

Електричне поле

Б.8.2.1 Електризація тіл. Електричний заряд

1. Явище, в результаті якого тіла набувають властивість притягувати інші тіла, називають електризацією тіл, а самі тіла наелектризованими або ж такими, що мають електричні заряди.

2. Однаково заряджені тіла відштовхуються, а по-різному заряджені тіла притягуються. Це вказує на існування двох видів зарядів.

3. Заряди, як на склі, потертому об шовк, назвали позитивними, а заряди, як на янтарі, потертому об хутро, – негативними.

4. Позитивні заряди позначили знаком “+” (плюс), а негативні – “-” (мінус).

5. Через одні речовини, які дістали назву провідників електрики, може передаватися заряд від зарядженого тіла до незарядженого.

Через інші речовини, які дістали назву діелектриків, або ізоляторів, заряд не може передаватися від зарядженого тіла до незарядженого.

6. Електричний заряд подільний. Але в природі існують частинки, що дістали назву елементарних, які мають найменший заряд.

Найменший негативний заряд мають елементарні частинки – електрони. Найменший позитивний заряд мають елементарні частинки – протони.

Існують елементарні частинки, що не мають електричного заряду. Ці частинки мають назву нейтронів.

Б.8.2.2 Будова атома

1. Найменша частинка даної речовини називається молекулою. Молекули складаються з атомів.

2. У центрі атома є досить велика частинка, що має позитивний заряд, – ядро атома. На значній відстані від ядра (порівняно з його розмірами) по певних орбітах рухаються електрони.

3. У нормальному стані атоми речовини є нейтральними. Це означає, що сумарний заряд усіх електронів атома дорівнює заряду ядра.

4. Ядра атомів мають складну будову. До їхнього складу входять позитивно заряджені частинки – протони, а також незаряджені частинки – нейтрони.

5. Існують атоми, які мають однакову кількість протонів в ядрі, але різну кількість нейтронів. Це так звані ізотопи.

6. Якщо атом втратить один або кілька електронів, то він матиме надлишковий позитивний заряд. Такий атом стає позитивним іоном. Коли ж нейтральний атом приєднує зайві електрони, то він стає негативним іоном.

Б.8.2.3 Зарядження тіл і будова атома

1. Тіла незаряджені, якщо в них є однакова кількість протонів і електронів.

Тіло має позитивний заряд тоді, коли воно має надлишкову, порівняно з нормальною, кількість електронів.

Тіло має негативний заряд, якщо воно має меншу, порівняно з нормальною, кількість електронів.

2. Під час дотику двох тіл, виготовлених з різних речовин, частина електронів переходить від одного тіла до іншого. Тому одне тіло заряджається позитивно, а інше – негативно. В цьому полягає електризація тіл при їх дотику.

3. У провідниках (в металах) частина електронів, що перебуває на найбільших відстанях від ядер своїх атомів, слабо зв'язана з ядрами, може втратити з ними зв'язок і майже вільно рухатися в тілі провідника. Такі електрони називаються вільними.

Передача електричного заряду від зарядженого металу до незарядженого здійснюється внаслідок переміщення в провіднику вільних електронів.

В діелектриках вільних електронів немає, всі електрони зв'язані зі своїми ядрами атомів.

Б.10.3.1 Закон Кулона

1. Два нерухомі точкові електричні заряди у вакуумі взаємодіють із силою, прямо пропорційною добутку цих зарядів і обернено пропорційною квадрату відстані між ними. Сили взаємодії заряджених тіл за числовим значенням однакові і спрямовані вздовж прямої, яка з'єднує ці тіла.

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{R^2}.$$

Цей закон експериментально відкрив французький фізик Ш.Кулон, тому закон названо його ім'ям.

2. k – коефіцієнт пропорційності, який залежить від вибору системи одиниць. Значення k завжди беруть додатним, тоді різнойменним зарядам відповідає від'ємна сила (притягання), однойменним – додатна сила (відштовхування).

3. Наявність речовини навколо зарядів впливає на силу їхньої взаємодії й оцінюється діелектричною проникністю середовища ϵ .

Діелектрична проникність середовища дорівнює відношенню сили взаємодії між зарядами у вакуумі F_o , до сили взаємодії цих зарядів в речовині:

$$\epsilon = \frac{F_o}{F}.$$

4. Закон Кулона за наявності непровідного середовища, в яке вміщені заряди, набуває вигляду:

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon \cdot R^2}.$$

5. В СІ електричний заряд вимірюється в кулонах (Кл), а

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{H \cdot m^2}{Kl^2}.$$

6. Закон Кулона в одиницях СІ можна записати так:

$$F = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{\epsilon \cdot R^2},$$

де ϵ_0 – електрична стала.

