

Фізика 10

Урок 95 Електроємність. Конденсатори. Енергія зарядженого конденсатора

Мета уроку:

Навчальна: Формувати знання про електроємність як фізичну величину, уявлення про конденсатори, типи конденсаторів та застосування в сучасній техніці; формувати знання про електроємність плоского конденсатора, батареї конденсаторів, енергію зарядженого конденсатора.

Розвивальна. Сприяти збагаченню словникового запасу; формуванню пізнавальної самостійності; розвитку спостережливості, уваги, пам'яті, уяви, мислення; виробленню звички до планування своїх дій.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Чи можливо накопичувати електричні заряди?

Якщо так, то де це можна використати?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Електроємність

Електроємність характеризує здатність провідників або системи з кількох провідників накопичувати електричний заряд.

Розрізняють електроємність *відокремленого провідника* та електроємність *системи провідників* (наприклад, конденсатора).

Електроємність відокремленого провідника (C) – фізична величина, яка характеризує здатність провідника накопичувати заряд і дорівнює відношенню електричного заряду q відокремленого провідника до його потенціалу φ :

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad [C] = 1 \text{ Ф (фарад)} \quad 1 \text{ Ф} = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{В}}$$

Оскільки 1 Ф – дуже велика одиниця ємності, зазвичай застосовують частинні одиниці: 1 пФ = 10^{-12} Ф; 1 нФ = 10^{-9} Ф; 1 мкФ = 10^{-6} Ф.

2. Конденсатор

Конденсатор – система з двох чи більше провідних обкладок, які розділені діелектриком, товщина якого менша у порівнянні з розміром обкладок.

Обкладки конденсатора мають однакові за абсолютним значенням різнойменні заряди й розміщені одна відносно одної так, що поле в цій системі сконцентроване в обмеженому просторі між обкладками.

Діелектрик між обкладками відіграє подвійну роль: по-перше, він збільшує електроємність, по-друге – не дає зарядам нейтралізуватись.

Накопичення зарядів на обкладках конденсатора називається його *зарядженням*. Щоб зарядити конденсатор, його обкладки приєднують до полюсів джерела напруги, наприклад, до полюсів батареї акумуляторів. Можна також сполучити одну обкладку з полюсом батареї, другий полюс якої заземлено, а другу обкладку конденсатора теж заземлити. Тоді на заземленій обкладці залишиться заряд, протилежний за знаком, а за модулем він дорівнюватиме заряду другої обкладки. Такий самий за модулем заряд піде в землю.



Заряд конденсатора – це модуль заряду однієї з його обкладок.

Він прямо пропорційний різниці потенціалів (напрузі) між обкладками конденсатора. У такому разі ємність конденсатора (на відмінну від відокремленого провідника) визначається за формулою:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad \text{або} \quad C = \frac{q}{U}$$

Плоский конденсатор – це конденсатор, який складається з двох паралельних металевих пластин (обкладок), розділених шаром діелектрика.

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – електрична стала

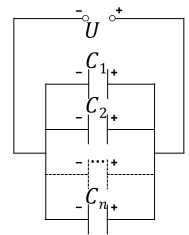
ε – діелектрична проникність діелектрика

S – площа пластини конденсатора

d – відстань між пластинами

3. З'єднання конденсаторів

Щоб створити потрібну електроємність, конденсатори з'єднують у групу, яка називається *батареєю*. Для простоти сприйняття розглядатимемо батарею, яка складається з n конденсаторів електроємностями $C_1, C_2, \dots, C_n$ відповідно.



Паралельне з'єднання конденсаторів:

$$q = q_1 + q_2 + \dots + q_n \quad U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

$$q = CU \quad q_1 = C_1 U \quad q_2 = C_2 U \quad \dots \quad q_n = C_n U$$

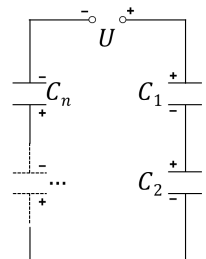
$$CU = C_1 U + C_2 U + \dots + C_n U \quad \Rightarrow \quad C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Послідовне з'єднання конденсаторів:

$$q = q_1 = q_2 = \dots = q_n \quad U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$U = \frac{q}{C} \quad U_1 = \frac{q}{C_1} \quad U_2 = \frac{q}{C_2} \quad \dots \quad U_n = \frac{q}{C_n}$$

$$\frac{q}{C} = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2} + \dots + \frac{q}{C_n} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



