

## 1-й семестр

**ЕЛЕКТРОДИНАМІКА****Електричне поле. Електричний струм**

- Електричні взаємодії
- Електричне поле
- Потенціал і різниця потенціалів
- Електроємність. Енергія електричного поля
- Електричний струм. Сила струму
- Робота й потужність струму
- Закон Ома для повного кола
- Електричний струм у різних середовищах

**Тематичне планування**

№ з/п	Тема уроку	Дата проведення
1	Електричні взаємодії	
2	Електричне поле. Напруженість електричного поля	
3	Потенціал і різниця потенціалів	
4	Електроємність. Енергія електричного поля	
5	Електричний струм. Сила струму	
6	Робота й потужність струму. Закон Джоуля—Ленца	
7	ЕРС. Закон Ома для повного кола	
8	Лабораторна робота № 1 «Визначення ЕРС і внутрішнього опору джерела струму»	
9	Електричний струм у металах, електролітах і газах	
10	Електричний струм у напівпровідниках	
11	Лабораторна робота № 2 «Дослідження електричного кола з напівпровідниковим діодом»	
12	Тематичне оцінювання з теми «Електричне поле й електричний струм»	

**УРОК 1/1**

**Тема.** Електричні взаємодії

**Мета уроку:** ознайомити учнів з електричними взаємодіями; роз'яснити їм фізичний зміст закону збереження заряду й закону Кулона.

**Тип уроку:** урок вивчення нового матеріалу.

## ПЛАН УРОКУ

Демонстрації	5 хв	1. Взаємодія наелектризованих тел. 2. Закон Кулона
Вивчення нового матеріалу	30 хв	1. Електричні взаємодії. 2. Закон збереження електричного заряду. 3. Закон Кулона
Закріплення вивченого матеріалу	10 хв	1. Якісні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

**ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ****1. Електричні взаємодії**

Перші кроки до розгадки природи електрики були зроблені під час вивчення електричних розрядів, які виникають між різноманітними зарядженими тілами. Такі розряди нагадують малюсіньку блискавку.

Для того щоб зрозуміти появу всіх цих іскор, ознайомимось з одним з електричних явищ. Візьмімо пластмасовий гребінець або авторучку й проведемо нею кілька разів по сухому волоссю або вовняному светру. Як не дивно, але після такої простої дії пластмаса набуде нової властивості: почне притягувати дрібні шматочки паперу, інші легкі предмети й навіть тонкі струмки води.

Із виконаних дослідів і спостережень можна зробити висновок:

➤ *явища, у яких тіла набувають властивості притягувати інші тіла, називають електризацією.*

У XVII столітті німецький учений Отто фон Герике виявив, що електрична взаємодія може бути не тільки притягуванням, але

й відштовхуванням. На початку XVIII століття французький учений Шарль Дюфе пояснив притягування й відштовхування наелектризованих тіл існуванням двох типів електричних зарядів:

- якщо тіла мають електричні заряди того самого типу, вони відштовхуються, а якщо різних типів, то притягаються.

Тіла, що мають здатність до електричних взаємодій, називають *наелектризованими*. Якщо тіло наелектризоване, говорять, що воно має електричний заряд.

- **Електричний заряд** — це фізична величина, що характеризує інтенсивність електромагнітних взаємодій тіл або частинок.

Заряди різних типів назвали *позитивними* і *негативними*.

Електричний заряд наелектризованої скляної палички, потертої об шовк, назвали позитивним, а заряд ебонітової палички, потертої об хутро, — негативним.

Тіла, що не мають електричного заряду, називають незарядженими, або електрично нейтральними. Але іноді й такі тіла мають здатність до електричних взаємодій.

## 2. Закон збереження електричного заряду

Під час електризації тіло, що втратило частину своїх електронів, заряджається позитивно, а тіло, що набуло зайвих електронів, — негативно. Загальна ж кількість електронів у цих тілах залишається незмінною.

