

Урок 93 Провідники та діелектрики в електричному полі

Мета уроку:

Навчальна: Формувати уявлення про особливості внутрішньої будови провідників і діелектриків та їх електростатичні властивості.

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

Якими бувають речовини за електростатичними властивостями?

Як вони себе поведуть в електричному полі?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Внутрішня будова провідників

За електричними властивостями речовини розділяють на *провідники*, *діелектрики*, *напівпровідники*.

Провідники – це речовини, які здатні проводити електричний струм.

Будь-який провідник містить заряджені частинки, що можуть вільно пересуватися.

Провідники:

- *метали* (кристалічна ґратка із позитивно заряджених йонів, яка перебуває в «газі» вільних електронів);
- *електроліти* (вільними зарядженими частинками є позитивні й негативні йони);
- *гази* (вільними зарядженими частинками є позитивні й негативні йони та електрони).

2. Електростатичні властивості провідників

Електростатичні властивості провідників:

Властивість 1. *Напруженість електростатичного поля всередині провідника дорівнює нулю.*

Помістимо незаряджений металевий провідник в однорідне електростатичне поле. Під дією поля в ньому виникне впорядкований рух вільних електронів у напрямку, протилежному напрямку напруженості $\vec{E}_0$ цього поля. Електрони накопичуватимуться на одному боці провідника й утворять там *надлишковий негативний заряд*, а їх недостача на іншому боці провідника спричинить утворення там *надлишкового позитивного заряду*, тобто в провіднику відбудеться розподіл зарядів.

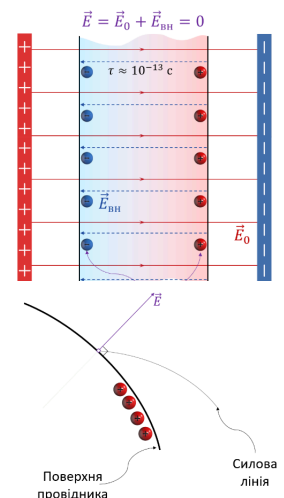
Таким чином, на поверхні провідника з'являються *наведені (індуковані)* електричні заряди, при цьому сумарний заряд провідника залишається незмінним.

Явище електростатичної індукції – це явище перерозподілу електричних зарядів у провіднику, поміщеному в електростатичне поле, у результаті чого на поверхні провідника виникають електричні заряди.

Нескомпенсовані електричні заряди, що з'явилися на протилежних частинах провідника, створюють усередині провідника своє власне електричне поле напруженістю $\vec{E}_{\text{вн}}$. *Напрямки зовнішнього і внутрішнього полів – протилежні.*

У результаті переміщення вільних носіїв заряду й накопичення їх на протилежних частинах провідника напруженість $\vec{E}_{\text{вн}}$ внутрішнього поля

збільшується і, нарешті, зрівнюється за модулем з напруженістю $\vec{E}_0$ зовнішнього поля. Це



приводить до того, що напруженість результуючого поля всередині провідника дорівнює нулю. До того ж на провіднику встановлюється рівновага зарядів.

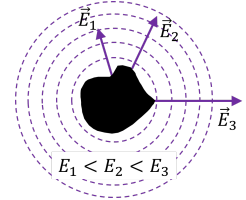
$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}_{\text{вн}} = 0$$

Властивість 2. Поверхня провідника є еквіпотенціальною

Властивість 3. Увесь статичний заряд провідника зосереджений на його поверхні.

Властивість 4. Вектор напруженості електростатичного поля є перпендикулярним до поверхні провідника

Властивість 5. Електричні заряди розподіляються по поверхні провідника так, що напруженість електростатичного поля провідника виявляється більшою на виступах провідника і меншою на його западинах.



3. Застосування електростатичних властивостей провідників

Електростатичний захист

За умови рівноваги зарядів на провіднику весь некомпенсований заряд розміщується тільки на зовнішній поверхні провідника, а всередині нього електричного поля немає. Це явище використовують для створення *електростатичного захисту* – захисту від дії електричного поля.

Від електричного поля можна захиститися, якщо оточити провідник, наприклад, мідною сіткою. На практиці це використовують для захисту від потужного електричного поля радіолокаторів та радіостанцій, випромінювання яких може зашкодити здоров'ю людини; для запобігання дії електричного поля на чутливі прилади.

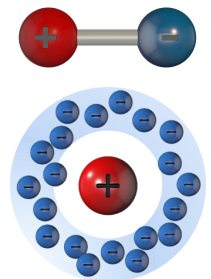
4. Діелектрики

Діелектрики – це речовини, які погано проводять електричний струм.

За звичайних умов в них практично відсутні заряди, що можуть вільно пересуватися. До діелектриків належать усі гази за нормальних умов, рідини (гас, спирти, ацетон, дистильована вода та ін.), тверді тіла (скло, пластмаси, сухе дерево, папір, гума тощо).

