

Провідники та діелектрики в електричному полі

Подорож у світ електричних властивостей матеріалів

Electrical Components



Частина 1: Вступ у світ електричних матеріалів

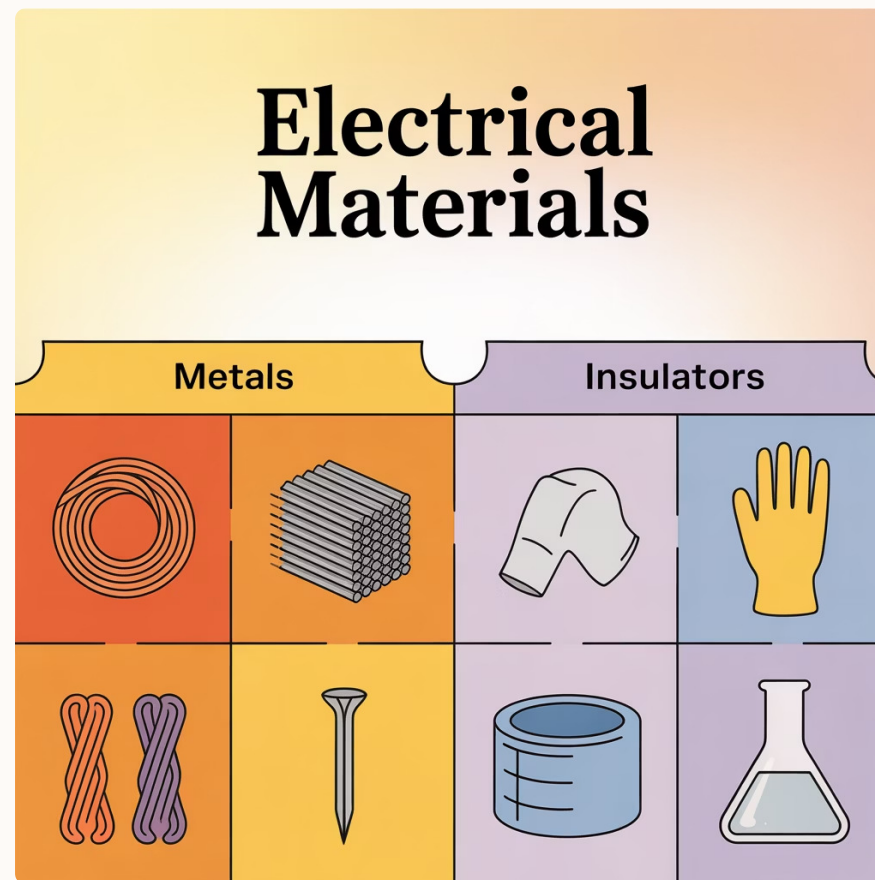
Два основні типи матеріалів

У природі всі матеріали можна розділити на дві великі групи за їх поведінкою в електричному полі. Ця класифікація визначає їх практичне застосування в техніці.

- Провідники — дозволяють проходити струму
- Діелектрики — блокують проходження струму

Електричний струм — це **впорядкований (напрямлений) рух заряджених частинок**.

- У металах носіями струму є **вільні електрони**.
- У рідинах (електролітах) — **іони** (позитивні та негативні).
- У газах — **електрони та іони**, що виникають під дією іонізації.
- У напівпровідниках — електрони і так звані «дірки».



Провідники: «Море електронів»



Атомна структура

Метали — це атомні ядра, занурені в «море» вільних електронів, які не прив'язані до конкретних атомів



Механізм струму

Під дією електричної напруги вільні електрони організовано рухаються, створюючи електричний струм



Практичний приклад

Мідний провідник — основа всіх електричних мереж завдяки високій провідності та стійкості до корозії

Діелектрики: ізолятори з особливими властивостями

Високий електричний опір

Матеріали з дуже високим опором (10^{12} – 10^{18} Ом·м), що практично не пропускають електричний струм навіть при значних напругах

Зв'язані електрони

Електрони міцно зв'язані з атомними ядрами, тому їх рух сильно обмежений і не може утворювати струм провідності

