

Точечный заряд  $q$  создаёт на расстоянии  $R$  электрическое поле напряжённостью  $E_0 = 62,5 \text{ В/м}$ . Три концентрические сферы радиусами  $R$ ,  $2R$  и  $3R$  несут равномерно распределённые по их поверхности заряды  $q_1 = +2q$ ,  $q_2 = -q$ , и  $q_3 = +q$ , соответственно. Чему равна напряжённость поля в точке  $A$ , отстоящей от общего центра сфер на расстоянии  $RA = 2,5 R$ ?

### Решение

1. Напряжённость поля от заданного заряда, расположенного в центре сфер:

$$E_0 = k \frac{q}{R^2} = 62,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

2. Поскольку заряд сфер сосредоточен на их поверхности, то сферы, проводящие и их можно рассматривать как соответствующие точечные заряды, расположенные в центре.

3. У проводящей сферы напряжённость поля при  $r \leq R$  равна нулю, поэтому внешняя сфера при дальнейшем рассмотрении может не учитываться.

4. В соответствии с принципом суперпозиции электрических полей результирующая напряжённость в точке  $A$  определится в виде:

$$E_A = E_1 - E_2 = k \frac{2q}{(2,5R)^2} - k \frac{q}{(2,5R)^2} = \frac{2E_0}{6,25} - \frac{E_0}{6,25} = 10 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

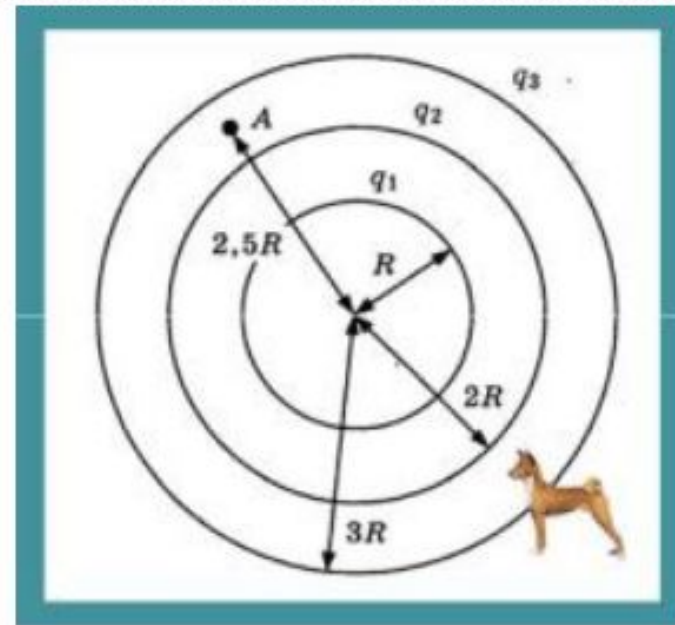


Рис. 260. Заряженные сферы

261. Проводящий шар радиусом  $r = 5$  см с зарядом  $q = 4$  нКл окружён сферической оболочкой из диэлектрика радиусом  $R = 10$  см с диэлектрической проницаемостью вещества  $\epsilon = 2$ . Найти напряжённости поля на внутренней (1) и внешней (2) поверхностях диэлектрика.

### Решение

1. Напряжённость поля в точке 1, на поверхности заряженной сферы (точка лежит в диэлектрической среде):

$$E_1 = \frac{kq}{\epsilon r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 25 \cdot 10^{-4}} = 7,2 \frac{\text{кВ}}{\text{м}};$$

2. Напряжённость поля в точке 2:

$$E_2 = \frac{kq}{\epsilon R^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{2 \cdot 0,01} = 1,8 \frac{\text{кВ}}{\text{м}};$$