Б.10.3.2 Закон збереження електричного заряду

1. Алгебраїчна сума зарядів, які виникають внаслідок будь-якого електричного процесу на всіх тілах, які беруть участь в процесі, завжди дорівнює нулеві.

В цьому полягає закон збереження електричних зарядів.

2. Закон збереження електричного заряду справедливий лише для випадку електрично ізольованих систем, тобто для систем, які не обмінюються електричними зарядами з тілами чи частинками, що не входять в цю систему.

Б.8.2.4 Електричне поле

1. Взаємодія наелектризованих тіл здійснюється за допомогою електричного поля.

2. Основна властивість електричного поля, завдяки якій воно виявляє своє існування – це здатність діяти на електричні заряди з певною силою.

3. Електричне поле є одним з видів матерії. Воно існує реально і незалежно від нас, від наших знань про нього.

Б.10.3.3 Напруженість електричного поля

1. Напруженістю електричного поля в даній його точці називають фізичну величину, що чисельно дорівнює відношенню сили, з якою поле діє на точковий заряд, розміщений в цю точку, до цього заряду:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}.$$

2. Напруженість електричного поля – векторна величина. Напрямок вектора напруженості збігається з напрямком сили, з якою поле діє на позитивний заряд, розміщений в дану точку поля.

3. В СІ одиницею напруженості електричного поля є $1 \frac{H}{Kl}.$

4. Напруженість електричного поля точкового заряду на відстані R від нього:

$$E = \frac{q}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot R^2}.$$

5. Якщо $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots, \vec{E}_n$ – напруженості полів, створюваних окремими зарядами у деякій точці, то напруженість $\vec{E}$ результуючого поля в тій самій точці:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n.$$

Цей висновок називають принципом незалежності дії електричних полів, або принципом суперпозиції полів.

Б.10.3.4 Лінії напруженості електричного поля

1. Електричне поле можна графічно зобразити за допомогою ліній напруженості.

Лінії напруженості проводять в електричному полі так, щоб у кожній її точці вектор напруженості був спрямований по дотичній.

2. Лінії напруженості ніде не перетинаються. Вони завжди починаються на поверхні позитивно зарядженого тіла і закінчуються на поверхні негативно зарядженого і є незамкнутими лініями.

3. За напрям лінії напруженості взято такий, який співпадає з напрямом векторів напруженості в кожній точці цих ліній.

4. Коли вектори напруженості у всіх точках поля мають однакове значення і напрям, лінії напруженості є прямими лініями, паралельними вектору напруженості, і густина ліній напруженості на всіх ділянках цього поля стала. Таке поле називається однорідним.

5. Однорідним поле може бути між нескінченно довгими паралельними пластинами, які заряджені різнойменно.

Б.10.3.5 Дослід Міллікена

1. Р. Міллікен довів дискретний характер електричного заряду та існування в природі найменшого (елементарного) електричного заряду.

2. Принципова схема досліду: між двома строго горизонтальними пластинами створювалося електричне поле, напруженість якого можна змінювати; у просторі між пластинами знаходились краплинки нелеткої рідини, які заряджалися під впливом радіоактивного, або рентгенівського випромінювання.

3. Проведення досліду: заряд краплинки змінювався і кожний раз, змінюючи напруженість електричного поля, встановлювалася рівновага краплинки; визначали заряд краплинки.

4. Результати досліду: значення заряду краплинки і їх послідовні різниці є цілими кратними деякого елементарного заряду.

Б.10.3.6 Провідники в електричному полі

1. Якщо провідник внести в електричне поле, вільні електрони в провіднику під дією сил цього поля змістатимуться в напрямі, протилежному напруженості поля.

Внаслідок цього зміщення на одній частині провідника виникає надлишок негативного заряду, на другій частині – надлишок позитивного заряду. В цьому полягає явище електростатичної індукції (або електризації через вплив).

2. Упорядковане переміщення електронів повністю припиняється, коли напруженості зовнішнього і внутрішнього полів виявляються однаковими за значенням.

Електричного поля немає всередині як зарядженого, так і незарядженого провідника.

3. Заряди розміщуються на зовнішній поверхні провідника. Найбільша кількість зарядів знаходиться на випуклостях і особливо на вістрях провідника.

