

## Тема 2.1. Электрическое поле (5-е занятие)

### Практическое занятие. Решение задач на тему: Электрическая емкость проводника. Конденсаторы

Рассмотрим примеры по определению электрической емкости проводника и конденсатора (Сборник задач и вопросов по физике для СПУЗов (колледжей) под редакцией Р. А. Гладковой):

11.7. Определить емкость уединенного проводящего шара. Шар находится в воздухе, его диаметр равен 3,0 см.

*Дано:*  $\varepsilon = 1$ ,  $d = 2r = 3,0 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ,  $r = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ,  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ .

*Найти:*  $C$  – емкость шара.

Решение. Емкость уединенного шара равна

$$C_{\text{ш}} = q_{\text{ш}} / \varphi_{\text{ш}},$$

где  $\varphi_{\text{ш}} = q_{\text{ш}} / 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r$  – потенциал уединенного проводящего шара.

Поэтому,

$$C_{\text{ш}} = q_{\text{ш}} / \varphi_{\text{ш}} = q_{\text{ш}} / (q_{\text{ш}} / 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r) = 4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r.$$

Подставляя числовые данные, вычислим

$$C_{\text{ш}} = 4 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} = 166,7 \cdot 10^{-14} = 1,7 \cdot 10^{-12} \text{ (Ф)}$$

Ответ:  $C_{\text{ш}} = 1,7 \text{ пФ}$ .

11.11. Потенциалы шариков с емкостью 6,0 и 9,0 пФ равны 200 и 800 В соответственно. Найти суммарный заряд и потенциал шариков после их соединения.

*Дано:*  $C_1 = 6,0 \text{ пФ} = 6 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$ ,  $C_2 = 9,0 \text{ пФ} = 9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$ ,  $\varphi_1 = 200 \text{ В}$ ,  $\varphi_2 = 800 \text{ В}$ .

*Найти:*  $q$  – суммарный заряд;

$\varphi$  – общий потенциал.

Решение. а) По закону сохранения заряда после соединения шариков количество зарядов равно сумме зарядов шариков:

$$q = q_1 + q_2,$$

где  $q_1 = C_1\varphi_1$  – заряд первого шарика;  $q_2 = C_2\varphi_2$  – заряд второго шарика.

Поэтому суммарный заряд шариков равно

$$q = C_1\varphi_1 + C_2\varphi_2.$$

Подставляя числовые данные, вычислим

$$q = 6,0 \cdot 10^{-12} \cdot 200 + 9,0 \cdot 10^{-12} \cdot 800 = 1200 \cdot 10^{-12} + 7200 \cdot 10^{-12} = 8400 \cdot 10^{-12} = 8,4 \cdot 10^{-9} \text{ (Кл)}.$$

б) Общий потенциал равен среднему значению потенциалов шариков:

$$\varphi = (\varphi_1 + \varphi_2) / 2.$$

Подставляя числовые данные, вычислим

$$\varphi = (200 + 800) / 2 = 1000 / 2 = 500 \text{ (В)}.$$

Ответ: а)  $q = 8,4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ ;

б)  $\varphi = 500 \text{ В}$ .

11.23. Плоский воздушный конденсатор емкостью  $1,6 \cdot 10^3 \text{ пФ}$  зарядили до разности потенциалов 500 В, отключили от источника питания и увеличили расстояние между пластинами в три раза. Определить разность потенциалов на пластинах конденсатора после их раздвижения и работу, совершенную внешними силами для раздвижения пластин.

*Дано:*  $C_1 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ пФ} = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$ ,  $\Delta\varphi_1 = 500 \text{ В}$ ,  $d_2 = 3d_1$ ,  $q = q_1 = q_2$ ,  $S = S_1 = S_2$ .

Найти: а)  $\Delta\varphi_2$  – разность потенциалов,

б)  $A$  – работу, совершенную при раздвижении пластин.

Решение. а) Разность потенциалов и электрическая емкость связаны по формуле

$$C = q/\Delta\varphi, \text{ отсюда } \Delta\varphi = q/C.$$

Запишем эту формулу до и после раздвижения пластин конденсатора:

$$\Delta\varphi_1 = q/C_1 \text{ и } \Delta\varphi_2 = q/C_2.$$

Разделим вторую формулу на первую:

$$\Delta\varphi_2/\Delta\varphi_1 = C_1/C_2, \text{ отсюда находим } \Delta\varphi_2 = \Delta\varphi_1 C_1/C_2.$$

Здесь  $C_2$  неизвестна и поэтому воспользуемся формулой емкости плоского конденсатора

$$C = \varepsilon\varepsilon_0 S/d.$$

Запишем эту формулу до и после раздвижения пластин:

$$C_1 = \varepsilon\varepsilon_0 S/d_1 \text{ и } C_2 = \varepsilon\varepsilon_0 S/3d_1.$$

Разделим вторую формулу на первую:

$$C_2/C_1 = 1/3, \text{ отсюда находим } C_2 = C_1/3.$$

Подставляем выражение  $C_2$  в формулу разности потенциалов и получим

$$\Delta\varphi_2 = \Delta\varphi_1 C_1/C_2 = \Delta\varphi_1 C_1/(C_1/3) = 3\Delta\varphi_1.$$

Подставляя числовые данные, вычислим

$$\Delta\varphi_2 = 3 \cdot 500 \text{ В} = 1500 \text{ В} = 1,5 \text{ кВ}.$$

б) При раздвижении пластин конденсатора энергия заряженного конденсатора увеличивается за счет работы, совершаемой внешними силами по раздвижению пластин. Поэтому работа будет равна разности энергий конденсатора до и после раздвижения пластин

$$A = W_{\text{эл2}} - W_{\text{эл1}}.$$

Здесь  $W_{\text{эл1}} = C_1 U_1^2 / 2$ ;  $W_{\text{эл2}} = C_2 U_2^2 / 2 = (C_1/3) U_2^2 / 2$ .

Поэтому

$$A = (C_1/3) U_2^2 / 2 - C_1 U_1^2 / 2 = C_1 U_2^2 / 6 - C_1 U_1^2 / 2 = (C_1/6)(U_2^2 - 3U_1^2).$$

Подставляя числовые данные, вычислим:

$$A = (1,6 \cdot 10^{-9}/6)(22,5 \cdot 10^5 - 3 \cdot 2,5 \cdot 10^5) = (1,6 \cdot 10^{-9}/6)(22,5 \cdot 10^5 - 7,5 \cdot 10^5) = (1,6 \cdot 10^{-9}/6)(15 \cdot 10^5) = 4 \cdot 10^{-4} \text{ (Дж)}.$$

Ответ: а)  $\Delta\varphi_2 = 1,5 \text{ кВ}$ ;

б)  $A = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$ .

Домашнее задание. Решить задачу:

11.6. При сообщении проводнику заряд 8 мКл его потенциал становится равным 1 кВ. Определить емкость проводника.