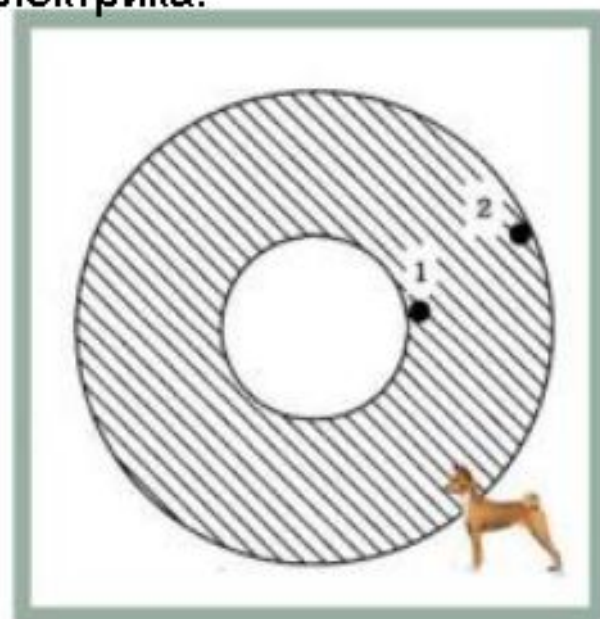


Рис. 261. Диэлектрический шаровой слой

263. Конденсатор, электрическая ёмкость которого  $C_1 = 5$  мкФ, заряжен так, что разность потенциалов между его пластинами  $U_1 = 80$  В. Второй конденсатор, электрическая ёмкость которого  $C_2 = 10$  мкФ, имеет разность потенциалов между пластинами  $U_2 = 50$  В. Разноимённо заряженные пластины попарно соединяют. Чему станет равен модуль разности потенциалов?

101

### Решение

1. Заряды конденсаторов до соединения:

$$Q_1 = C_1 U_1; \quad Q_2 = C_2 U_2;$$

2. Заряд батареи после соединения клемм разноимёнными полюсами:

$$Q_0 = Q_1 - Q_2 = C_1 U_1 - C_2 U_2;$$

3. Электрическая ёмкость параллельно соединённых конденсаторов:

$$C_0 = C_1 + C_2;$$

4. В соответствии с законом сохранения заряда:

$$C_0 U_0 = C_2 U_2 - C_1 U_1; \quad U_0 = \frac{C_2 U_2 - C_1 U_1}{C_1 + C_2} = \frac{10 \cdot 50 - 5 \cdot 80}{15} = 6,67 \text{ В};$$

Точечный заряд  $10 \text{ нКл}$  переместили в однородном электростатическом поле, напряжённость которого  $400 \text{ кВ/м}$ . Учитывая, что вектор перемещения составляет угол  $30^\circ$  с вектором напряжённости, а модуль перемещения равен  $0,2 \text{ м}$ . Ответьте на вопросы.

- Чему равна работа поля по перемещению заряда?
- Как при этом изменилась потенциальная энергия заряда?
- Потенциал какой точки выше — начальной или конечной? Насколько выше?

$$q = 10 \text{ нКл} = 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$E = 400 \text{ к} \frac{\text{В}}{\text{м}} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$S = 0,2 \text{ м}$$

$$\text{а) } A = FS \cos \alpha; \quad F = qE; \quad \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$A = EqS \cos \alpha = 4 \cdot 10^5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 0,7 \text{ мДж}$$

$$\text{б) } A = -\Delta E_p$$

Уменьшилась на  $0,7 \text{ Дж}$

$$\text{в) } A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} = \frac{0,693 \cdot 10^{-3}}{10^{-8}} = 69,3 \text{ кВ}$$

$$\varphi_1 = 69,3 \cdot 10^3 + \varphi_2$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 - 69,3 \cdot 10^3$$

Потенциал начальной точки выше, чем конечной на  $69,3 \text{ кВ}$

25. Точечный заряд  $6 \text{ мкКл}$  перемещают в однородном электростатическом поле напряжённостью  $500 \text{ В/м}$  из точки  $A$  в точку  $B$  (рис. 38.8). Чему равна работа электростатического поля по перемещению этого заряда?

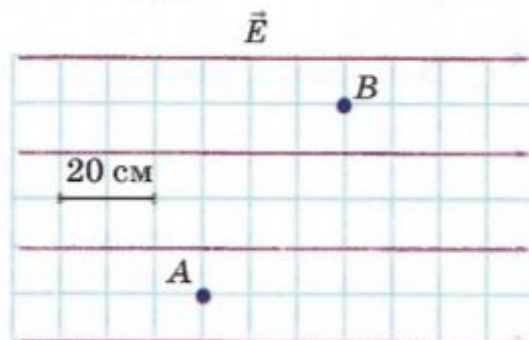


Рис. 38.8

Дано	СИ	Решение
$q = 6 \text{ мкКл}$	$6 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$	$A = FS$
$E = 500 \text{ В/м}$		$F = qE$
$S = 30 \text{ см (по рис. 38.8)}$	$0,3 \text{ м}$	$A = qES$
$A = ?$		

$$A = 6 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ мДж}$$

Ответ:  $A = 0,9 \text{ мДж}$





30. Маленький заряженный шарик массой 0,2 г с зарядом 30 нКл подвешен на нити между вертикальными обкладками воздушного конденсатора, расстояние между которыми 5 см. Когда шарик находится в равновесии, нить отклонена на угол  $30^\circ$  от вертикали.

