

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія економіки, соціально-гуманітарних та
фундаментальних дисциплін**

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

**з навчальної дисципліни «Фізика»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**272Авіаційний транспорт
Оператор безпілотних літальних апаратів**

за темою - Електричне поле

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.02.2024 №2

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу Харківського
національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 17.01.2024 №6

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з гуманітарних та соціально-
економічних дисциплін
Протокол від 22.02.2024 №2

Розглянуто на засіданні циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, протокол від 05.01.2024 №14

Розробник:

Викладач циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, Пузир М.С.

Рецензенти:

- 1.Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, кандидат технічних наук, доцент Черниш А.А.*
- 2.Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.*

План лекції

1. Електростатичне поле, його характеристика та закономірності.
2. Закон Кулона.
3. Принцип суперпозиції електростатичних полів.
4. Графічне зображення електростатичного поля.

Рекомендована література:

Основна

1. Дмитрієва В. Ф. Фізика : навчальний посібник / В. Ф. Дмитрієва. – К.: Техніка, 2008. – 608 с.

Додаткова

1. Курс фізики : навчальний посібник / [Зачек І. Р., Кравчук І. М., Романишин Б. М., Габа В. М., Гончар Ф. М.]. – Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2002. – 376 с.
2. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – 224 с.
3. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 208 с.
4. Збірник задач з фізики : навчальний посібник / [Лопатинський І. Є., Зачек І. Р., Серeda В. М., Крушельницька Т. Д., Українець Н. А.]. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 124с.

Текст лекції

1. Електростатичне поле, його характеристика та закономірності

Усі тіла в природі складаються з найдрібніших частинок, які умовно назвали елементарними. Елементарні частинки характеризуються масою і електричним зарядом. Сила електромагнітної взаємодії частинок на багато порядків перевищує силу їхньої гравітаційної взаємодії. Значення сили електромагнітної взаємодії частинок визначається їхніми електричними зарядами.

За сучасними уявленнями, електричний заряд є фізичною величиною, яка визначає інтенсивність електромагнітних взаємодій.

Два знаки електричних зарядів

У природі існують частинки з електростатичними зарядами протилежних знаків. Заряд електрона вважають негативним, а заряд прогону – елементарної частинки, яка входить до складу ядра атома, — позитивним.

Більшість тіл *електрично нейтральні*; кількість електронів у них дорівнює кількості протонів. Атом будь-якої речовини нейтральний. Якщо порушити електричну нейтральність тіла, то воно стає *наелектризованим*.

Тіло, заряджене негативно, означає, що воно має надлишок електронів. Тіло, в якого електронів менше, ніж позитивно заряджених частинок, заряджене позитивно. Позитивний заряд утворюється, наприклад, на склі, натертому шкірою, негативний – на бурштині натертому шерстю.

Елементарний заряд

Під час електризації електричний заряд змінюється не безперервно і довільно, а тільки на точно певне значення, що дорівнює або кратне мінімальній кількості електрики, яка називається елементарним електричним зарядом. Отже, **електричний заряд має дискретний характер і змінюється на цілу кратну величину (кантується).**

Найменшу за масою стабільну частинку, яка має елементарний електричний негативний заряд, називають електроном. Заряд електрона

$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл}$. Маса електрона $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$. Заряд протона позитивний і за модулем дорівнює заряду електрона, його маса $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$. Заряд тіла,

яке складається з N заряджених частинок, кратний цілим значенням заряду електрона: $Q = \pm Ne$. Елементарний заряд уперше виміряв Р.Е. Міллікен у 1909р.

Чи існують дробові заряди? Це припущення виникло в зв'язку з передбаченням

існування кварків – частинок, з яких побудована більшість важких елементарних частинок, наприклад протонів. Припускали, що заряд кварків $\pm 1/3e$, $\pm 2/3e$. Кварки шукали багато вчених різними методами, але всі вони

мали негативний результат. Отже, тепер експериментально з великою точністю встановлено, що **дробових зарядів у вільному стані не існує.**

Закон збереження заряду

Значення заряду, яке вимірюють у різних інерційних системах відліку, завжди однакове й не залежить від того, рухається він чи перебуває в спокої.

Сумарний заряд електрично ізолюваної системи не змінюється.

Електричні заряди не створюються і не зникають, а тільки передаються від одного тіла до іншого або пере розділяються всередині данного тіла:

$$\sum_{i=1}^n Qi = \text{const.}$$

Це твердження називається *законом збереження електричного заряду*.

Крім протонів і електронів, існує безліч інших елементарних заряджених частинок. Усі вони беруть участь у різних процесах взаємоперетворень, але, який би не був процес взаємоперетворень, сумарний заряд частинок до взаємоперетворення дорівнює сумарному заряду після взаємоперетворення.

Отже, заряд не є самостійною суттю, що не залежить від матерії, він одна з властивостей матерії. Закон збереження заряду має таке своє фундаментальне значення у фізиці, як і інші закони збереження (енергії, імпульсу, моменту імпульсу та ін.).

2. Закон Кулона

Розділ електродинаміки, в якому вивчають взаємодію нерухомих зарядів, називають електростатикою.

Така взаємодія здійснюється через *електростатичне поле*.