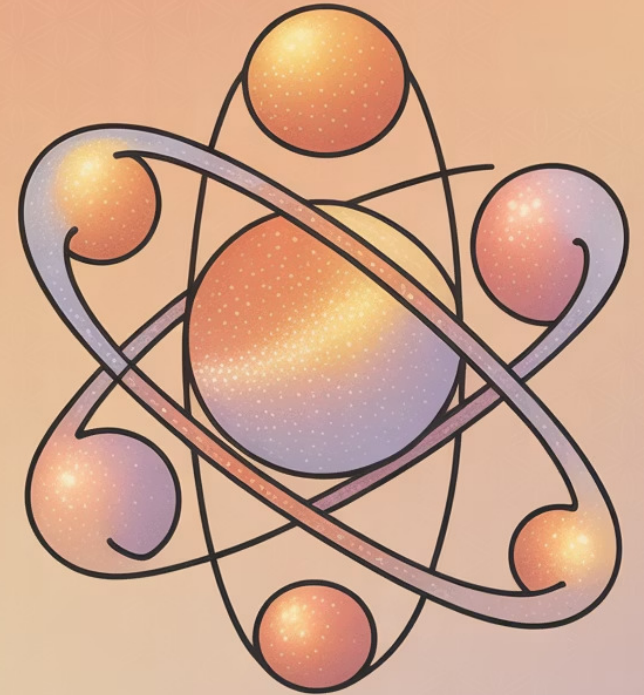
Матеріали-приклад

Пластмаси, скло, кераміка, гума — основа сучасної електроізоляції в побуті та промисловості



Модель атома в провіднику

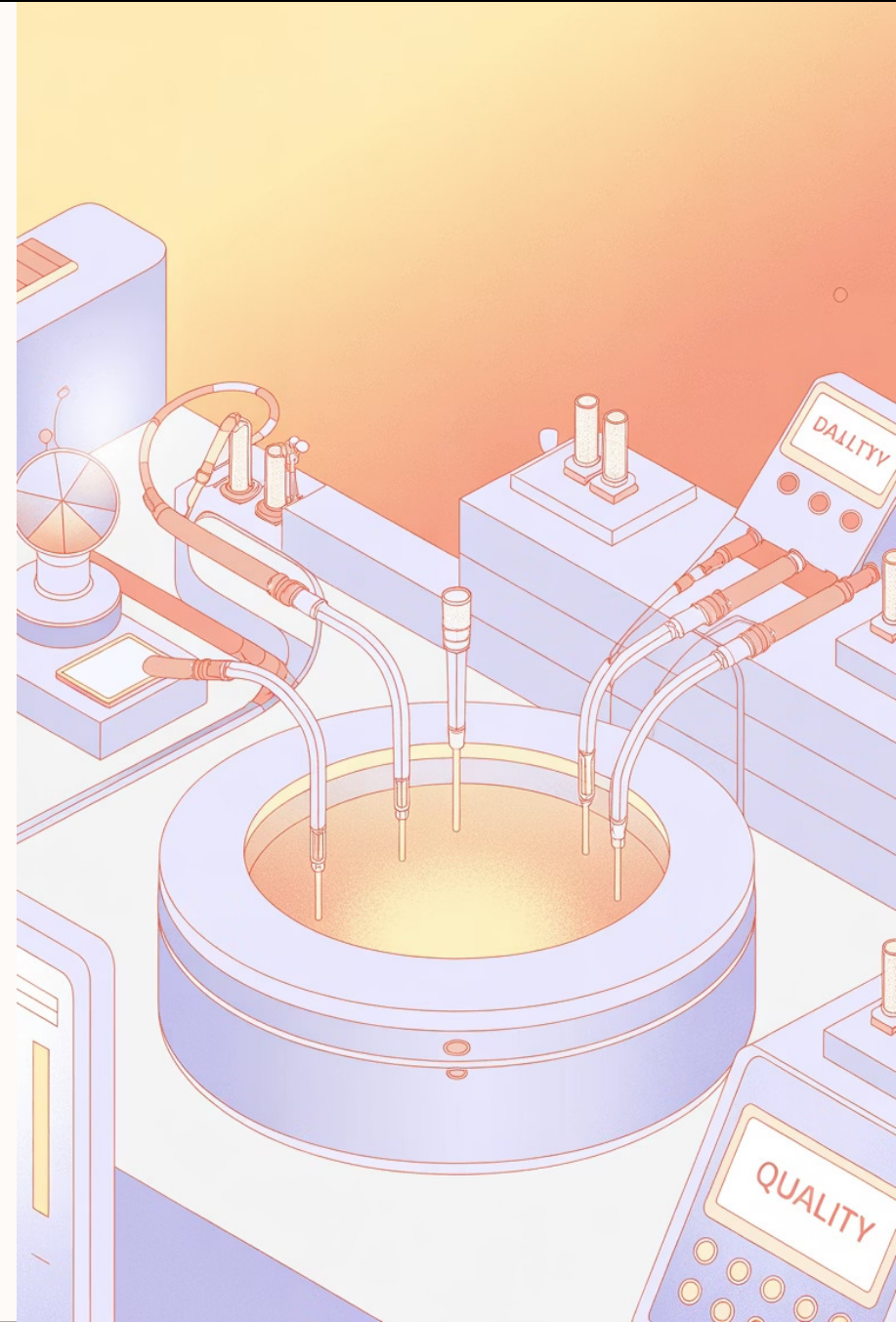
Візуалізація «моря електронів»: атомні ядра оточені хмарою вільних електронів, що можуть легко переміщуватися під дією електричного поля. В провідниках багато вільних електронів, а у діелектриках майже немає вільних носії заряду (електронів)



