

## Лабораторна робота № 1

### ВИЗНАЧЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАЛОЇ, ВЕКТОРА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОЇ ІНДУКЦІЇ І ВЕКТОРА ПОЛЯРИЗАЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ.

#### Обладнання

1. Мікрокулонометр;
2. Калібратор високої напруги;
3. Конденсатор з діелектриком, вимірювальний конденсатор;
4. Перекидний ключ.

#### Теоретичні відомості

Діелектрична стала середовища, яку раніше називали діелектричною проникністю, є фізично безрозмірною величиною, яка показує, у скільки разів сила взаємодії одних і тих же зарядів у даному середовищі менша, ніж у вакуумі.

Діелектрик при внесенні в електричне поле поляризується і своїм полем (полем поляризованих зарядів) зменшує напруженість впливаючого поля. Таким чином, діелектрична стала є мірою здатності діелектрика до поляризації в зовнішньому електричному полі. Діелектрична стала – фізична величина, що визначається дослідним шляхом. Вперше обґрунтував експериментальний метод визначення діелектричної сталої М. Фарадей. Пізніше багато вчених розробляли дуже точні методи визначення діелектричної сталої, серед них багато російських дослідників: П. Н. Лебедев (1881), О. П. Зілов (1877), І. Й. Косоногов (1901) та інші.

Для характеристики поляризації діелектриків вводять вектор електростатичної індукції  $\vec{D}$  і вектор поляризації  $\vec{P}$ . Вектор електростатичної індукції часто називають електричним зміщенням і він чисельно дорівнює густині вільних зарядів  $|\vec{D}| = D = \sigma$ . Вектор електростатичної індукції пов'язаний з напруженістю електричного поля співвідношенням

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}, \quad (1.1)$$

де  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$  (електрична стала).

Якщо простір між двома «нескінченними» паралельними площинами, що знаходяться на відстані  $d$  одна від одної, заповнити деяким діелектриком із діелектричною сталою  $\epsilon$  і пластинам передати заряди  $+q$  і  $-q$ , то модуль вектора електростатичного зміщення буде визначений як  $D = \sigma = \frac{q}{S}$ , де  $S$  – площа пластин. Якщо при передачі пластинам заряду до них буде прикладена напруга  $U$ , то в просторі між

пластинами утворюється електричне поле з напруженістю  $E = \frac{U}{d}$ . Співвідношення (1.1) можна переписати так:

$$\frac{q}{S} = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{U}{d}. \quad (1.2)$$

Розв'язуючи співвідношення (1.2) відносно  $\varepsilon$ , одержимо:

$$\varepsilon = \frac{qd}{\varepsilon_0 US}. \quad (1.3)$$

Це і буде робоча формула для визначення діелектричної сталої.

Вектор поляризації пов'язаний з вектором електростатичної індукції співвідношенням

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}. \quad (1.4)$$

де  $\vec{P}$  – вектор поляризації.

Якщо діелектрик однорідний, то всі три вектори мають однаковий напрям, а тому можна записати (1.4) у скалярній формі:

$$D = \varepsilon_0 E + P. \quad (1.5)$$

Підставимо у (1.5)  $D = \varepsilon_0 \varepsilon E$  і розв'яжемо відносно  $P$ :

$$P = \varepsilon_0 \left( \varepsilon - 1 \right) \frac{U}{d}. \quad (1.6)$$

Враховуючи, що  $E = \frac{U}{d}$ , для вектора поляризації матимемо

$$P = \varepsilon_0 \left( \varepsilon - 1 \right) E. \quad (1.7)$$

Вектор поляризації можна також визначити на основі формули

$$P = D - \varepsilon_0 E. \quad (1.8)$$

Система, що складається з двох паралельних пластин, розділених діелектриком, називається плоским конденсатором. Величину  $\frac{q}{U} = C$  назвали електричною ємністю конденсатора. Виходячи з (1.2) ємність плоского конденсатора

