м,}$ направлен к плоскости.	<a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

33. Электростатическое поле создается бесконечной прямой нитью заряженной равномерно с линейной плотностью  $\tau = 50 \text{ нКл/см}$ . Определите числовое значение и направление градиента потенциала в точке на расстоянии  $r = 0,5 \text{ м}$  от нити.

**Ответ**  $\text{grad } \varphi = 180 \text{ В/м, направлен к нити}$  [studyport.ru](http://studyport.ru)

34. Определить линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда  $Q = 1$  нКл с расстояния  $r_1 = 5$  см и  $r_2 = 2$  см в направлении, перпендикулярном нити, равна  $50$  мкДж.

Дано	Решение
$Q = 1 \text{ нКл} = 10^{-9} \text{ Кл}$ $r_1 = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $A = 50 \text{ мкДж} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$	$dA = Q d\varphi,$ $E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}, \quad d\varphi = -E dr, \quad A = -Q \int_{r_1}^{r_2} E dr$
$\tau = ?$	$A = -Q \int_{r_1}^{r_2} \frac{\tau dr}{2\pi\epsilon_0 r} = -\frac{Q\tau}{2\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{Q\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_1}{r_2},$
$\tau = \frac{2\pi\epsilon_0 A}{Q \ln \frac{r_1}{r_2}}$	<b>Ответ</b> $\tau = 3,03 \text{ мкКл/м}$

studyport.ru

35. Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью Протон, двигаясь от нити под действием поля вдоль линии напряженности с расстояния  $r_1 = 1$  см до  $r_2 = 5$  см, изменил свою скорость от  $1$  до  $10$  Мм/с. Определите линейную плотность заряда нити.

**Ответ** )  $\tau = 17,8 \text{ мкКл/м}$

studyport.ru

36. Электростатическое поле создается бесконечной плоскостью, равномерно заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии  $x_1 = 20$  см и  $x_2 = 50$  см от плоскости.

Дано	Решение
$\sigma = 1 \text{ нКл/м}^2 = 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$ $x_1 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ $x_2 = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$ $\varphi_1 - \varphi_2 = ?$	$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_1}^{x_2} E dx, \quad E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0},$ $\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_1}^{x_2} E dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sigma}{2\epsilon_0} dx = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (x_2 - x_1)$
<b>Ответ</b>	$\varphi_1 - \varphi_2 = 16,9 \text{ В}$

studyport.ru

37. Определить поверхностную плотность зарядов на пластинах плоского слюдяного ( $\epsilon = 7$ ) конденсатора, заряженного до разности потенциалов  $U = 200$  В, если расстояние между его пластинами равно  $d = 0,5$  мм.

Дано	Решение
$\epsilon = 7$ $U = 200 \text{ В}$ $d = 0,5 \text{ мм} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $\sigma = ?$	$D = \epsilon_0 \epsilon E, \quad D = \sigma, \quad E = \frac{U}{d}, \quad \sigma = \frac{\epsilon_0 \epsilon U}{d}$
<b>Ответ</b>	$\sigma = 24,8 \text{ мкКл/м}^2$

studyport.ru

38. Электростатическое поле создается равномерно заряженной сферой радиусом  $R = 10$  см с общим зарядом  $Q = 15$  нКл. Определите разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстояниях  $r_1 = 5$  см и  $r_2 = 15$  см от поверхности сферы.

**Ответ** )  $\Delta\varphi = 360$  В.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

39. Электростатическое поле создается сферой радиусом  $R = 5$  см, равномерно заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить разность потенциалов между двумя точками поля, лежащими на расстояниях  $r_1 = 10$  см и  $r_2 = 15$  см от центра сферы.

Дано	Решение
$R = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\sigma = 1 \text{ нКл/м}^2 = 10^{-9} \text{ Кл/м}^2$ $r_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $r_2 = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$	$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E \, dr, \quad E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}, \quad Q = \sigma \cdot 4\pi R^2,$ $\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0 r^2} \, dr = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0} \left( -\frac{1}{r} \right) \Big _{r_1}^{r_2} = \frac{\sigma R^2}{\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$
$\varphi_1 - \varphi_2 = ?$	

**Ответ** )  $\varphi_1 - \varphi_2 = 0,94$  В.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

40. Электростатическое поле создается равномерно заряженным шаром радиусом  $R=1$  м с общим зарядом  $Q = 50$  нКл. Определите разность потенциалов для точек, лежащих от центра шара на расстояниях 1)  $r_1 = 1,5$  м и  $r_2 = 2$  м; 2)  $r_1 = 0,3$  м и  $r_2 = 0,8$  м.

**Ответ** ) 1)  $\Delta\varphi_1 = 75$  В; 2)  $\Delta\varphi_2 = 124$  В.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

## ЭЛЕКТРОСТАТИКА - СТРАНИЦА 3

Страница 3 из 4

41. Электростатическое поле создается шаром радиусом  $R = 8$  см, равномерно заряженным с объемной плотностью  $\rho = 10$  нКл/м<sup>3</sup>. Определите разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии  $r_1 = 10$  см и  $r_2 = 15$  см от центра шара.