Частина 2

Важливі характеристики діелектриків

Розглянемо ключові параметри, що визначають поведінку діелектричних матеріалів у електричному полі



Діелектрична міцність і стала

1

Діелектрична міцність

Максимальна напруженість електричного поля, яку матеріал може витримати без електричного пробою.

Вимірюється в кВ/мм

Повітря: ~3 кВ/мм

2

Діелектрична стала

Безрозмірна величина, що характеризує здатність матеріалу поляризуватися в електричному полі. Показує у скільки разів поле слабшає

Вода: $\epsilon = 81$

3

Вибір матеріалу

Залежить від конкретного застосування: для ізоляції потрібна висока міцність, для конденсаторів — велика діелектрична стала

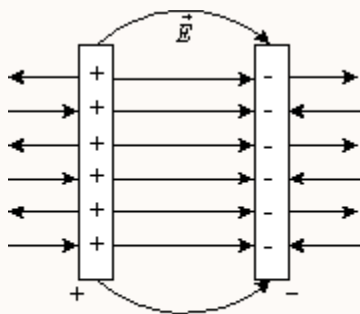


Рис.4.1.17.

Конденсатор з діелектриком

Схематичне зображення плоского конденсатора з діелектриком між пластинами. Векторні лінії показують розподіл електричного поля

Вплив діелектрика на ємність конденсатора

01

Заповнення простору

Коли діелектрик заповнює простір між пластинами, ємність конденсатора зростає в ϵ разів

02

Діелектрична стала

Відношення ємності з діелектриком до ємності у вакуумі дає діелектричну сталу матеріалу

$$C = \epsilon \epsilon_0 \frac{S}{d}$$

де ϵ — діелектрична стала, ϵ_0 — електрична стала, S — площа пластин, d — відстань між ними

03

Практичне значення

Ключова властивість для створення компактних конденсаторів у електроніці та енергетиці

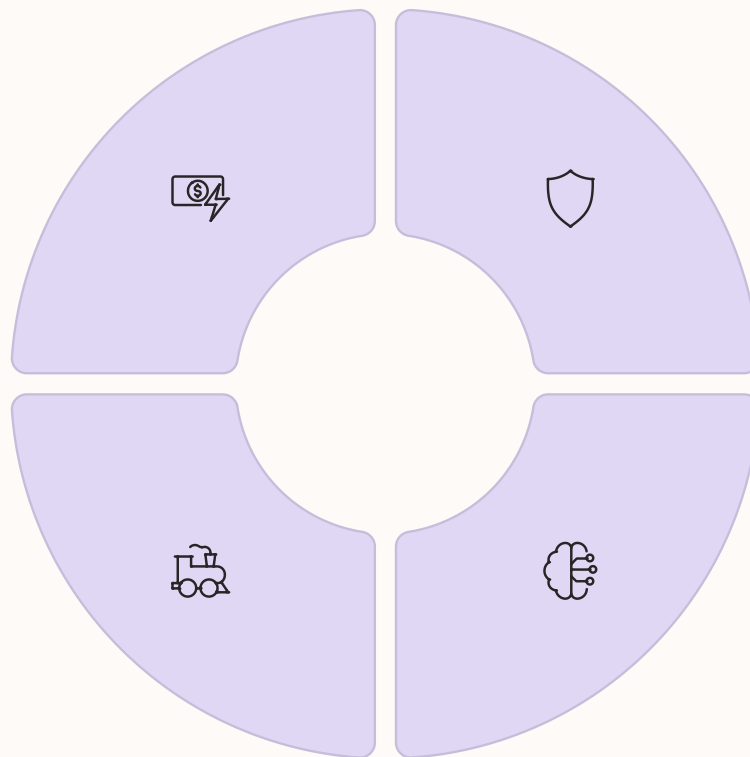
Висновок: дві сторони електричного світу

