

Урок № 43-44

Тема уроку: Розв'язування задач з теми «Електроємність. З'єднання конденсаторів»

Мета уроку:

- навчальна – закріпити знання учнів з теми;
- розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;
- виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

Задача 1. Електрон влітає в плоский повітряний конденсатор паралельно його пластинам із швидкістю $6 \cdot 10^7$ м/с. Відстань між ними дорівнює 1 см, а різниця потенціалів становить 600 В. Знайти відхилення електрона, викликане електричним полем конденсатора, якщо довжина його пластини становить 5 см.

Дано:

$$v = 6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$$

$$d = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$$

$$U = 600 \text{ В}$$

$$l = 500 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$h = ?$$

Розв'язування

На електрон, що влетів в електричне поле, діє сила $F = |e| \cdot E$, де $E = \frac{U}{d}$. Оскільки напруженість електричного поля спрямована вгору (рис. 3), то сила, що діє на електрон, напрямлена донизу.

Рух електрона можна розглядати як суперпозицію двох незалежних рухів, що здійснюються в горизонтальному і вертикальному напрямках. У горизонтальному напрямку електрон, як і раніше, рухатиметься рівномірно, оскільки в цьому напрямку на нього не діють жодні сили. Одночасно під дією електричної сили він рівноприскорено переміщається вниз. Траєкторією його руху є парабола.

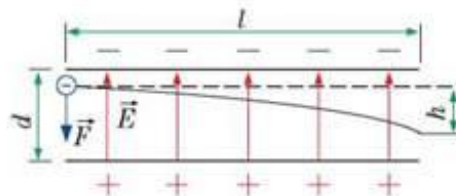


Рис. 3

Рух електрона в конденсаторі подібний до руху тіла, кинутого горизонтально. За час руху в конденсаторі електрон пролетить горизонтальну

відстань $l = vt$ (1), а вертикально переміститься вниз на відстань $h = \frac{at^2}{2}$ (2), де a — прискорення.

Розв'язуючи систему рівнянь (1) і (2), отримаємо $h = \frac{a \cdot l^2}{2v^2}$ (3).

Щоб визначити прискорення, застосуємо рівняння другого закону Ньютона. Оскільки на електрон у вертикальному напрямку діє лише одна сила F (силою тяжіння, що діє на електрон, нехтуємо), то $F = ma$, або

$$a = \frac{|e| \cdot E}{d \cdot m} \quad (4).$$

Підставляючи вираз (4) у (3):

$$\text{отримуємо } h = \frac{l^2 |e| U}{2v^2 d m}; \quad h = \frac{(5 \cdot 10^{-2})^2 \text{ м}^2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 600 \text{ В}}{2 \cdot (6 \cdot 10^7)^2 \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2} \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}} \approx 3,65 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Відповідь: $h \approx 3,65 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$

Задача 2. Три конденсатори ємностями $C_1 = 0,2$ мкФ, $C_2 = C_3 = 0,4$ мкФ з'єднані між собою, як показано на малюнку 26, і приєднані до джерела постійного струму $U_{AB} = 250$ В. Визначте загальний електричний заряд, заряд і різницю потенціалів на кожному з конденсаторів.

Дано:

$$C_1 = 0,2 \text{ мкФ}$$

$$C_2 = C_3 = 0,4 \text{ мкФ}$$

$$U_{AB} = 250 \text{ В}$$

$$q - ?; q_1 - ?$$

$$q_2 - ?; q_3 - ?$$

$$U_1 - ?; U_2 - ?$$

$$U_3 - ?$$

Розв'язання:

Загальний заряд визначимо за формулою $q = CU_{AB}$, де C — ємність батареї конденсаторів, яку знайдемо з формули змішаного з'єднання:

$$C = \frac{C_1(C_2 + C_3)}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{2C_1C_2}{C_1 + 2C_2}$$

$$\text{Заряд, накопичений батареєю, } q = \frac{2C_1C_2}{C_1 + C_2} U_{AB}$$

Підставимо числові значення:

$$q = \frac{2 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 250 \text{ В}}{0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} + 2 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} \approx 4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

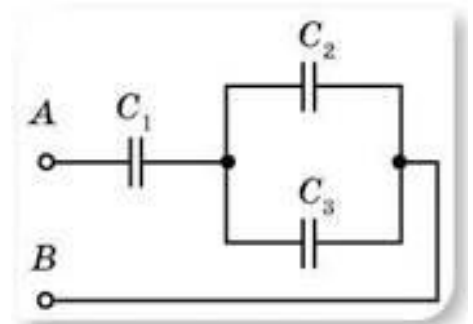
Заряд першого конденсатора такий самий, як і загальний заряд, $q_1 = q$, а заряди на двох інших конденсаторах — $q_2 = q_3 = \frac{q}{2}$. Отже, заряди на окремих конденсаторах: $q_1 = 4 \cdot 10^{-5}$ Кл, $q_2 = q_3 = 2 \cdot 10^{-5}$ Кл.