Основний закон електростатики – закон взаємодії двох нерухомих точкових зарядів (електрично заряджених тіл, розміри яких малі порівняно з відстанями між ними) – експериментально встановив французький фізик Ш. Кулон (1736-1806) у 1785 р., і тому його назвали законом Кулона.

Щоб визначити силу взаємодії двох зарядів, Кулон скористався крутильними терезами – установкою, яка складається зі скляної палички, підвищеної на тонкому пружному дроті і поміщеному у скляну циліндричну посудину. На одному кінці закріплюють маленьку металеву кульку, а на другому – протизавагу. Верхній кунець нитки кріплять до шкали з поділками. За допомогою цієї шкали визначають кут закручування нитки. Крізь отвір у кришці посудини вводять другу таку саму кульку. Якщо кулькам надати заряду, то вони взаємодіють між собою. Про силу взаємодії роблять висновок з кута закручування нитки. У загальному випадку сили взаємодії залежать від форм і розмірів наелектризованих тіл і характеру розподілу зарядів на них.

характеру розподілу зарядів на них. У випадку нерухомих точкових зарядів, тобто зарядів` розподілених на тілах, лінійні розміри яких малі порівняно з відстанями, на яких розглядають їх взаємодію, слушним є закон Кулона.

Кулон експериментально встановив, що коли заряд кульки, яку вносять у прилад` збільшити в n разів` захишивши заряд кульки, закріпленої на сшійній паличці` сталим, то сила їх взаємодії збільшується в n разів. Якщо відстань між кульками збільшувати в n разів, то сила їх взаємодії зменшиться в n^2 разів. Отже,

сила електричної взаємодії між двома нерухомими точковими електрично зарядженими тілами у вакуумі пропорційна добутку їх зарядів і обернено пропорційна квадрату відстані між ними.

В умовах взаємодії однойменні заряди відштовхуються, різнойменні - притягуються. Сили Кулона напрямлені по прямій, яка сполучає ці заряди.

Закон Кулона для взаємодії точкових зарядів Q_1 і Q_2 , розміщених на відстані r один від одного у вакуумі, записують у формі.

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

де k - коефіцієнт пропорційності, який залежить від вибору системи одиниць фізичних величин.

3. Принцип суперпозиції електростатичних полів

Результуюча сила, яка діє на точковий заряд Q з боку двох інших зарядів Q_1 і Q_2 , дорівнює геометричній сумі сил F_1 і F_2 з боку кожного із зарядів Q_1 і Q_2 . Оскільки

$$F_1 = QE_1 \text{ і } F_2 = QE_2.$$

де E_1 і E_2 – напруженості полів, створених зарядами Q_1 і Q_2 , то

$$F = QE_1 + QE_2 = Q(E_1 + E_2).$$

У цьому полягає принцип накладання, або суперпозиції полів.

Якщо поле створене двома зарядами Q_1 і Q_2 , то модуль вектора E визначають за теоремою косинусів:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \alpha},$$

де E_1 , E_2 – напруженості електричного поля в точці A , які створюють заряди Q_1 , Q_2 , α – кут між ними E_1 , E_2 . Загальний принцип суперпозиції:

Якщо в певній точці простору різні заряджені частинки створюють поля напруженості E_1 , E_2 , E_3 і т.д., то результуюча напруженість поля в цій точці поля дорівнює

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots$$

Принцип суперпозиції полів полягає в тому, що поля, накладаючись, ніяк не впливають одне на одне. Завдяки цьому принципу, для напруженості поля точкового заряду, можна знайти напруженість поля системи заряджених частинок будь-якій точці.

У різі векторного поля обчислення напруженості системи електричних зарядів спрощують, використовуючи теорему Остроградського-Гаусса:

потік

вектора напруженості електричного поля у вакуумі крізь замкнену поверхню довільної форми дорівнює відношенню алгебраїчної суми зарядів всередині цієї поверхні до електричної сталої ϵ_0 :

$$\Phi_E = (\sum_{i=1}^n Q_i) / \epsilon_0.$$

4. Графічне зображення електростатичного поля

Електричне поле графічно зображають силовими лініями. Або лініями напруженості поля. Ними називають лінії, дотичні до яких у кожній точці збігаються з вектором напруженості в даній точці поля.

Лінії напруженості електростатичного поля ніколи не можуть бути замкнені самі на себе. Вони мають обов'язково початок і кінець або йдуть у нескінченність.

Це свідчить про наявність у природі двох родів електричних зарядів.

Умовились вважати, що

Лінії напруженості електричного поля напрямлені від позитивного заряду до негативного, тобто виходять з позитивного, а входять у негативний заряд.

Лінії напруженості ніколи не перетинаються.

Перетин ліній означав би, що вектор напруженості електричного поля не має певного напрямку. Густиною ліній напруженостей характеризують напруженість поля. У місцях, де напруженість поля менша, лінії проходять рідше. Приклади найпростіших електричних полів подано на рис. а-г.

Електричне поле, у всіх точках якого напруженість поля однакова за модулем і напрямом ($E = \text{const}$), є однорідним. Прикладом такого поля можуть бути електричні поля рівномірно заряджені площини рис.а.

Кількість силових ліній, що проходять перпендикулярно до площини S , або потік вектора напруженості електричного поля обчислюють за формулою

$$\Phi_E = E_n S.$$

Якщо силові лінії проходять перпендикулярно до поверхні сфери, то

$$\Phi_E = E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q}{\epsilon_0}.$$