Під час електризації тіл виконується дуже важливий закон — закон збереження заряду:

- в електрично ізольованій системі тіл алгебраїчна сума зарядів всіх тіл залишається незмінною.

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Цей закон не стверджує, що сумарні заряди всіх позитивно заряджених і всіх негативно заряджених частинок повинні кожний окремо зберігатися. Під час іонізації атома в системі утворюються дві частинки: позитивно заряджений іон і негативно заряджений електрон. Сумарні позитивний і негативний заряди при цьому збільшуються, повний же електричний заряд залишається незмінним. Неважко побачити, що завжди зберігається різниця між загальним числом всіх позитивних і негативних зарядів.

Закон збереження електричного заряду виконується й тоді, коли заряджені частинки зазнають перетворення. Так, під час зіткнення двох *нейтральних* (не мають електричного заряду) частинок можуть народжуватися *заряджені* частинки, однак алгебраїчна сума зарядів породжених частинок при цьому дорівнює нулю: разом з позитивно зарядженими частинками народжуються й негативно заряджені.

## 3. Закон Кулона

Французький учений Шарль Кулон досліджував, як залежить сила взаємодії між зарядженими тілами від значень зарядів тіл і від відстані між ними. У своїх дослідах Кулон не враховував розміри тіл, що взаємодіють.

Заряд, поміщений на тілі, розміри якого малі порівняно з відстанями до інших тіл, із якими воно взаємодіє, називають *точковим* зарядом.

Закон Кулона, відкритий 1785 р., кількісно описує взаємодію заряджених тіл. Він є фундаментальним законом, тобто установленний за допомогою експерименту й не впливає ні з якого іншого закону природи.

- *Нерухомі точкові заряди*  $q_1$  й  $q_2$  *взаємодіють у вакуумі із силою*  $F$ , *прямо пропорційною модулям зарядів і обернено пропорційною квадрату відстані*  $r$  *між зарядами:*

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

Значення коефіцієнта пропорційності  $k$  залежить від вибору системи одиниць.

Одиниця електричного заряду в СІ названа на честь Кулона — це 1 кулон (Кл).

Коефіцієнт пропорційності  $k$  в законі Кулона чисельно дорівнює  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ . Фізичний зміст цього коефіцієнта полягає ось у чому: *два точкові заряди по 1 Кл кожний, що перебувають на відстані 1 м один від одного, взаємодіють із силою, що дорівнює*  $9 \cdot 10^9 \text{ Н}$ .

## ПИТАННЯ ДО УЧНІВ У ХОДІ ВИКЛАДУ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### Перший рівень

1. Як можна визначити, чи заряджені тіла?

- У яких випадках заряджені тіла притягуються, а в яких — відштовхуються?
- За яких умов виконується закон збереження електричного заряду?
- Від чого залежить електрична сила взаємодії заряджених тіл?
- У чому подібність і розбіжності закону всесвітнього тяжіння й закону Кулона?

### Другий рівень

- Чому притягування шматочків паперу натертим гребінцем не можна пояснити дією сил тяжіння, пружності й ваги?
- Чи залежить сила електричної взаємодії від відстані між зарядженими тілами? Підтвердьте вашу відповідь прикладом.
- За допомогою якого досліду можна проілюструвати закон збереження електричного заряду?
- Як зміниться сила кулонівської взаємодії двох точкових зарядів у разі збільшення кожного заряду в 3 рази, якщо відстань між ними зменшити у 2 рази?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Якісні питання

- Як взаємодіють між собою:
  - дві ебонітові палички, натерті хутром;
  - ебонітова паличка, натерта хутром, і скляна паличка, натерта шовком?
- Чи можна наелектризувати ебонітову паличку тертям об ебонітову пластинку?
- Дві однакові металеві кульки заряджені рівними за модулем, але різнойменними зарядами. Після доторкання кульок їх повернули в первинне положення. У скільки разів змінилася сила взаємодії?
- Дві однакові металеві кульки із зарядами  $q$  й  $3q$  розташовані на відстані, яка набагато перевищує радіуси кульок. Після доторкання кульок їх повернули в первісне положення. У скільки разів змінилася сила електричної взаємодії між кульками?