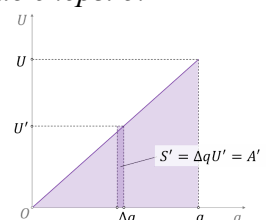
4. Енергія плоского конденсатора

Приєднаємо до обкладок зарядженого конденсатора лампочку кишенькового ліхтарика й виявимо, що в момент замикання ключа лампочка спалахує. Тепер виміряємо напругу на обкладках конденсатора – напруга дорівнюватиме нулю, отже, конденсатор розрядився. А це, у свою чергу, означає, що заряджений конденсатор мав енергію, яка частково перетворилася на енергію світла.

Заряджений конденсатор, як і будь-яка інша система заряджених тіл, має енергію.

Уявно розділимо увесь заряд конденсатора на маленькі «порції» Δq і будемо вважати, що під час втрати кожної такої «порції» напруга на конденсаторі не змінюється. Таким чином отримаємо ряд смужок. Площа S' кожної смужки дорівнює добутку двох її сторін, тобто:

$$S' = \Delta q U' = A'$$



U' – напруга, за якої конденсатор утравав дану «порцію» заряду Δq

A' – робота, яку виконає поле під час втрати конденсатором заряду Δq

Повна робота, яку виконає поле під час зменшення заряду конденсатора від q до 0, визначається площею кольорового трикутника.

$$A = \frac{qU}{2} \quad q = CU \quad \Rightarrow \quad A = \frac{CU^2}{2} \quad \text{або} \quad A = \frac{q^2}{2C}$$

Ця робота дорівнює зменшенню енергії електричного поля конденсатора від W_p до нуля:

$$A = W_p - 0 = W_p$$

Таким чином, енергія W_p зарядженого до напруги U конденсатора, який має електроємність C і заряд q , дорівнює:

$$W_p = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

5. Застосування конденсаторів

У сучасній техніці складно знайти галузь, де широко й різноманітно не застосовувалися б конденсатори. Без них не можуть обійтися *радіотехнічна й телевізійна апаратура* (настроювання коливальних контурів), *радіолокаційна і лазерна техніка* (одержання потужних імпульсів), *телефонія і телеграфія* (розділення кіл змінного та постійного струмів, гасіння іскор у контактах), *техніка лічильного обладнання* (у спеціальних запам'ятовувальних пристроях), *електровимірвальна техніка* (створення зразків ємності).

Конденсатори можна класифікувати за такими ознаками та властивостями:

за призначенням – незмінної та змінної ємності;

за формою обкладок – плоскі, сферичні, циліндричні;

за типом діелектрика – повітряні, паперові, слюдяні, керамічні, електролітичні.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Знайти ємність конденсатора, якщо заряд на його обкладках дорівнює 20 мкКл, а напруга між обкладками 40 В.

Дано:

$$q = 20 \text{ мкКл} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$$

$$U = 40 \text{ В}$$

$$C = ?$$

Розв'язання

$$C = \frac{q}{U}, \quad C = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{40} = 0,5 \cdot 10^{-6} (\text{Ф})$$

Відповідь: $C = 0,5 \text{ мкФ}$.

2. Знайти ємність плоского повітряного конденсатора, якщо площа його пластин становить 100 см^2 , а відстань між пластинами 2 мм.

Дано:

$$S = 100 \text{ см}^2 = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$d = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\varepsilon = 1$$

$$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$$

$$C = ?$$

Розв'язання

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d} \quad [C] = \frac{\frac{\text{Ф}}{\text{м}} \cdot \text{м}^2}{\text{м}} = \text{Ф}$$

$$C = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-3}} = 44,25 \cdot 10^{-12} (\text{Ф})$$

Відповідь: $C = 44,25 \text{ пФ}$.

3. Дано два конденсатори 5 мкФ і 3 мкФ. Якою стане загальна ємність при їх послідовному з'єднанні?

