

План уроку 58

Тема: Електродинаміка.

Тема уроку: Речовина в електричному полі. Провідники і діелектрики.

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

Речовина в електричному полі.

План

1. Речовина в електричному полі.
 2. Електричне поле в діелектрику.
 3. Провідники в електричному полі.
1. Речовина в електричному полі.

Всі тіла мають в собі електричні заряди. Частина цих зарядів легко рухома (поверхневі заряди, вільні електрони), а частина зарядів дуже міцно пов'язана в атомах, кристалічних решітках, молекулах і т. п. По електричним властивостям всі тіла розділяються на провідники та діелектрики, а також існує клас речовин, що зветься напівпровідниками.

Провідники – це такі тіла, через які електричні заряди можуть переходити від зарядженого тіла до незарядженого.

Ця властивість провідників пояснюється наявністю в них вільних носіїв заряду. Прикладом провідників можуть бути: метали в рідкому та твердому стані, рідкі розчини електролітів.

Діелектрики (ізолятори) – це такі тіла, через які електричні заряди не можуть переходити від зарядженого тіла до незарядженого.

Наприклад це: повітря, скло, пластмаси, ебоніт, резина, сухе дерево і т. п.

Якщо на провідник накласти зовнішнє електричне поле, то його вільні заряди легко переміщуються по всьому об'єму.

Якщо на діелектрик накласти зовнішнє електричне поле, то заряди в діелектрику можуть лише дещо зміщуватися або обертатися довкола своїх умовних центрів закріплення. Отже, внутрішній заряд в діелектрику не зміниться, а на поверхні з'явиться пов'язаний поверхневий заряд.

2. Діелектрики в електричному полі. Поле всередині діелектрика.

Дослід вказує на те, що розташований в електричному полі діелектрик має полярність: та частина, куди входять силові лінії зовнішнього поля, заряджається від'ємно (-), а протилежна частина – додатно (+).

Це явище зветься поляризацією діелектрика. Для різних видів діелектриків поляризація має свої властивості.

Поляризація діелектриків, що складається з неполярних молекул.

Неполярна молекула чи атом може бути схематично зображена у вигляді центральної додатної зарядженої області, яка симетрично оточена від'ємно зарядженою оболонкою (електронною). Відносно зовнішнього простору така молекула нейтральна. Під дією зовнішнього електричного поля нейтральність порушується внаслідок витягування оболонки, і молекула отримує електронну поляризацію; вона стає полярною, подібно до електричного диполя. Під дією зовнішнього електричного поля всі молекули діелектрика електронно поляризуються, розташовуються ланцюжками вздовж силових ліній, торці діелектрика отримують різнойменні заряди – в цілому діелектрик поляризується. Ступінь поляризації залежить від властивостей діелектрика та напруженості електричного поля.

Поляризація діелектриків, що складаються з полярних молекул.

У деяких діелектриків молекули завжди несиметричні в електричному відношенні – вони дипольні. Такі молекули у води (H_2O), аміаку (NH_3), ефіру, ацетону. Внаслідок теплового руху більшість молекул орієнтована хаотично. Під дією зовнішнього електричного поля дипольні молекули повертаються так, що їх вісі розташовуються приблизно вздовж силових ліній поля. Така поляризація дипольних молекул зветься орієнтаційною або дипольною поляризацією. Повній поляризації таких молекул заважає тепловий рух. Ступінь орієнтаційної поляризації залежить від властивостей діелектрика, напруженості поля та температури середовища. Якщо зовнішнє поле зникає, зникає і поляризація діелектрика внаслідок теплового хаотичного руху молекул. Проте існують такі діелектрики з дипольними молекулами, у яких значна поляризація залишається і після зникнення зовнішнього електричного поля – це сегнетоелектрики (сегнетова сіль та титанат барію). Така властивість сегнетоелектриків зумовлена тим, що зветься в їх внутрішній структурі є цілі об'єми власної поляризації; тобто зовнішнє поле повертає не окремі молекули, а значні їх масиви. Тепловий рух молекул не завжди спроможний дезорієнтувати такі значні утворення. Сегнетоелектрики лишаються орієнтовано поляризованими до критичної температури, що зветься точкою Кюрі, після підвищення температури над точкою Кюрі сегнетоелектрик втрачає свої поляризаційні властивості. Значення точки Кюрі різні для різних сегнетоелектриків (для титанату барію: $T_{\text{Кюрі}} = 391 \text{ K}$).