**Ответ** )  $\Delta\varphi = 0,64$  В.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

42. Электростатическое поле создается шаром радиусом  $R = 10$  см, равномерно заряженным с объемной плотностью  $\rho = 20$  нКл/м<sup>3</sup>. Определить разность потенциалов между точками, лежащими внутри шара на расстояниях  $r_1 = 2$  см и  $r_2 = 8$  см от его центра.

Дано	Решение
$R = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $\rho = 20 \text{ нКл/м}^3 = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл/м}^3$ $r_1 = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ <hr/> $\varphi_1 - \varphi_2 = ?$	$\oint_S E_n dS = \frac{Q}{\epsilon_0},$ $r < R, \quad E_n = E,$ $E \cdot 4\pi r^2 = \frac{\rho}{\epsilon_0} \cdot \frac{4}{3}\pi r^3,$ $E = \frac{\rho r}{3\epsilon_0},$ $\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E dr,$ $\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\rho r}{3\epsilon_0} dr = \frac{\rho(r_2^2 - r_1^2)}{3\epsilon_0 \cdot 2} = \frac{\rho}{6\epsilon_0} (r_2^2 - r_1^2).$

**Ответ**

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2,26 \text{ В.}$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

43. Электростатическое поле создается бесконечным цилиндром радиусом 8 мм, равномерно заряженным с линейной плотностью  $\tau = 10 \text{ нКл/м} = 10^{-8} \text{ Кл/м}$ . Определить разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии  $r_1 = 2 \text{ мм}$  и  $r_2 = 7 \text{ мм}$  от поверхности этого цилиндра.

Дано	Решение
$R = 8 \text{ мм} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $\tau = 10 \text{ нКл/м} = 10^{-8} \text{ Кл/м}$ $r_1 = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $r_2 = 7 \text{ мм} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ <hr/> $\varphi_1 - \varphi_2 = ?$	$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{r},$ $\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{R+r_1}^{R+r_2} E dr = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \int_{R+r_1}^{R+r_2} \frac{dr}{r} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R+r_2}{R+r_1},$ $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R+r_2}{R+r_1}.$

**Ответ**

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 73 \text{ В.}$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

44. В однородное электростатическое поле напряженностью  $E_0 = 700 \text{ В/м}$  перпендикулярно полю помещается бесконечная плоскопараллельная стеклянная пластина ( $\epsilon = 7$ ). Определить: 1) напряженность электростатического поля внутри пластины; 2) электрическое смещение внутри пластины; 3) поляризованность стекла; 4) поверхностную плотность связанных зарядов на стекле.

Дано	Решение
$E_0 = 700 \text{ В/м}$ $\epsilon = 7$	$E = \frac{E_0}{\epsilon}, \quad D = \epsilon\epsilon_0 E,$
$E \text{ --- ?}$ $D \text{ --- ?}$ $P \text{ --- ?}$ $\sigma' \text{ --- ?}$	$D = \epsilon_0 E + P, \quad P = D - \epsilon_0 E,$ $\sigma' = P.$
<b>Ответ</b>	1) $E = 100 \text{ В/м};$ 2) $D = 6,19 \text{ нКл/м}^2;$ 3) $P = 5,31 \text{ нКл/м}^2;$ 4) $\sigma' = 5,31 \text{ нКл/м}^2$

45. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено парафином ( $\epsilon = 2$ ). Расстояние между пластинами  $d = 8,85 \text{ мм}$ . Какую разность потенциалов необходимо подать на пластины, чтобы поверхностная плотность связанных зарядов на парафине составляла  $0,1 \text{ нКл/см}^2$ ?

**Ответ** )  $\Delta\varphi = 1 \text{ кВ}.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

46. Расстояние между пластинами плоского конденсатора составляет  $d = 5 \text{ мм}$ . После зарядки конденсатора до разности потенциалов  $U = 500 \text{ В}$  между пластинами конденсатора вдвинули стеклянную пластинку ( $\epsilon = 7$ ). Определить: 1) диэлектрическую восприимчивость стекла; 2) поверхностную плотность связанных зарядов на стеклянной пластинке.

Дано	Решение
$d = 5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $U = 500 \text{ В}$ $\epsilon = 7$	$\kappa = \epsilon - 1, \quad E_0 = \frac{U}{d},$
1) $\kappa \text{ --- ?}$ 2) $\sigma' \text{ --- ?}$	$E = \frac{E_0}{\epsilon} = \frac{U}{\epsilon d},$ $\sigma' = P = \kappa \epsilon_0 E = \frac{\kappa \epsilon_0 U}{\epsilon d}.$

**Ответ**

1)  $\kappa = 6;$       2)  $\sigma' = 759 \text{ нКл/м}^2.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

47. Определите поверхностную плотность связанных зарядов на слюдяной пластинке ( $\epsilon = 7$ ) толщиной  $d = 1 \text{ мм}$ , служащей изолятором плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами кон  $U = 300 \text{ В}$ .