## 2. Навчаємося розв'язувати задачі

- Чому електричне відштовхування виявили майже через дві тисячі років після того, як було виявлене притягання?

### Розв'язання

Два тіла зазнають електричного притягання, якщо заряджено тільки одне з тіл, причому зарядом будь-якого знака. А електричне відштовхування проявляє себе тільки тоді, коли заряджені обидва тіла, причому обов'язково однойменно.

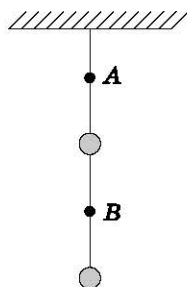
- Коли з першої крапельки мільярд електронів перемістили на другу, між ними виникла сила електричної взаємодії. Скільки ще електронів необхідно перемістити з першої крапельки на другу, щоб ця сила збільшилася в 4 рази?
- На якій відстані перебувають один від одного точкові заряди 4 і 6 нКл, якщо сила їхньої взаємодії дорівнює 6 мН?
- Скільки електронів треба «перенести» з однієї порошини на іншу, щоб сила кулонівського притягання між порошинами на відстані 1 см дорівнювала 10 мкН? (Відповідь:  $2,1 \cdot 10^9$ )
- Заряди двох однакових маленьких металевих кульок дорівнюють  $q_1 = -2$  нКл й  $q_2 = +10$  нКл. Після доторкання кульок їх розвели на попередню відстань. У скільки разів змінився модуль сили взаємодії між ними?

### Розв'язання

Нехай відстань між кульками дорівнює  $r$ . Тоді модуль сили взаємодії між ними змінився від  $F_0 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$  до  $F = k \frac{q^2}{r^2}$ . Тут  $q$  — заряд кожної з кульок після доторкання. Відповідно до закону збереження заряду  $2q = q_1 + q_2$ . Отже,  $\frac{F_0}{F} = \frac{4|q_1||q_2|}{(q_1 + q_2)^2}$ .

Відповідь: зменшився в 1,25 раза.

- На шовковій нитці висять дві заряджені кульки масою 20 мг кожна (див. рисунок). Модулі зарядів кульок 1,2 нКл. Відстань між кульками 1 см. Чому дорівнює сила натягу нитки в точках А і В? Розгляньте випадки однойменних і різнойменних зарядів. (Відповідь: сила натягу нитки в точці А дорівнює 0,39 мН; у точці В для однойменних зарядів 0,33 мН, а для різнойменних — 66 мкН.)



### ЩО МИ ДІЗНАЛИСЯ НА УРОЦІ

- Явища, у яких тіла набувають властивості притягувати інші тіла, називають електризацією.
- Електричний заряд — це фізична величина, що характеризує інтенсивність електромагнітних взаємодій тіл або частинок.
- В електрично ізольованій системі тіл алгебраїчна сума зарядів всіх тіл залишається незмінною:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const.}$$

- Заряд, поміщений на тілі, розміри якого малі порівняно з відстанями до інших тіл, з якими воно взаємодіє, називають точковим зарядом.
- Нерухомі точкові заряди  $q_1$  й  $q_2$  взаємодіють у вакуумі із силою  $F$ , прямо пропорційною модулям зарядів і обернено пропорційною квадрату відстані  $r$  між зарядами:

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

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 1.
2. 36.:  
Рів1 № 1.8; 1.9; 1.10; 1.11.  
Рів2 № 1.31; 1.32; 1.34, 1.35.  
Рів3 № 1.54, 1.55; 1.56; 1.57.

## УРОК 2/2

**Тема.** Електричне поле. Напруженість електричного поля

**Мета уроку:** сформулювати уявлення учнів про електричне поле і його властивості; дати поняття про напруженість електричного поля.