Б.10.3.7 Потенціал і різниця потенціалів

1. Робота електричного поля при переміщенні заряду з однієї точки у другу не залежить від форми шляху, а залежить від положення цих точок. Отже, робота сил електричного поля з переміщення заряду замкненим контуром дорівнює нулеві.

2. Робота сил електричного поля під час переміщення в ньому заряду йде на зміну потенціальної енергії поля.

3. Відношення потенціальної енергії заряду, вміщеного в дану точку електричного поля, до значення заряду приймається за енергетичну характеристику поля, яку називають потенціалом поля в даній точці:

$$\varphi = \frac{\Pi}{q}.$$

4. Величина, що дорівнює відношенню роботи поля під час переміщення заряду з однієї точки в іншу, до значення заряду, називається різницею потенціалів між цими точками або напругою:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} = \frac{\Pi_1}{q} - \frac{\Pi_2}{q}.$$

5. В СІ потенціал і напруга вимірюються в вольтах (В):

$$1\text{В} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}}.$$

6. Між напругою і напруженістю однорідного електричного поля існує зв'язок:

$$E = \frac{U}{\Delta d},$$

де Δd – відстань між точками поля вздовж силової лінії, для яких визначена напруга U .

Вектор напруженості електричного поля напрямлений у бік зменшення потенціалу.

7. Електричне поле графічно зображається еквіпотенціальними поверхнями, які перпендикулярні до ліній напруженості.

Б.10.3.8 Електроємність

1. Електроємністю провідника називають величину, яка вимірюється відношенням заряду провідника q до його потенціалу φ :

$$C = \frac{q}{\varphi}.$$

2. Електроємність провідника не залежить від значення заряду і визначається розмірами і формою провідника й електричними властивостями навколишнього середовища.

3. Одиницею електроємності в СІ є $\frac{Кл}{В}$. Цю одиницю названо фарад (Ф):

$$1\text{ Ф} = 1 \frac{Кл}{В}.$$

Б.10.3.9 Конденсатор

1. Найпростіший конденсатор складається з двох провідників (обкладок), розділених ізолятором (діелектриком).

2. Під електроємністю конденсатора розуміють фізичну величину, що дорівнює відношенню заряду Q , нагромадженого в конденсаторі, до різниці потенціалів ($\varphi_1 - \varphi_2$) між його обкладками:

$$C = \frac{Q}{(\varphi_1 - \varphi_2)}.$$

3. Електроємність плоского конденсатора прямо пропорційна робочій площі пластин і відносній діелектричній проникності діелектрика й обернено пропорційна відстані між пластинами:

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

4. При паралельному з'єднанні конденсаторів електроємність усієї батареї визначається з виразу:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n.$$

При послідовному з'єднанні конденсаторів електроємність усієї батареї визначається з виразу:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

Б.10.3.10 Енергія електричного поля

1. Енергія електричного поля зарядженого конденсатора дорівнює роботі, яку треба було виконати для його заряджання:

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2.$$

2. Для випадку однорідного поля енергія одиниці об'єму (або об'ємна густина енергії електричного поля) дорівнює:

$$w = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E^2}{2}.$$

Б.10.3.11 Діелектрики в електричному полі

1. В ідеальних діелектриках немає вільних заряджених частинок.

Молекули багатьох діелектриків складаються з іонів. Центри позитивних і негативних електричних зарядів таких молекул зміщені один відносно одного, утворюючи полярну молекулу, або так званий диполь. Діелектрики, які складаються з молекул-диполів, називаються полярними діелектриками.

2. Навколо молекули-диполя утворюється електричне поле. В нормальному стані молекули-диполі розміщені хаотично і їхні поля взаємно послаблюють одне одного, тому поза діелектриком поле не виявляється.

3. Внаслідок накладання електричного поля спостерігається поляризація діелектрика: на одній поверхні діелектрика виникає негативний поляризаційний заряд, а на другій – позитивний.

4. Електричне поле поляризаційних зарядів завжди спрямоване назустріч зовнішньому полю, тому зовнішнє поле в середині діелектрика послаблюється.

5. Діелектрики в даному зовнішньому полі поляризуються по-різному, і про ступень поляризації даного діелектрика можна судити за відношенням:

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

де E_0 напруженість зовнішнього поля у вакуумі, E – напруженість результуючого поля і діелектрику, ε – відносна діелектрична проникність.

6. ε – безрозмірна величина і для діелектриків завжди більша за одиницю.