Поляризація діелектриків з іонними кристалами.

У кристалічних діелектриків з іонною решіткою кожна пара сусідніх різнойменних іонів подібна електричному диполю. В зовнішньому електричному полі такі іони – диполі деформуються – витягуються або стискаються вздовж чи проти поля. Така поляризація діелектрика зветься іонною. Ступінь поляризації залежить від властивостей діелектрика та від напруженості поля.

Деякі кристали (кварц, турмалін та ін.) поляризуються під дією механічної деформації. Якщо деформувати пластинки з таких кристалів, що вирізані спеціальним чином, то площини такої пластинки отримують заряди протилежних знаків і всередині пластинки виникає електричне поле. Такі кристали звуться п'єзoeлектриками.

П'єзoeфект – це фізичне явище виникнення електричних зарядів на поверхні діелектрика внаслідок його механічної деформації.

Стискання та розтягування п'єзoeлектрика веде до зміни полярності зарядів на його протилежних площинах.

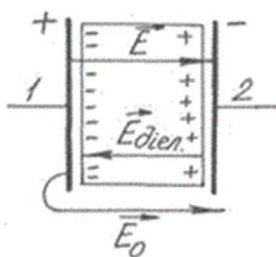
Існує і зворотній п'єзoeфект – електрострикційний ефект.

Електрострикція – це фізичне явище механічної деформації тіла (стиснення чи розтягування) під дією зовнішнього електричного поля.

Застосовується п'єзо — та електрострикційний ефекти у генераторах ультразвукових коливань (електрострикція) для вимірювання швидкозмінних тисків (п'єзoeфект); для стабілізації високочастотних електромагнітних коливань (п'єзокварцевий стабілізатор); п'єзoeфект широко використовувався у програвачах грам пластинок у 60-их ÷ 80-их роках 20-ого століття.

Електричне поле в діелектрику.

Поляризація діелектрика в зовнішньому електричному полі веде до послаблення цього поля в діелектрику.



Зовнішнє електричне поле між пластинами 1 та 2 дорівнює E_0 .

Діелектрик всередині пластинами поляризується і утворює в своїй товщі

Власне поле $E_{diel.}$, яке спрямоване проти поля E_0 . Отже, результуюча напруженість поля всередині діелектрика дорівнює різниці

напруженостей: $E = E_0 - E_{diel.}$ (поле послаблюється!).

Діелектрична проникність середовища (ε) — це фізична величина, яка дорівнює відношенню модуля напруженості електричного поля у вакуумі до напруженості електричного поля в однорідному ізотропному діелектричному середовищі:

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

Отже діелектрична проникність (або відносна діелектрична проникність) кількісно характеризує властивість діелектрика поляризуватися в електричному полі.

Діелектрична проникність показує, у скільки разів зменшується сила взаємодії між електричними зарядами у діелектрику відносно сили взаємодії у вакуумі!
Електрична індукція.

Електричні явища в неоднорідному електричному середовищі не завжди мають вирішення з точки зору закону Кулона та теореми Остроградського-Гаусса.

Для полегшення розрахунків вводиться нова фізична характеристика електричного поля — електрична індукція.

Вектор електричної індукції ($\vec{D}$) — це вектор, який дорівнює добутку напруженості електричного поля в діелектрику на його абсолютну діелектричну проникність:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \vec{E}, \quad (\varepsilon_0 \cdot \varepsilon) [D] = \left[\frac{Кл}{м^2} \right].$$

Абсолютна діелектрична проникність діелектрика.

Електрична індукція є сталою величиною в усіх діелектриках!

Математичний вираз теореми Остроградського-Гаусса для потоку індукції (НД) повністю зберігає зміст і для неоднорідного середовища:

$$N_D = \sum_{i=1}^n q_i$$