Дано:

$$C_1 = 5 \text{ мкФ} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Розв'язання

$C_2 = 3 \text{ мкФ} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$	Послідовне з'єднання конденсаторів:
$C - ?$	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ $C = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 10^{-6}} = 1,875 \cdot 10^{-6} (\text{Ф})$
	Відповідь: $C \approx 1,9 \text{ мкФ}$.

4. Дано два конденсатори 5 мкФ і 4 мкФ. Визначити ємність батареї конденсаторів при їх паралельному з'єднанні.

Дано:	Розв'язання
$C_1 = 5 \text{ мкФ} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$	Паралельне з'єднання конденсаторів: $C = C_1 + C_2$
$C_2 = 4 \text{ мкФ} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$	$C = 5 \cdot 10^{-6} + 4 \cdot 10^{-6} = 9 \cdot 10^{-6} (\text{Ф})$
$C - ?$	Відповідь: $C = 9 \text{ мкФ}$.

5. Конденсатор ємністю 30 мкФ приєднали до джерела живлення, напруга на виході якого дорівнює 200 В. Визначити енергію електричного поля конденсатора.

Дано:	Розв'язання
$C = 30 \text{ мкФ} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$	$W_p = \frac{CU^2}{2}$
$U = 200 \text{ В}$	$[W_p] = \text{Ф} \cdot \text{В}^2 = \frac{\text{Кл}}{\text{В}} \cdot \text{В}^2 = \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{В} = \text{Дж}$
$W_p - ?$	$W_p = \frac{30 \cdot 10^{-6} \cdot 200^2}{2} = 0,6 (\text{Дж})$
	Відповідь: $W_p = 0,6 \text{ Дж}$.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Що називають електроємністю відокремленого провідника? Якою є її одиниця?
2. Що таке конденсатор? Для чого він призначений?
3. Для чого простір між обкладками конденсатора заповнюють діелектриком?
4. Від чого залежить електроємність конденсатора?
5. За якою формулою розраховують електроємність плоского конденсатора?
6. Як обчислити електроємність батареї, яка складається з конденсаторів, з'єднаних послідовно? з'єднаних паралельно?
7. За допомогою яких формул розраховують енергію зарядженого конденсатора?
8. Назвіть галузі застосування конденсаторів. Наведіть приклади.
9. Які типи конденсаторів вам відомі?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 44, Вправа № 44 (1, 4)

Додаткові задачі

1. Заряд на пластинах конденсатора ємністю 40 нФ дорівнює 40 мкКл. Визначити енергію електричного поля конденсатора.

Дано:	Розв'язання
$C = 40 \text{ нФ} = 40 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$	$W_p = \frac{q^2}{2C}$
$q = 40 \text{ мкКл} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$	$W_p = \frac{(40 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 40 \cdot 10^{-9}} = 0,02 (\text{Дж})$
$W_p - ?$	Відповідь: $W_p = 0,02 \text{ Дж}$.

2. Енергія електричного поля зарядженого конденсатора ємністю 30 мкФ становить 0,27 Дж. Знайти напругу на обкладках конденсатора.

Дано:

$$C = 30 \text{ мкФ} = 30 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$W_p = 0,27 \text{ Дж}$$

$$U = ?$$

Розв'язання

$$W_p = \frac{CU^2}{2} \Rightarrow U = \sqrt{\frac{2W_p}{C}}$$

$$U = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,27}{30 \cdot 10^{-6}}} \approx 134 \text{ (В)}$$

Відповідь: $U \approx 134 \text{ В}$.

3. Плоский повітряний конденсатор, відстань між пластинами якого 2 мм, занурили в гас. На скільки треба змінити відстань між пластинами конденсатора, щоб його ємність не змінилася?

Дано:

$$d_1 = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\varepsilon_1 = 1$$

$$\varepsilon_2 = 2,1$$

$$d_2 = ?$$

Розв'язання

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{d_1} \quad C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S}{d_2}$$

$$C_1 = C_2$$

$$\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{d_1} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S}{d_2} \Rightarrow d_2 = d_1 \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$$

$$d_2 = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2,1}{1} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$$

Відповідь: $d_2 = 4,2 \text{ мм}$.