Діелектрики поділяють на два види:

- **полярні**, що складаються з молекул, у яких центри розподілу позитивних і негативних зарядів не збігаються (вода, спирти);
- **неполярні**, що складаються з атомів або молекул, у яких центри розподілу позитивних і негативних зарядів збігаються (бензол, інертні гази, поліетилен)



5. Поляризація діелектриків

Усередині діелектрика електричне поле може існувати.

Поляризація діелектрика – це зміщення в протилежні боки різнойменних зарядів, що входять до складу атомів і молекул діелектриків (зміщення відбувається в межах кожного атома або молекули).

Молекули полярних діелектриків – це електричні диполі, що мають постійний дипольний момент унаслідок асиметрії центра мас позитивних і негативних зарядів (рис. а).

Якщо *полярний діелектрик* помістити в електричне поле, то ці диполі починають повертатися своїми позитивно зарядженими кінцями до негативно зарядженої пластини, а негативно зарядженими – до позитивно зарядженої пластини (рис. б). У результаті на поверхні діелектрика біля позитивної пластини виникає досить тонкий шар негативних зарядів, а біля негативно – позитивних, які й створюють зустрічне поле (рис. в). (Усередині діелектрика позитивні й негативні заряди сусідніх диполів компенсують дію один одного.) Однак на відміну від провідників це поле вже не здатне повністю скомпенсувати зовнішнє, а лише послаблює його в ϵ разів.

У процесі поляризації полярних діелектриків виникає орієнтаційна поляризація.

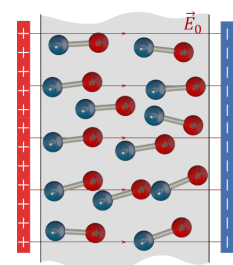
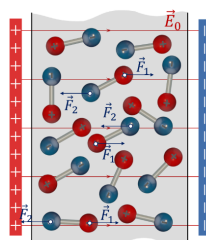
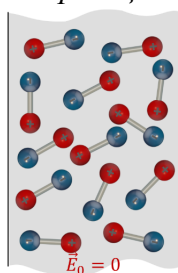


Рис. а

Рис. б

Рис. в

Якщо ж *неполярний діелектрик* помістити в електричне поле, його молекули деформуються, у результаті чого утворюються диполі, які поводять себе, як і диполі полярного діелектрика.

У процесі поляризації неполярних діелектриків виявляється електронний (деформаційний) механізм.

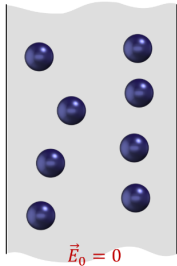


Рис. а

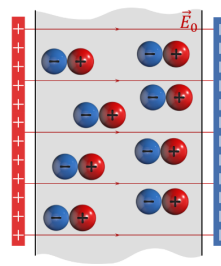
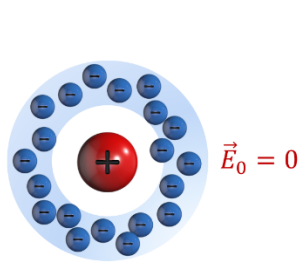
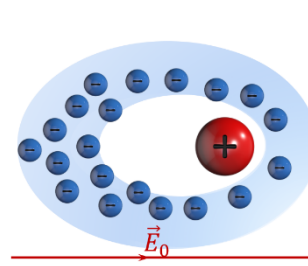


Рис. б



6. Діелектрична проникність речовини

Діелектрична проникність речовини ϵ – безрозмірна величина, що характеризує електричні властивості діелектриків.

Це фізична стала, яка показує, у скільки разів модуль напруженості електричного поля всередині діелектрика E менший від модуля напруженості E_0 у вакуумі: $\epsilon = \frac{E_0}{E}$

Діелектрична проникність визначена для всіх діелектриків і занесена до таблиць. Для дистильованої води $\epsilon = 81$, а для гасу $\epsilon = 2,1$.

Закон Кулона для випадку взаємодії двох електричних зарядів розташованих в діелектрику:

$$F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2}$$

Потенціал ϕ поля, створеного точковим зарядом Q : $\phi = k \frac{Q}{\epsilon r}$

Напруженість E електричного поля, створеного точковим зарядом Q : $E = k \frac{|Q|}{\epsilon r^2}$

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. З якою силою взаємодіють два заряди 6 нКл і 3,5 нКл, перебуваючи на відстані 5 см один від одного в гасі?

Дано:

$$q_1 = 6 \text{ нКл} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$q_2 = 3,5 \text{ нКл} = 3,5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

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

$$\epsilon = 2,1$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$F = ?$$

$$\text{Розв'язання } F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{\epsilon r^2} \quad [F] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{\text{Кл}^2}{\text{м}^2} = \text{Н}$$

$$F = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-9} \cdot 3,5 \cdot 10^{-9}}{2,1 \cdot (5 \cdot 10^{-2})^2} = 36 \cdot 10^{-6} \text{ (Н)}$$

$$\text{Відповідь: } F = 36 \text{ мкН.}$$

2. Напруженість електричного поля, створеного точковим зарядом, поміщеним у гас, в деякій точці дорівнює 800 Н/Кл. Якою стане напруженість поля в цій точці, якщо гас замінити водою?