**Тип уроку:** урок вивчення нового матеріалу.

### ПЛАН УРОКУ

Демонстрації	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виявлення електричного поля зарядженої кулі за допомогою зарядженої гільзи.</li> <li>2. Відхилення стрілки електromетра, поміщеного в електричне поле заряду.</li> <li>3. Досліди із султанами, установленими на ізолюючих штативах</li> </ol>
Вивчення нового матеріалу	35 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електричне поле.</li> <li>2. Напруженість електричного поля.</li> <li>3. Напруженість поля точкового заряду.</li> <li>4. Принцип суперпозиції.</li> <li>5. Лінії напруженості.</li> <li>6. Речовина в електричному полі</li> </ol>
Закріплення вивченого матеріалу	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Якісні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Електричне поле

В основі всіх фізичних явищ лежить взаємодія між тілами або частинками, що беруть участь у цих явищах. Механічна дія тіл одне на одного відбувається або в разі безпосереднього зіткнення тіл, або за наявності між ними якого-небудь матеріального посередника. Так, під час удару двох куль здійснюється безпосередній контакт обох тіл, що взаємодіють, а під час буксирування одного автомобіля іншим дія одного автомобіля на інший передається через третє тіло — трос. Земля рухається навколо Сонця через те, що взаємодіє з ним через гравітаційне поле.

У всіх випадках, коли між двома тілами немає контакту, можна виявити таке «третє тіло», яке, будучи посередником, передає дію від одного тіла до іншого, причому з кінцевою швидкістю.

Наприклад, дія тіла, що видає звук, на барабанну перетинку вуха передається через повітря зі швидкістю звуку. Інша справа — взаємодія електричних зарядів. Заряджені тіла діють одне на одне, хоча на перший погляд немає ніякого посередника між ними.

Відповідно до припущення англійського вченого М. Фарадея навколо заряджених тіл існує середовище, за допомогою якого й здійснюється електрична взаємодія. Простір, що оточує один заряд, впливає на простір, що оточує інший заряд, і навпаки. Посередником у цій взаємодії є електричне поле:

- *кожне заряджене тіло створює електричне поле, що діє на інші заряджені тіла.*

До Фарадея вважали, що матерія існує тільки у формі речовини, а взаємодія між тілами, що складаються із цієї речовини, відбувається тільки під час безпосереднього контакту або через простір без якого-небудь «посередника» (наприклад, за допомогою сил тяжіння). Фарадей же припустив, що існує інша форма матерії — поле, причому поле є посередником під час взаємодії тіл.

Таким чином,

- *електричне поле — це форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими тілами.*

Головна властивість електричного поля полягає в його здатності діяти на електричні заряди із певною силою.

Чим більший електричний заряд тіла, тим сильніше електричне поле створює навколо себе це тіло. Здатність електричного поля діяти на заряд дозволяє ввести кількісну характеристику електричного поля.

## 2. Напруженість електричного поля

Якщо по черзі поміщати в ту саму точку поля невеликі заряджені тіла й вимірювати сили, що діють на них з боку поля, то виявиться, що сили прямо пропорційні величинам зарядів. Відношення сили до заряду  $\frac{F}{q}$  залишається постійним, не залежить від модуля заряду й характеризує тільки електричне поле в тій точці, де

перебуває заряд. Цю характеристику називають напруженістю електричного поля.

- *Відношення сили  $\vec{F}$ , що діє з боку електричного поля на точковий пробний заряд  $q$ , поміщений у цю точку поля, до цього заряду називається напруженістю електричного поля в цій точці:*

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

Напруженість поля в одиницях СІ виражають:  $[E] = \text{Н/Кл}$ .

Щоб повністю охарактеризувати електричне поле, треба задати його напруженість у кожній точці простору. Тоді силу  $\vec{F}_1$ , що діє на довільний заряд  $q_1$ , який перебуває в цій точці, можна знайти за формулою  $\vec{F}_1 = q_1 \vec{E}$ , де  $\vec{E}$  — напруженість поля в цій точці.