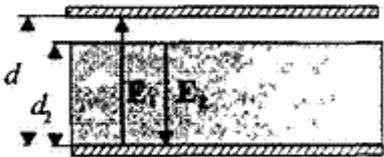
**Ответ** )  $\sigma = 15,9 \text{ мкКл/м}^2.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

48. Между пластинками плоского конденсатора помещено два слоя диэлектрика – слюдяная пластинка ( $\epsilon_1 = 7$ ) толщиной  $d_1 = 1 \text{ мм}$  и парафин ( $\epsilon_2 = 2$ ) толщиной  $d_2 = 0,5 \text{ мм}$ . Определить: 1) напряженность электростатических полей в слоях диэлектрика; 2) электрическое смещение, если разность потенциалов между пластинками конденсатора  $U = 500 \text{ В}$ .

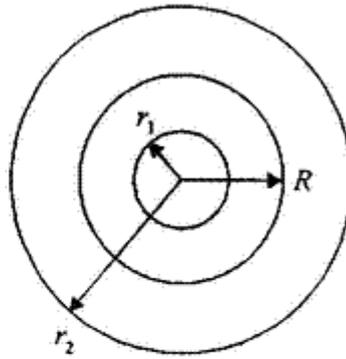
Дано	Решение
$d_1 = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$ $\epsilon_1 = 7$ $d_2 = 0,5 \text{ мм} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $\epsilon_2 = 2$ $U = 500 \text{ В}$	$D = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1 = \epsilon_0 \epsilon_2 E_2, \quad \frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1},$ $U = E_1 d_1 + E_2 d_2, \quad E_1 = \frac{\epsilon_2 U}{\epsilon_2 d_1 + \epsilon_1 d_2},$ $E_2 = \frac{\epsilon_1 E_1}{\epsilon_2}, \quad D = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1.$
1) $E_1, E_2$ — ? 2) $D$ — ?	<b>Ответ</b> 1) $E_1 = 182 \text{ кВ/м}, E_2 = 637 \text{ кВ/м}$ 2) $D = 11,3 \text{ мкКл/м}^2$ . <a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

49. Расстояние между пластинами плоского конденсатора составляет  $d = 1 \text{ см}$ , разность потенциалов  $U = 200 \text{ В}$ . Определить поверхностную плотность  $\sigma'$  связанных зарядов эбонитовой пластинки ( $\epsilon = 3$ ), помещенной на нижнюю пластинку конденсатора. Толщина пластинки  $d_2 = 8 \text{ мм}$ .

Дано	Решение
$d = 1 \text{ см}$ $U = 200 \text{ В}$ $d_2 = 8 \text{ мм}$ $\epsilon = 3$	$d_1 = d - d_2,$ $\begin{cases} U = E_1 d_1 + E_2 d_2, \\ E_2 = E_1 / \epsilon, \end{cases}$ 
$\sigma' \dots ?$	$E_2 = \frac{U}{\epsilon(d - d_2) + d_2},$
$\sigma' = P = \chi \epsilon_0 E_2 = \frac{(\epsilon - 1) \epsilon_0 U}{\epsilon(d - d_2) + d_2}.$	<b>Ответ</b> $\sigma' = 253 \text{ нКл/м}^2$ . <a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

50. Свободные заряды равномерно распределены с объемной плотностью  $\rho = 5 \text{ нКл/м}^3$  по шару радиусом  $R = 10 \text{ см}$  из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\epsilon = 5$ . Определить напряженность электростатического поля на расстояниях  $r_1 = 5 \text{ см}$  и  $r_2 = 15 \text{ см}$  от центра шара.

<i>Дано</i>	<i>Решение</i>
$\rho = 5 \text{ нКл/м}^3$ $R = 10 \text{ см}$ $\epsilon = 5$ $r_1 = 5 \text{ см}$ $r_2 = 15 \text{ см}$	$\oint_S D_n dS = \int_V \rho dV,$ <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;"><math>r_1 &lt; R</math></div> $D_1 \cdot 4\pi r_1^2 = \frac{4}{3}\pi r_1^3 \rho,$ $D_1 = \frac{\rho r_1}{3},$ $D_1 = \epsilon_0 \epsilon E_1, \quad E_1 = \frac{\rho r_1}{3\epsilon \epsilon_0},$
$E_1 \text{ — ?}$ $E_2 \text{ — ?}$	<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;"><math>r_2 &gt; R</math></div> $D_2 \cdot 4\pi r_2^2 = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho, \quad D_2 = \frac{\rho R^3}{3r_2^2},$ $D_2 = \epsilon_0 E_2, \quad E_2 = \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0 r_2^2}.$



**Ответ**

$$E_1 = 1,88 \text{ В/м}; \quad E_2 = 8,37 \text{ В/м}.$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

51. Расстояние между пластинами плоского конденсатора  $d = 5 \text{ мм}$ , разность потенциалов  $U = 1,2 \text{ кВ}$ . Определите: 1) поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора; 2) поверхностную плотность связ зарядов на диэлектрике, если известно, что диэлектрическая воспри диэлектрика, заполняющего пространство между пластинами,  $\chi = 1$ .