Знаючи ємність і заряд кожного конденсатора, можемо визначити різницю потенціалів на їх обкладках.

$$U_1 = \frac{4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}}{0,2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 200 \text{ В}; U_2 = U_3 = \frac{2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}}{0,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}} = 50 \text{ В.}$$

$$\text{Відповідь: } q = q_1 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}; q_2 = q_3 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}; U_1 = 200 \text{ В}; U_2 = U_3 = 50 \text{ В.}$$

Задача 3. З якою силою взаємодіють пластини плоского конденсатора площею 100 см^2 , якщо різниця потенціалів між ними 500 В, а відстань 3 мм ?



Дано:

$$U = 500 \text{ В}$$

$$S = 100 \text{ см}^2 =$$

$$= 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$d = 3 \text{ мм} =$$

$$= 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\epsilon = 1$$

$$F = ?$$

Розв'язання:

Робота електричного поля дорівнює зміні енергії електричного поля.

$$A = Eqd = F \cdot d; W_e = \frac{CU^2}{2}$$

Електроємність плоского конденсатора знаходимо за

$$\text{формулою } C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$$

$$\text{Тоді } W_e = \frac{\epsilon\epsilon_0 S U^2}{2d}$$

$$A = W_e, \text{ отже, } \frac{\epsilon\epsilon_0 S U^2}{2d} = Fd; F = \frac{\epsilon\epsilon_0 S U^2}{2d^2};$$

$$[F] = \frac{\text{Ф} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{В}^2}{\text{м} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{В}^2}{\text{В} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Кл} \cdot \text{Дж}}{\text{Кл} \cdot \text{м}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{Н};$$

$$F = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-2} \cdot 500^2}{2 \cdot (3 \cdot 10^{-3})^2} = 12,3 \cdot 10^{-4} \text{ (Н)} = 1,23 \text{ мН.}$$

Відповідь: $F = 1,23 \text{ мН.}$

Домашнє завдання

виконати впр.8-10 с.39, повторити §1-5 за підручником №2, підготуватися до КР.

Урок 44

Матеріал до уроку

Задача 1. Визначити ємність батареї конденсаторів, якщо $C_1 = 1 \text{ мкФ}$, $C_2 = 2 \text{ мкФ}$, $C_3 = 3 \text{ мкФ}$, $C_4 = 4 \text{ мкФ}$.

Дано:

$$C_1 = 1 \text{ мкФ} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$C_2 = 2 \text{ мкФ} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$C_3 = 3 \text{ мкФ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$C_4 = 4 \text{ мкФ} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$C - ?$

Розв'язання

Послідовне з'єднання конденсаторів:

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$C_{12} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_{12} = \frac{1 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6}} \approx 0,67 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

Паралельне з'єднання конденсаторів:

$$C_{123} = C_{12} + C_3 \quad [C_{123}] = \text{Ф} + \text{Ф} = \text{Ф}$$

$$C_{123} = 0,67 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6} = 3,67 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

Послідовне з'єднання конденсаторів:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_{123}} + \frac{1}{C_4} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{C_{123} C_4}{C_{123} + C_4}$$

$$C = \frac{3,67 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 10^{-6}}{3,67 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^{-6}} = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ (Ф)}$$

Відповідь: $C = 1,9 \text{ мкФ}$.

Задача 2. Відстань між пластинами плоского повітряного конденсатора, під'єданого до джерела живлення з напругою 180 В, дорівнює 5 мм. Площа його пластин становить 175 см^2 . Знайти роботу, яка здійснюється під час розсування пластин конденсатора до відстані 12 мм, якщо його від'єдали від джерела.