## 3. Напруженість поля точкового заряду

Модуль напруженості поля в цій точці знайдемо за допомогою закону Кулона. На заряд  $q$ , що перебуває на відстані  $r$  від заряду

$Q$ , діє сила  $F = k \frac{Qq}{r^2}$ . Оскільки модуль напруженості поля  $E = F/q$ , одержуємо, що модуль напруженості поля точкового заряду

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

## 4. Принцип суперпозиції

Дослід показує, що якщо пробний заряд перебуває в полі, створеному декількома зарядами, то кожний з них діє на пробний заряд незалежно від інших. У цьому полягає принцип суперпозиції полів:

- *напруженість електричного поля системи  $N$  зарядів дорівнює векторній сумі напруженостей полів, створюваних кожним з них окремо:*

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

## 5. Лінії напруженості

Електричне поле не діє на органи почуттів. Його ми не бачимо й не відчуваємо. Проте розподіл поля в просторі можна зробити

видимим. Для цього уведемо своєрідну графічну модель електричного поля — лінії напруженості.

- Уявні лінії, дотичні до яких у кожній точці збігаються з напрямком напруженості електричного поля, називаються **силовими лініями**, або **лініями напруженості електричного поля**.

Щоб охарактеризувати не тільки напрямок, але й модуль напруженості поля в різних точках, силові лінії проводять так, що **густота силових ліній пропорційна до модуля напруженості**. У такому випадку силові лінії є **безперервними**, отже, починаються на **позитивних зарядах** і закінчуються на **негативних зарядах**.

**Силові лінії електричного поля не перетинаються** (якби вони перетиналися, то в точці їх перетину напрямок напруженості поля не був би визначений).

За напрямок напруженості поля приймають напрямок сили, що діє на позитивний заряд.

Варто звернути увагу учнів на те, що лінії напруженості лише допомагають наочно уявити розподіл поля в просторі і є не більш реальними, ніж меридіани й паралелі на земній кулі.

## 6. Речовина в електричному полі

У деяких речовинах є заряджені частинки, які можуть вільно переміщатися в речовині. Такі частинки називають **вільними зарядами**, а речовини, що містять вільні заряди, називають **провідниками**.

Як тільки провідник потрапляє в електричне поле, то під впливом сил, що діють на вільні електрони з боку цього поля, вони починають рухатися упорядковано в напрямку, протилежному до напруженості поля. Цей процес перерозподілу зарядів у провіднику протікає майже миттєво. При цьому одна сторона провідника заряджається негативно (надлишок електронів), а інша — позитивно (нестача електронів). Ці заряди створюють поле, напруженість якого протилежна до напруженості зовнішнього поля.

Це поле збільшується за напруженістю доти, доки його не компенсує зовнішнє поле, і, отже, напруженість сумарного поля усередині об'єму провідника не дорівнюватиме нулю. Подальше збільшення заряду на кінцях провідника теж припиняється. Це явище дістало назву електростатичної індукції.

- **Явище електростатичної індукції полягає в тому, що на кінцях провідника виникають різнойменні заряди в рівних кількостях, а напруженість поля усередині провідника дорівнює нулю.**

Якщо провідник заряджений, то його вільні заряди розподіляться таким чином, щоб електричне поле усередині провідника стало рівним нулю, тому що й у цьому випадку вільні заряди будуть переміщатися в провіднику доти, поки поле усередині провідника не зникне.

Розрахунки й досліди показують, що статичний електричний заряд розташований завжди на поверхні провідника — як у випадку зарядженого, так і у випадку незарядженого провідника.

Відсутність електричного поля й зарядів усередині провідника використовують для створення так званого електростатичного захисту. Оскільки заряди на провіднику розташовуються на його поверхні, розподіл зарядів буде однаковим для суцільного й порожнього провідників — наприклад, для кулі й сфери такого самого радіуса. Отже, поле усередині провідної сфери або будь-якої іншої замкнутої ділянки, оточеної провідником, дорівнює нулю. Тому чутливі до електричного поля прилади розміщують у металевих ящиках.