Дано: $E_1 = 800 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$ $\epsilon_1 = 2,1$ $\epsilon_2 = 81$	Розв'язання $E_1 = k \frac{ q }{\epsilon_1 r^2} \quad E_2 = k \frac{ q }{\epsilon_2 r^2}$ $\frac{E_1}{E_2} = \frac{k \frac{ q }{\epsilon_1 r^2}}{k \frac{ q }{\epsilon_2 r^2}} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} \Rightarrow E_2 = \frac{E_1 \epsilon_1}{\epsilon_2}$ $[E_2] = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \quad E_2 = \frac{800 \cdot 2,1}{81} \approx 20,7 \left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right)$
$E_2 - ?$	Відповідь: $E_2 \approx 20,7 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$.

3. Два заряди взаємодіють у повітрі на відстані 9 см. На якій відстані їх потрібно розмістити у воді, щоб сила взаємодії не змінилася?

Дано: $r_1 = 9 \text{ см}$ $= 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $\epsilon_1 = 1$ $\epsilon_2 = 81$	Розв'язання $F_1 = F_2$ $F_1 = k \frac{ q_1 \cdot q_2 }{\epsilon_1 r_1^2} \quad F_2 = k \frac{ q_1 \cdot q_2 }{\epsilon_2 r_2^2}$ $\frac{1}{\epsilon_1 r_1^2} = \frac{1}{\epsilon_2 r_2^2} \Rightarrow r_2 = \sqrt{\frac{\epsilon_1 r_1^2}{\epsilon_2}}$ $[r_2] = \sqrt{\text{м}^2} = \text{м}$ $r_2 = \sqrt{\frac{1 \cdot (9 \cdot 10^{-2})^2}{81}} = 1 \cdot 10^{-2} (\text{м})$
$r_2 - ?$	Відповідь: $r_2 = 1 \text{ см}$.

4. Металева куля радіусом 20 см має заряд 6 нКл. Визначити напруженість електричного поля на відстані: а) 10 см; б) 20 см; в) 30 см від центра кулі.

Дано: $r = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ $q = 6 \text{ нКл} = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ $l_1 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$ $l_2 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ $l_3 = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$ $\epsilon = 1$ $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$	Розв'язання Напруженість електростатичного поля всередині провідника дорівнює нулю. $E_1 = 0$ оскільки $r > l_1$ $E_2 = k \frac{ q }{\epsilon l_2^2} \quad E_3 = k \frac{ q }{\epsilon l_3^2} \quad [E] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$ $E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot 0,2^2} = 1350 \left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right)$ $E_3 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{6 \cdot 10^{-9}}{1 \cdot 0,3^2} = 600 \left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right)$ Відповідь: $E_1 = 0$; $E_2 = 1350 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$; $E_3 = 600 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$.
$E_1 - ? \quad E_2 - ?$ $E_3 - ?$	

5. Куля радіусом 0,5 см, що має заряд 10 нКл, поміщена у гас. Густина матеріалу, з якого виготовлена куля, 1500 кг/м^3 . Знайти напруженість вертикального електричного поля, у яке треба помістити кулю, щоб вона плавала у середині гасу.

Дано:

$$r = 0,5 \text{ м}$$

$$= 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$q = 10 \text{ нКл}$$

$$= 1 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$\rho_{\Gamma} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\kappa} = 1500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\varepsilon = 2,1$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$$E = ?$$

$$\text{Розв'язання} \quad \vec{F}_{\text{ел}} + \vec{F}_{\text{арх}} + m\vec{g} = 0$$

$$Eq + \rho_{\Gamma} gV = \rho_{\kappa} gV$$

$$E = \frac{gV(\rho_{\kappa} - \rho_{\Gamma})}{q} = \frac{\frac{4}{3} g \pi r^3 (\rho_{\kappa} - \rho_{\Gamma})}{q} = \frac{4 g \pi r^3}{3 q} (\rho_{\kappa} - \rho_{\Gamma})$$

$$[E] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}^3}{\text{Кл}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}$$

$$E = \frac{4 \cdot 10 \cdot 3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^3}{3 \cdot 1 \cdot 10^{-9}} \cdot (1500 - 800) \approx 366333 \left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}} \right)$$

$$\text{Відповідь: } E \approx 366333 \frac{\text{Н}}{\text{Кл}}.$$

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Які речовини називають провідниками?
2. Що таке електростатична індукція?
3. Назвіть основні електростатичні властивості провідників.
4. Як захищають обладнання та прилади від впливу електричного поля?
5. Навіщо застосовують заземлення?
6. Які речовини називають діелектриками? Наведіть приклади.
7. Чим відрізняються полярні діелектрики від неполярних?
8. Що називають поляризацією діелектрика? Якими є її механізми?
9. Що характеризує діелектрична проникність речовини?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 43, Вправа № 43 (1, 4, 6)