- Чему равна сила, действующая на шарик со стороны электрического поля?
- Чему равен модуль напряжённости электрического поля в конденсаторе?
- Чему равно напряжение на конденсаторе?

Дано	СИ
$m = 0,2 \text{ г}$	$0,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$
$q = 30 \text{ нКл}$	$30 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$
$d = 5 \text{ см}$	$5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
$\alpha = 30^\circ$	

а)  $T \sin \alpha = ?$   
 б)  $E = ?$   
 в)  $U = ?$

Решение:

а)  $T \sin \alpha = F_z$   
 б)  $T \cos \alpha = mg$

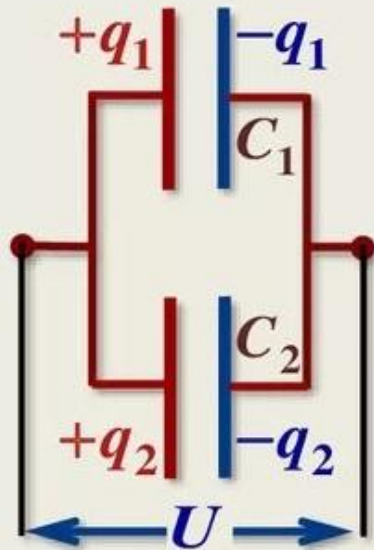
а)  $T = \frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{9,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 2}{\sqrt{3}} = 2,31 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$   
 $F_z = T \sin \alpha = 2,31 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 1,2 \text{ мН}$

б)  $F_z = Eq$ ;  $E = \frac{F_z}{q} = \frac{1,16 \cdot 10^{-3}}{30 \cdot 10^{-9}} = 3,8 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

в)  $U = Ed = 3,8 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 19 \cdot 10^2 \text{ В}$   
 $U = 1,9 \cdot 10^3 \text{ В} = 1,9 \text{ кВ}$

# Соединения конденсаторов

## ◆ Параллельное соединение



Емкость:

Заряд батареи конденсаторов:

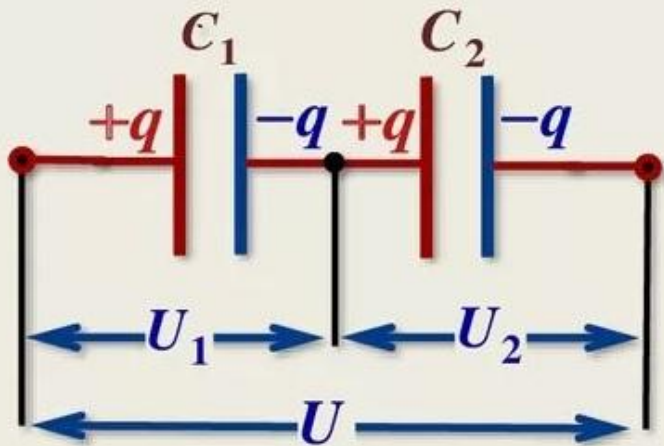
$$q = q_1 + q_2.$$

Напряжение:  $U = U_1 = U_2.$

$$CU = C_1U_1 + C_2U_2, \quad \text{так как} \quad U = U_1 = U_2 \Rightarrow$$

$$C = C_1 + C_2.$$

## ◆ Последовательное



Заряд:  $q = q_1 = q_2.$

Напряжение:  $U = U_1 + U_2.$

Емкость:  $\frac{q}{C} = \frac{q_1}{C_1} + \frac{q_2}{C_2}.$

так как  $q = q_1 = q_2 \Rightarrow$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$



Домашнее задание:

стр. **115** №**17-19**

стр. **124** № **31**

стр. **133** № **33**