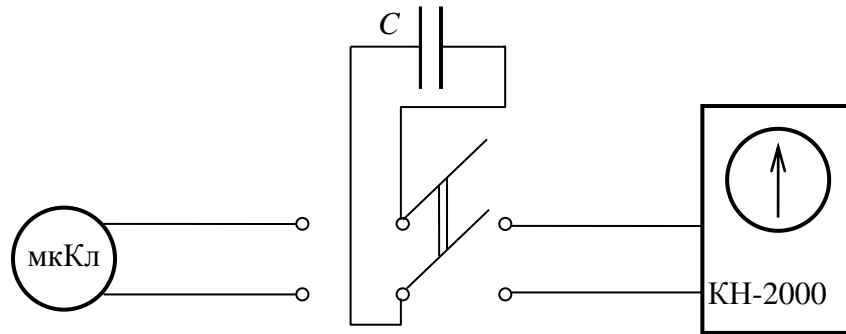
$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}. \quad (1.9)$$

### Виконання вимірювань

Завдання I: Дослідити конденсатор з діелектриком.

1. Скласти електричне коло згідно схеми мал. 1.1.

на



Мал. 1.1

Щоб уникнути паразитного натікання заряду, перекидний ключ поперечно розрізаний, а потім скріплений пластинами з оргскла. Ключ слід розмістити пластині з оргскла. Приєднати конденсатор із діелектриком і провести дослідження.

2. Встановити напругу вказану викладачем, зарядити досліджуваний конденсатор.

3. Розрядити конденсатор через мікрокулонометр, визначити накопичений заряд (кількість електрики).

4. Повторити пункти 3 і 4 для напруг інших значень, вказаних викладачем.

5. Обчислити напруженість електричного поля  $E=U/d$ , електричне зміщення  $D=q/S$ , діелектричну сталу

$\epsilon = D/\epsilon_0 E$ , вектор поляризації  $P = \epsilon_0(\epsilon - 1)E$ , ємність конденсатора  $C = \epsilon \epsilon_0 S/d$ .

6. Результати вимірювань і обчислень записати до таблиці № 1.1.

Завдання II: Дослідити зразок (пластинку з діелектрика).

7. У схемі замінити конденсатор з діелектриком вимірювальним конденсатором.

8. Закріпити досліджуваний зразок у вимірювальному конденсаторі.

9. Повторити пункти 2-6 для вказаних значень напруг.

10. Обчислити для визначених діелектричної сталюї  $\epsilon$  та ємності конденсатора  $C$  абсолютну та відносну похибки.

11. На основі одержаних даних побудувати графіки залежності  $\epsilon$ , векторів  $\vec{D}$  і  $\vec{P}$  від  $\vec{E}$ . Графіки  $D(E)$  і  $P(E)$  слід побудувати на спільних осях та окремо  $\epsilon(E)$ . Зробити висновки.

Таблиця № 1.1

№	Напруга на конденсаторі, $U, В$		Напруженість електричного поля, $E, В/ м$		Заряд конденсатора, $q, Кл$		Електричне зміщення, $D, Кл/м^2$		Діелектрична стала, $\epsilon$		Вектор поляризації, $P, Кл/м^2$		Ємність конденсатора, $C, пФ$	
	$U_1$	$U_2$	$E_1$	$E_2$	$q_1$	$q_2$	$D_1$	$D_2$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$P_1$	$P_2$	$C_1$	$C_2$
1.														
2.														
3.														
4.														
5.														
6.														
7.														
8.														
9.														
10.														
11.														
12.														

*Контрольні питання*

1. Які електричні поля належать до стаціонарних електричних полів?
2. Яка фізична величина є основною характеристикою електростатичного поля?
3. Які існують допоміжні характеристики електричних полів? Для чого вони вводяться?
4. Фізичний зміст діелектричної сталої.
5. Фізичний зміст вектора поляризації.
6. Який зв'язок між векторами  $\vec{D}$ ,  $\vec{P}$ ,  $\vec{E}$ ?

*Рекомендована література*

1. Кучерук І. М., Горбачук І. Т., Луцик П. П. Загальний курс фізики у 3 т.: Навч. посіб. – К.: Техніка, 2001. – Т.2. Електрика і магнетизм. – С. 67-76.

2. Цілінко М. Г. Саморобні електронні прилади в лабораторному практикумі з електрики і магнетизму: Навч. посіб. – К.: ІСДО, 1995. – С. 4-11.
3. Целінко М. Г., Прокопнеко М. М., Целінко О. М. Мікрокулонометр і калібратори струму та напруги в лабораторному практикумі: Навч. посіб. – Житомир: ПП Євенок О. О., 2006. – С. 24-29.

*Висновки*

---

---

---

---

---

---

---

---