**Ответ** )1)  $\sigma = 4,24 \text{ мкКл/м}^2$ ; 2)  $\sigma' = 2,12 \text{ мкКл/м}^2$ . [studyport.ru](http://studyport.ru)

52. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ( $\epsilon = 7$ ). Расстояние между пластинами  $d = 5 \text{ мм}$ , разность потенциалов  $U = 1 \text{ кВ}$ . Определить: 1) напряженность поля в стекле; 2) поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора; 3) поверхностную плотность связанных зарядов на стекле.

<i>Дано</i>	<i>Решение</i>
$\epsilon = 7$ $d = 5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $U = 1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$	$U = Ed, \quad E = \frac{U}{d},$ $E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}, \quad \sigma = \epsilon \epsilon_0 E,$ $\sigma' = P = D - \epsilon_0 E = \epsilon \epsilon_0 E - \epsilon_0 E = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E.$
1) $E \text{ — ?}$ 2) $\sigma \text{ — ?}$ 3) $\sigma' \text{ — ?}$	

**Ответ**

$$1) E = 200 \text{ кВ/м}; \quad 2) \sigma = 12,4 \text{ мкКл/м}^2;$$

$$3) \sigma' = 10,6 \text{ мкКл/м}^2.$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

53. Определить расстояние между пластинами плоского конденсатора, если между ними приложена разность потенциалов  $U = 150$  В, причем площадь каждой пластины  $S = 100$  см<sup>2</sup>, её заряд  $Q = 10$  нКл. Диэлектриком служит слюда ( $\epsilon = 7$ ).

<i>Дано</i>	<i>Решение</i>
$U = 150$ В $S = 100$ см <sup>2</sup> = $10^{-2}$ м <sup>2</sup> $Q = 10$ нКл = $10^{-8}$ Кл $\epsilon = 7$	$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}, \quad C = \frac{Q}{U},$ $\frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} = \frac{Q}{U}, \quad d = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U}{Q}.$
$d \text{ --- ?}$	

**Ответ**

$$d = 9,29 \text{ мм.}$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

54. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложен разность потенциалов  $U_1 = 500$  В. Площадь пластин  $S = 200$  см<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d = 1,5$  мм. После отключения конденсатора от источника напряжения в пространстве между пластинами внесли парафин ( $\epsilon = 2$ ). Определить разность потенциалов  $U_2$  между пластинами после внесения диэлектрика. Определить также емкость конденсатора  $C_1$  и  $C_2$  до и после внесения диэлектрика.

<i>Дано</i>	<i>Решение</i>
$U_1 = 500$ В $S = 200$ см <sup>2</sup> = $2 \cdot 10^{-2}$ м <sup>2</sup> $d = 1,5$ мм = $1,5 \cdot 10^{-3}$ м $\epsilon = 2$	$Q_1 = Q_2 = Q = \text{const}, \quad \sigma = \frac{Q}{S} = \text{const}, \quad E_1 = \frac{\sigma}{\epsilon_0},$ $E_2 = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}, \quad U_1 = E_1 d, \quad U_2 = E_2 d, \quad U_2 = \frac{U_1}{\epsilon},$ $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}, \quad C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} = \epsilon C_1.$
$U_2 \text{ --- ?}$	
$C_1 \text{ --- ?}$	
$C_2 \text{ --- ?}$	

**Ответ**

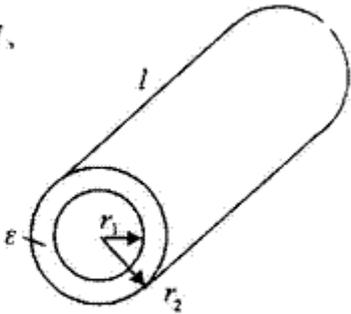
$$U_2 = 250 \text{ В,} \quad C_1 = 118 \text{ пФ,} \quad C_2 = 236 \text{ пФ.}$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

55. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложен разность потенциалов  $U_1 = 500$  В. Площадь пластин  $S = 200$  см<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d = 1,5$  мм. При включенном источнике питания конденсатора в пространстве между пластинами внесли парафин ( $\epsilon = 2$ ). Определить разность потенциалов  $U_2$  между пластинами после внесения диэлектрика. Определить также емкость конденсатора  $C_1$  и  $C_2$  до и после внесения диэлектрика.

Дано	Решение
$U_1 = 500 \text{ В}$ $S = 200 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ $d = 1,5 \text{ мм} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $\epsilon = 2$	$U_1 = U_2 = U = \text{const},$ $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d}, \quad C_2 = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}.$
$U_2 \text{ --- ?}$ $C_1 \text{ --- ?}$ $C_2 \text{ --- ?}$	<b>Ответ</b> $U_2 = 500 \text{ В}, \quad C_1 = 118 \text{ пФ}, \quad C_2 = 236 \text{ пФ}.$

56. Определить емкость коаксиального кабеля длиной 10 м, если радиус его центральной жилы  $r_1 = 1 \text{ см}$ , радиус оболочки  $r_2 = 1,5 \text{ см}$ , а изоляционным материалом служит резина ( $\epsilon = 2,5$ ).