Провідники

Забезпечують рух електричних зарядів і протікання струму в електричних колах

Важливість знань

Розуміння властивостей — фундамент сучасної електротехніки та електроніки



Діелектрики

Ізолюють струмоведучі частини та зберігають електричну енергію через поляризацію

Застосування

Від кабелів до конденсаторів, трансформаторів і мікросхем — основа всіх електронних пристроїв

Задача: Закон Кулона

Умова задачі

Два точкові заряди $q_1 = +2$ мкКл і $q_2 = -3$ мкКл розташовані на відстані $r = 10$ см один від одного у вакуумі.

Знайти: силу взаємодії між зарядами

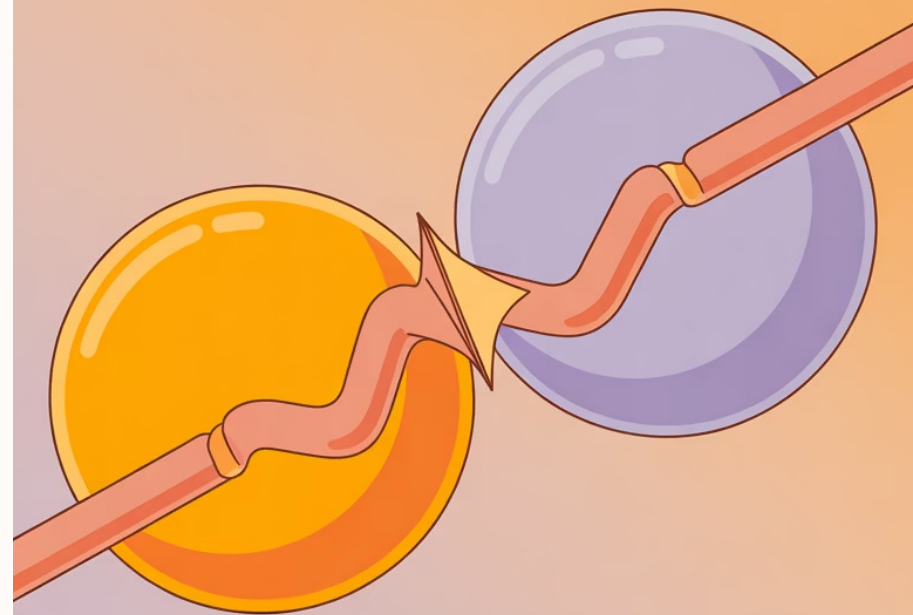
Розв'язання

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

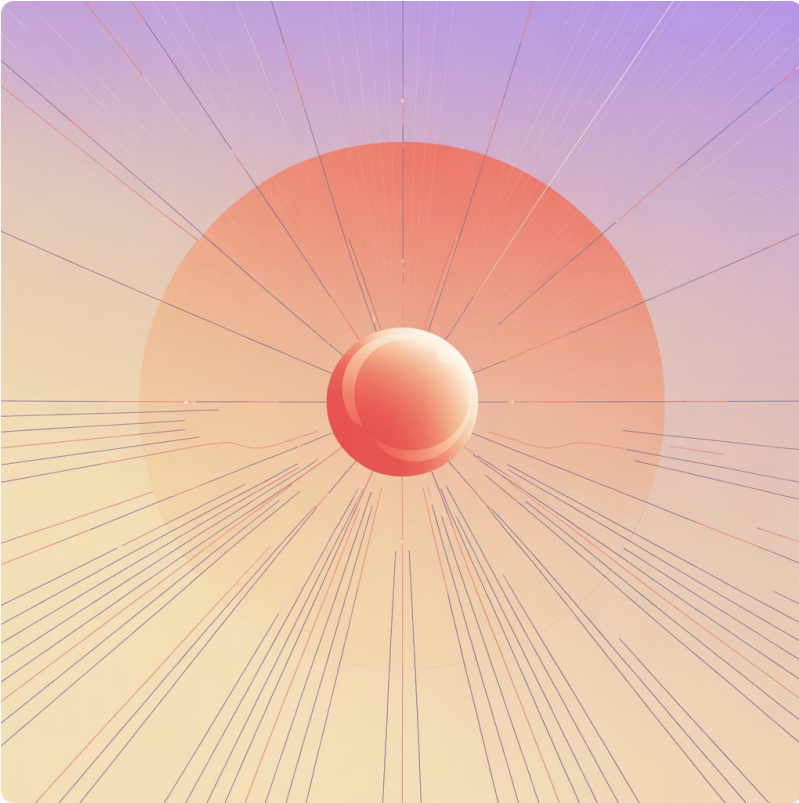
$$F = 9 \times 10^9 \times (2 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^{-6}) / (0.1)^2$$

$$F = 5.4 \text{ Н}$$

Сила притягання (заряди різних знаків)



Задача: Напруженість електричного поля



Розв'язання

Напруженість поля точкового заряду:

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

Підставляємо значення:

$$E = 9 \times 10^9 \times 5 \times 10^{-9} / (0.03)^2$$

$$E = 45 / 0.0009$$

$$E = 50\,000 \text{ В/м} = 50 \text{ кВ/м}$$

Дано

Точковий заряд $Q = 5 \text{ нКл}$ створює електричне поле

Знайти: напруженість поля на відстані $r = 3 \text{ см}$

Задача: Суперпозиція напруженостей

1

Система зарядів

Два заряди $+3$ мкКл і -3 мкКл на відстані 4 см. Знайти напруженість у точці, рівновіддаленій на 3 см від кожного

2

1. Напруженість від одного заряду в точці P :

$$E_0 = \frac{k|q|}{r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{(0,03)^2} = 3,0 \cdot 10^7 \text{ Н/Кл.}$$