Дано:

$$U = 180 \text{ В}$$

$$d_1 = 5 \text{ мм} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$d_2 = 12 \text{ мм} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$S = 175 \text{ см}^2 = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$A_1 = ?; A_2 = ?$$

Розв'язування

1. Робота, що здійснюється в першому випадку, дорівнює зміні енергії конденсатора, тобто: $A_1 = \Delta W = W_2 - W_1$ (1), де

$$W_1 = \frac{q^2}{2C_1} \text{ — енергія і } C_1 = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d_1} \text{ — ємність}$$

конденсатора до розсування пластин;

$$W_2 = \frac{q^2}{2C_2} \text{ і } C_2 = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d_2} \text{ — відповідно після розсування. Якщо конденсатор}$$

від'єднано від джерела, то заряд q на його пластинах залишається постій-

$$\text{ним: } q = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U}{d_1}.$$

Враховуючи вирази W_1 , W_2 , C_1 , C_2 і q , формулу (1) запишемо так:

$$A = \frac{\epsilon_0^2 \epsilon^2 S^2 U^2 d_2}{2d_1^2 \epsilon_0 \epsilon S} - \frac{\epsilon_0^2 \epsilon^2 S^2 U^2 d_1}{2d_1^2 \epsilon_0 \epsilon S} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d_1^2} (d_2 - d_1);$$

$$A = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 180^2 \text{ В}^2 \cdot (12 - 5) \cdot 10^{-3} \text{ м}}{2 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2 \text{ м}^2} = 705 \cdot 10^{-9} \text{ Дж} = 705 \text{ нДж}.$$

Відповідь: $A = 705 \text{ нДж}$.

Задача 3. Плоский конденсатор складається з двох розділених повітряним проміжком пластин площею $S = 100 \text{ см}^2$ кожна. При наданні одній з пластин заряду $q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ між пластинами виникла напруга $U = 120 \text{ В}$. На якій відстані одна від одної знаходяться ці пластини.

Дано:

$$S = 100 \text{ см}^2$$

$$q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\epsilon = 1$$

$$U = 120 \text{ В}$$

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

$$d = ?$$

Відповідь: $d = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

СІ:

$$100 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Розв'язання:

Скористаємося формулою для електроємності

$$\text{плоского конденсатора: } C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}.$$

Звідки відстань, на якій розміщено пластини конденсатора:

$$\text{Але } \left. \begin{aligned} d &= \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{C} \\ C &= \frac{q}{U} \end{aligned} \right\} \Rightarrow d = \frac{\epsilon\epsilon_0 S U}{q}$$

$$[d] = \frac{\frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{В}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Кл}}{\text{В} \cdot \text{м}} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{В}}{\text{Кл}} = \text{м}$$

$$d = \frac{1,885 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^{-4} \cdot 120}{5 \cdot 10^{-9}} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$$

Розв'язати тестові завдання

1. Електричний заряд на одній пластині конденсатора $+2$ Кл, на другій -2 Кл. Напруга між пластинами становить 5 кВ. Чому дорівнює електрична ємність конденсатора?
 - а) 20 мкФ;
 - б) 400 мкФ;
 - в) 800 мкФ;
 - г) 2500 мкФ.
2. Конденсатор був заряджений до 10 В. Унаслідок розрядження конденсатора в електричному колі виділилася енергія $0,05$ Дж. Який заряд був на обкладці конденсатора?
 - а) $0,0001$ Кл;
 - б) $0,001$ Кл;
 - в) $0,01$ Кл;
 - г) $0,1$ Кл.
3. Як змінюється електроємність конденсатора після видалення із нього діелектрика з діелектричною провідністю 2 ?
 - а) збільшується у 4 рази;
 - б) зменшується у 2 рази;
 - в) збільшується у 2 рази;
 - г) зменшується у 4 рази.
4. Як зміниться електроємність плоского конденсатора в разі збільшення відстані між його пластинами в 4 рази?
 - а) збільшується у 4 рази;
 - б) зменшується у 4 рази;
 - в) збільшується у 16 рази;
 - г) зменшується у 16 рази.
5. Плоский повітряний конденсатор зарядили і відключили від джерела струму. Як зміниться енергія електричного поля всередині конденсатора, якщо відстань між пластинами конденсатора зменшити в 3 рази?
 - а) збільшується у 9 разів;
 - б) зменшується у 3 рази;
 - в) збільшується у 3 рази;
 - г) зменшується у 9 разів.

6. Якщо розсовувати пластини конденсатора, приєднаного до клем гальванічного елемента;
- а) його енергія зменшується, оскільки при незмінній різниці потенціалів між пластинами ємність конденсатора зменшується;
 - б) його енергія збільшується, так як сила, що розсовує пластини, здійснює роботу;
 - в) його енергія зменшується, так як збільшується відстань між позитивними і негативними зарядами на пластинах;
 - г) його енергія збільшується, оскільки при незмінному заряді на пластинах конденсатора його ємність зменшується.

Оголошення домашнього завдання

переписати задачі і розв'язати тестові завдання

Зворотній зв'язок

- **Viber** 0662728430
- **E-mail** partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua

!!!! у повідомленні з д/з не забуваєм вказувати прізвище, групу і дату уроку