Дано	Решение
$l = 10 \text{ м}$ $r_1 = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 1,5 \text{ см} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\epsilon = 2,5$	$C = \frac{Q}{U}, \quad Q = \tau l,$ $U = \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1},$ $C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{r_2}{r_1}}.$
$C \text{ --- ?}$	
<b>Ответ</b> $C = 3,43 \text{ нФ}.$	<a href="http://studyport.ru">studyport.ru</a>

57. Определить напряженность электростатического поля на расстоянии  $d = 1 \text{ см}$  от оси коаксиального кабеля, если радиус его центральной жилы  $r_1 = 0,5 \text{ см}$ , а радиус оболочки  $r_2 = 1,5 \text{ см}$ . Разность потенциалов между центральной жилой и оболочкой  $U = 1 \text{ кВ}$ .

Дано	Решение
$d = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$ $r_1 = 0,5 \text{ см} = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $r_2 = 1,5 \text{ см} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $U = 1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$	$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon d}, \quad \tau = \frac{Q}{l}, \quad C = \frac{Q}{U} = \frac{\tau l}{U} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln \left( \frac{r_2}{r_1} \right)},$ $\tau = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon U}{\ln \left( \frac{r_2}{r_1} \right)}, \quad E = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon U}{\ln \left( \frac{r_2}{r_1} \right) 2\pi\epsilon_0\epsilon d} = \frac{U}{d \ln \left( \frac{r_2}{r_1} \right)}$
$E \text{ --- ?}$	<b>Ответ</b> $E = 91 \text{ кВ/м}.$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

58. Сферический конденсатор состоит из двух концентрических сфер радиусами  $r_1 = 5$  см и  $r_2 = 5,5$  см. Пространство между обкладками конденсатора заполнено маслом ( $\epsilon = 2,2$ ). Определите: 1) емкость этого конденсатора; 2) шар какого радиуса, помещенный в масло, обладает такой же емкостью.

**Ответ** ) 1)  $C = 135$  пФ; 2)  $r = 0,55$  м.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

59. Определить напряженность электростатического поля на расстоянии  $x = 2$  см от центра воздушного сферического конденсатора, образованного двумя шарами (внутренний радиус  $r_1 = 1$  см, внешний —  $r_2 = 3$  см), между которыми приложена разность потенциалов  $U = 1$  кВ.

Дано	Решение
$x = 2$ см = $2 \cdot 10^{-2}$ м $r_1 = 1$ см = $10^{-2}$ м $r_2 = 3$ см = $3 \cdot 10^{-2}$ м $U = 1$ кВ = $10^3$ В	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{Q}{x^2}, \quad Q = CU,$ $C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1},$ $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} U}{x^2} = \frac{U}{x^2} \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}.$
$E = ?$	
<b>Ответ</b>	$E = 37,5$ кВ/м.

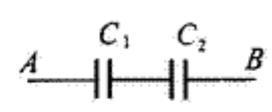
[studyport.ru](http://studyport.ru)

60. Два плоских воздушных конденсатора одинаковой емкости соединены параллельно и заряжены до разности потенциалов  $U = 300$  В. Определите разность потенциалов этой системы, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнено слюдой ( $\epsilon = 7$ ).

## ЭЛЕКТРОСТАТИКА - СТРАНИЦА 4

Страница 4 из 4

61. Разность потенциалов между точками А и В  $U = 9$  В. Емкость конденсаторов соответственно равна  $C_1 = 3$  мкФ и  $C_2 = 6$  мкФ. Определить: 1) заряды  $Q_1$  и  $Q_2$ ; 2) разность потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  на обкладках каждого конденсатора.

Дано	Решение
$U = 9 \text{ В}$ $C_1 = 3 \text{ мкФ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$ $C_2 = 6 \text{ мкФ} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$	$U = U_1 + U_2,$ $Q_1 = Q_2 = Q = \text{const},$ $C_1 = \frac{Q}{U_1}, \quad C_2 = \frac{Q}{U_2},$ $C_1 U_1 = C_2 U_2, \quad U_2 = \frac{C_1}{C_2} U_1,$ $U = U_1 + \frac{C_1}{C_2} U_1,$ $U_1 = \frac{UC_2}{C_1 + C_2}, \quad U_2 = U - U_1, \quad Q_1 = Q_2 = C_1 U_1$
	
	<b>Ответ</b> $U_1 = 6 \text{ В}, \quad U_2 = 3 \text{ В}, \quad Q_1 = Q_2 = 18 \text{ мкКл.}$

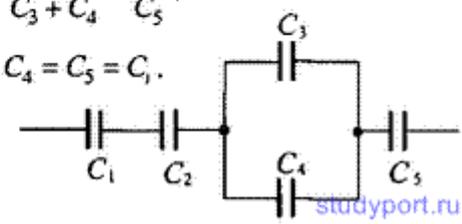
[studyport.ru](http://studyport.ru)

62. Емкость батареи конденсаторов, образованной двумя последовательно соединенными конденсаторами,  $C = 100 \text{ пФ}$ , а заряд  $Q = 20 \text{ нКл}$ . Определить емкость второго конденсатора, а так же разность потенциалов на обкладках каждого конденсатора, если  $C_1 = 200 \text{ пФ}$ .