2. Геометрія: половина відстані між зарядами $a = 2$ см.

Косинус кута між лінією до заряду і віссю, що сполучає заряди: $\cos \theta = \frac{a}{r} = \frac{2}{3}$.

3. Вертикальні (перпендикулярні) компоненти E взаємно компенсуються, горизонтальні додаються:

$$E = 2E_0 \cos \theta = 2 \cdot 3,0 \cdot 10^7 \cdot \frac{2}{3} = 4,0 \cdot 10^7 \text{ Н/Кл.}$$

Відповідь:

$$E = 4,0 \times 10^7 \text{ Н/Кл}$$

Напрямок — уздовж лінії, що сполучає заряди, **від + до -** (тобто у бік від'ємного заряду).

Завдання біля дошки:

- Два однакові точкові позитивні заряди перебувають на відстані 10 мм один від одного. Заряди взаємодіють із силою $7,2 \cdot 10^{-4}$ Н. Визначте величини цих зарядів.
- Дві однакові маленькі заряджені кульки знаходяться на відстані 40 см одна від одної. Заряд однієї з них 8 нКл, а заряд другої -2 нКл. Кульки привели в контакт, а потім повернули на початкову відстань. Знайдіть силу взаємодії кульок до і після контакту.
- 7(в). Точкові заряди 20 нКл і 40 нКл закріплені на відстані 10 см один від одного у вакуумі. Посередині між ними розміщують точковий заряд -5 нКл. Обчисліть модуль і напрямок результуючої сили, яка діє на цей заряд.
- Визначте напруженість поля, що його створює протон на відстані $5,3 \cdot 10^{-11}$ м від нього. Яка сила діє на електрон, що знаходиться в цій точці?
- 5(в). У двох сусідніх вершинах квадрата зі стороною 50 см містяться заряди по 27 нКл кожний. Визначте напруженість поля у двох інших вершинах квадрата.



Дякую!

Запитання?

Готовий обговорити будь-які аспекти поведінки провідників та діелектриків в електричному полі