Дано	Решение
$C = 100 \text{ пФ} = 10^{-10} \text{ Ф}$ $Q = 20 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$ $C_1 = 200 \text{ пФ} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$	$Q_1 = Q_2 = Q = \text{const},$ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2},$ $C_2 = \frac{CC_1}{C_1 - C}, \quad U_1 = \frac{Q}{C_1}, \quad U_2 = \frac{Q}{C_2}.$
$C_2 \text{ — ?}$ $U_1 \text{ — ?}$ $U_2 \text{ — ?}$	<b>Ответ</b> $C_2 = 200 \text{ пФ}, \quad U_1 = 100 \text{ В},$ $U_2 = 100 \text{ В.}$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

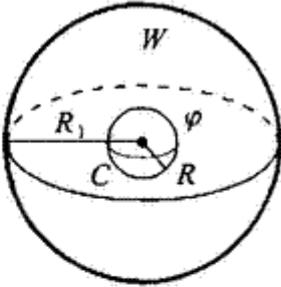
63. Определить емкость  $C$  батареи конденсаторов, изображенной на рисунке. Емкость каждого конденсатора  $C_1 = 1 \text{ мкФ}$ .

Дано	Решение
$C_1 = 1 \text{ мкФ}$ $C \text{ — ?}$	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3 + C_4} + \frac{1}{C_5},$ $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C_5 = C_1.$
	
	<b>Ответ</b> $C = 0,286 \text{ мкФ.}$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

64. Уединенная металлическая сфера электроемкостью  $C = 4 \text{ пФ}$  заряжена до потенциала  $\varphi = 1 \text{ кВ}$ . Определить энергию поля, заключенную в сферическом слое между сферой и концентрической с ней сферической поверхностью, радиус которой в 4 раза больше радиуса уединенной сферы.

Дано	Решение
$C = 4 \text{ пФ} = 4 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$ $\rho = 1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}$ $R_1 = 4R$ <hr/> $W = ?$	$C = 4\pi\epsilon_0 R, \quad R = \frac{C}{4\pi\epsilon_0},$ $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad Q = C\varphi,$ $w = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \Big _{\epsilon=1} = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}, \quad dV = 4\pi r^2 dr,$ $W = \int w dV = \int \frac{\epsilon_0 E^2}{2} dV = \int_R^{R_1} \frac{\epsilon_0 C^2 \varphi^2 \cdot 4\pi r^2 dr}{(4\pi)^2 \epsilon_0^2 r^4} = \frac{C^2 \varphi^2}{8\pi\epsilon_0} \int_R^{R_1} \frac{dr}{r^2} = \frac{C^2 \varphi^2}{8\pi\epsilon_0} \left( -\frac{1}{r} \right) \Big _R^{R_1} =$ $= \frac{C^2 \varphi^2}{8\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_1} \right) = \frac{C^2 \varphi^2}{8\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{4R} \right) = \frac{C^2 \varphi^2}{8\pi\epsilon_0} \frac{3 \cdot 4\pi\epsilon_0}{4C} = \frac{3C\varphi^2}{8}.$



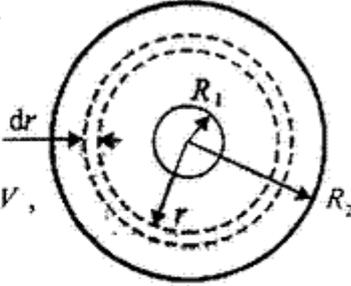
**Ответ**

$$W = 1,5 \text{ мкДж.}$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

65. Две concentricкие проводящие сферы радиусами  $R_1 = 20 \text{ см}$  и  $R_2 = 50 \text{ см}$  заряжены соответственно одинаковыми зарядами  $Q = 100 \text{ нКл}$ . Определить энергию электростатического поля, заключенного между этими сферами.

Дано	Решение
$R_1 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ $R_2 = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$ $Q = 100 \text{ нКл} = 10^{-7} \text{ Кл}$ <hr/> $W = ?$	$w = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \Big _{\epsilon=1} = \frac{\epsilon_0 E^2}{2},$ $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad W = \int w dV,$ $dV = 4\pi r^2 dr, \quad W = \int_{R_1}^{R_2} \frac{\epsilon_0 Q^2}{2 (4\pi\epsilon_0)^2 r^4} dr = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right).$



**Ответ**

$$W = 135 \text{ мкДж.}$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

66. Сплошной эбонитовый шар ( $\epsilon = 3$ ) радиусом  $R = 5 \text{ см}$  заряжен равномерно с объемной плотностью  $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3$ . Определить энергию электростатического поля, заключенную внутри шара.

Дано	Решение
$\epsilon = 3$ $R = 5 \text{ см}$ $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3 = 10^{-8} \text{ Кл/м}^3$	$dW = w dV, w = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \quad E = \frac{D}{\epsilon \epsilon_0}, dV = 4\pi r^2 dr$
$W = ?$	$\oint_S D_n dS = \int_V \rho dV, \quad D \cdot 4\pi r^2 = \rho \frac{4}{3} \pi r^3, \quad D = \frac{\rho r}{3},$
$w = \frac{D^2}{2\epsilon_0 \epsilon} = \frac{\rho^2 r^2}{18\epsilon_0 \epsilon},$	$W = \int w dV = \int_0^R w \cdot 4\pi r^2 dr = \frac{\rho^2 \cdot 4\pi}{18\epsilon_0 \epsilon} \int_0^R r^4 dr =$
$= \frac{2\pi \rho^2 r^5}{9\epsilon_0 \epsilon} \Big _0^R = \frac{2\pi \rho^2}{45\epsilon_0 \epsilon} R^5.$	<b>Ответ</b> $W = 0,164 \text{ пДж.}$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

67. Сплошной шар из диэлектрика радиусом  $R = 5 \text{ см}$  заряжен равномерно с объемной плотностью  $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3$ . Определите энер электростатического поля, заключенную в окружающем шар пространстве.

**Ответ** )  $W = 2,46 \text{ пДж.}$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

68. Шар, погруженный в масло ( $\epsilon = 2,2$ ), имеет поверхностную плотность заряда  $\sigma = 1 \text{ мкКл/м}^2$  и потенциал  $\varphi = 500 \text{ В}$ . Определить: 1) радиус шара; 2) заряд шара; 3) емкость шара; 4) энергию шара.

Дано	Решение
$\epsilon = 2,2$ $\sigma = 1 \text{ мкКл/м}^2 = 10^{-6} \text{ Кл/м}^2$ $\varphi = 500 \text{ В}$	$Q = \sigma S = \sigma \cdot 4\pi R^2, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon} \frac{Q}{R} = \frac{\sigma R}{\epsilon_0 \epsilon},$
1) $R = ?$ 2) $Q = ?$ 3) $C = ?$ 4) $W = ?$	$R = \frac{\epsilon_0 \epsilon \varphi}{\sigma}, \quad C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon R, \quad W = \frac{Q\varphi}{2}.$
	<b>Ответ</b> 1) $R = 9,74 \text{ мм};$ 2) $Q = 1,19 \text{ нКл};$ 3) $C = 2,38 \text{ пФ};$ 4) $W = 10,3 \text{ мкДж.}$

69. В однородное электростатическое поле напряженностью  $E_0 = 700 \text{ В/м}$  перпендикулярно полю поместили стеклянную пластинку ( $\epsilon = 7$ ) толщиной  $d = 1,5 \text{ мм}$  и площадью  $200 \text{ см}^2$ . Определить: 1) поверхностную плотность связанных зарядов на стекле; 2) энергию электростатического поля, сосредоточенную в пластине.

Дано	Решение
$E_0 = 700 \text{ В/м}$ $\epsilon = 7$ $d = 1,5 \text{ мм} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $S = 200 \text{ см}^2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$	$E = \frac{E_0}{\epsilon}, \quad D = \epsilon_0 \epsilon E, \quad D = \epsilon_0 E + P,$
$\sigma' = ?$	$\sigma' = P = \epsilon_0 (\epsilon - 1) E = \frac{\epsilon_0 (\epsilon - 1) E_0}{\epsilon},$
$W = ?$	$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} \cdot Sd = \frac{\epsilon_0 E_0^2}{2\epsilon} \cdot Sd.$
	<b>Ответ</b> $\sigma' = 5,31 \text{ нКл/м}^2;$ $W = 9,29 \text{ пДж.}$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

70. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $C = 10 \text{ пФ}$  заряжен до разности потенциалов  $U_1 = 500 \text{ В}$ . После отключения конден от источника напряжения расстояние между пластинами конденсатора было

увеличено в 3 раза. Определите: 1) разность потенциалов на обкладках конденсатора после их раздвижения; 2) работу внешних сил по раздвижению пластин.

**Ответ** ) 1)  $U_2 = 1,5$  кВ; 2)  $A = 2,5$  мкДж.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

71. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов  $U_1 = 500$  В. Площадь пластин  $S = 200$  см<sup>2</sup>, расстояние между ними  $d_1 = 1,5$  мм. Пластины раздвинули до расстояния  $d_2 = 15$  мм. Найти энергию  $W_1$  и  $W_2$  конденсатора до и после раздвижения пластин, если источник напряжения перед раздвижением: 1) отключался; 2) не отключался.

Дано	Решение
$U_1 = 500$ В $S = 200$ см <sup>2</sup> = $2 \cdot 10^{-2}$ м <sup>2</sup> $d_1 = 1,5$ мм = $1,5 \cdot 10^{-3}$ м $d_2 = 15$ мм = $1,5 \cdot 10^{-2}$ м 1) $Q = \text{const}$ 2) $U = \text{const}$	$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}, \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2},$ 1) $Q = \text{const} \quad C_1 U_1 = C_2 U_2,$ $W_1 = \frac{C_1 U_1^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S U_1^2}{2 d_1},$ $W_2 = \frac{C_2 U_2^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S d_2^2 U_1^2}{2 d_2 d_1^2} = W_1 \frac{d_2}{d_1};$ 2) $U = \text{const} \quad Q_1 = C_1 U_1, \quad Q_2 = C_2 U_1,$ $W_1 = \frac{C_1 U_1^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S U_1^2}{2 d_1}, \quad W_2 = \frac{C_2 U_1^2}{2} = \frac{\epsilon_0 S U_1^2 d_1}{2 d_2 d_1} = W_1 \frac{d_1}{d_2}.$

**Ответ** ) 1)  $W_1 = 14,8$  мкДж,  $W_2 = 148$  мкДж;  
 2)  $W_1 = 14,8$  мкДж,  $W_2 = 1,48$  мкДж.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

72. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора  $U = 100$  В. Площадь каждой пластины  $S = 200$  см<sup>2</sup>, расстояние между пластинами  $d = 0,5$  мм, пространство между ними заполнено парафином ( $\epsilon = 2$ ). Определить силу притяжения пластин друг к другу.

Дано	Решение
$U = 100$ В $S = 200$ см <sup>2</sup> = $2 \cdot 10^{-2}$ м <sup>2</sup> $d = 0,5$ мм = $0,5 \cdot 10^{-3}$ м $\epsilon = 2$ $F = ?$	$ F  = \frac{Q^2}{2\epsilon_0 \epsilon S}, \quad Q = CU,$ $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}, \quad F = \left( \frac{\epsilon_0 \epsilon S U}{d} \right)^2 \frac{1}{2\epsilon_0 \epsilon S} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d^2}.$

**Ответ** )  $F = 7,08$  мН.

[studyport.ru](http://studyport.ru)

73. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено слюдой ( $\epsilon = 7$ ). Площадь пластин конденсатора составляет 50 см<sup>2</sup>. Определить поверхностную плотность связанных зарядов на слюде, если пластины конденсатора притягивают друг друга с силой 1 мН.

<i>Дано</i>	<i>Решение</i>
$\epsilon = 7$ $S = 50 \text{ см}^2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ $F = 1 \text{ мН} = 10^{-3} \text{ Н}$	$Q = \sigma S, \quad  F  = \frac{Q^2}{2\epsilon_0\epsilon S} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0\epsilon},$
$\sigma' = ?$	$\sigma = \sqrt{\frac{2\epsilon_0\epsilon F}{S}}, \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon} = \sqrt{\frac{2F}{\epsilon_0\epsilon S}},$
	$\sigma' = \epsilon_0(\epsilon - 1)E = (\epsilon - 1)\sqrt{\frac{2F\epsilon_0}{\epsilon S}}.$

**Ответ**

$$\sigma' = 4,27 \text{ мкКл/м}^2.$$

[studyport.ru](http://studyport.ru)

74. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ( $\epsilon = 7$ ). Когда конденсатор присоединили к источнику напряжения, давление пластин на стекло оказалось равным 1 Па. Определить: 1) поверхностную плотность зарядов на пластинах конденсатора; 2) электростатическое смещение; 3) напряженность электростатического поля в стекле; 4) поверхностную плотность связанных зарядов на стекле; 5) объемную плотность энергии электростатического поля в стекле.

<i>Дано</i>	<i>Решение</i>
$\epsilon = 7$ $\rho = 1 \text{ Н/м}^2$	$ F  = \frac{Q^2}{2\epsilon_0\epsilon S} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0\epsilon}, \quad \rho = \frac{ F }{S} = \frac{\sigma^2}{2\epsilon_0\epsilon},$
1) $\sigma$ — ? 2) $D$ — ? 3) $E$ — ? 4) $\sigma'$ — ? 5) $w$ — ?	1) $\sigma = \sqrt{2\epsilon_0\epsilon\rho},$ 2) $D = \sigma,$ 3) $E = \frac{D}{\epsilon_0\epsilon},$ 4) $\sigma' = \kappa\epsilon_0 E = \epsilon_0(\epsilon - 1)E,$ 5) $w = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2}{2}.$

**Ответ**

- 1)  $\sigma = 11,1 \text{ мкКл/м}^2;$
- 2)  $D = 11,1 \text{ мкКл/м}^2;$
- 3)  $E = 179 \text{ кВ/м};$
- 4)  $\sigma' = 9,5 \text{ мкКл/м}^2;$
- 5)  $w = 0,992 \text{ Дж/м}^3.$

.....  
*Сила притяжения между двумя разноименно заряженными обкладками конденсатора*

$$|F| = \frac{Q}{2\epsilon_0\epsilon S} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0\epsilon} = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2 S}{2}.$$