Електростатичний захист використовують і для того, щоб захистити людей, які працюють із пристроями, що перебувають у сильному електричному полі (металевою сіткою оточують робочий простір).

Речовини, у яких вільні заряди відсутні, називають **діелектриками**.

Діелектриками є гази й рідини. Серед твердих тіл найпоширеніші діелектрики — це скло, пластмаси, гума.

У діелектриках електрони міцно зв'язані зі своїми молекулами (або атомами).

У молекулах деяких речовин центри розподілу позитивних і негативних зарядів не збігаються. Такі діелектрики називають **полярними**, тому що в їхніх молекул є ніби два «полюси» зарядів — позитивний і негативний.

Діелектрики, у молекулах яких центри розподілу позитивних і негативних зарядів збігаються, називаються **неполярними**.

Під дією електричного поля позитивні й негативні заряди в молекулі «розтаскуються» у протилежні сторони. У результаті центри розподілу позитивних і негативних зарядів молекули перестають

збігатися: у неї, так само як і в молекулі полярного діелектрика, з'являються позитивний і негативний «полюси».

Під дією електричного поля молекули як полярних, так і неполярних діелектриків «вишиковуються» в аналогічний спосіб — уздовж зовнішнього електричного поля. Це явище називається *поляризацією діелектрика*. При цьому усередині діелектрика позитивний і негативний заряди компенсуються, але на його поверхні з'являються заряди. Ці заряди називають *зв'язаними*, оскільки вони обумовлені перерозподілом заряду тільки усередині молекул (а не у всьому зразку, як це відбувається під час руху вільних зарядів у провіднику).

Напруженість «внутрішнього» поля, що виникло в результаті поляризації діелектрика, спрямована протилежно до напруженості зовнішнього електричного поля. У результаті модуль напруженості результуючого поля зменшується. Таким чином,

➤ *внаслідок поляризації діелектрика електростатичне поле усередині діелектрика зменшується.*

Величина, яка показує, у скільки разів зменшується електричне поле усередині однорідного діелектрика, називається *діелектричною проникністю* й позначається  $\epsilon$ .

У результаті зменшення електричного поля зменшується й сила взаємодії заряджених тіл, занурених у діелектрик, тому що їх взаємодія здійснюється за допомогою поля. Наприклад, для зарядів, що перебувають в однорідному діелектрику з діелектричною проникністю  $\epsilon$ , закон Кулона набуває такого виду:

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

## ПИТАННЯ ДО УЧНІВ У ХОДІ ВИКЛАДУ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### Перший рівень

1. Чим відрізняється простір, що оточує заряджене тіло, від простору, що оточує незаряджене тіло?
2. Які головні ознака й властивість електричного поля?
3. Як можна виявити електричне поле в певній точці?
4. Чим визначається густина силових ліній?
5. Як визначається напрямок ліній напруженості поля?
6. Як можна захистити людей від шкідливого впливу зовнішніх електричних полів?

### Другий рівень

1. Як зміниться енергія електричного поля двох різнойменних зарядів, якщо зменшити відстань між ними? збільшити відстань між ними?
2. Чи можуть силові лінії перетинатися?
3. Чи справедливим є твердження, що вільні заряджені частинки рухаються в електростатичному полі уздовж силових ліній цього поля?
4. За рахунок якої енергії відбувається поділ електричних зарядів у процесі електростатичної індукції?
5. Чому діелектрик послаблює електростатичне поле?
6. Чому діелектрична проникність різних речовин має різні значення?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Якісні питання

1. Чи передається дія заряджених тіл одне на одного в безповітряному просторі?
2. Електричне поле зарядженої кулі діє на заряджену порошокину, що перебуває поблизу його. Чи діє поле порошокини на кулю?
3. У міру видалення від точкового заряду густина ліній напруженості зменшується. Що це означає?

### 2. Навчаємося розв'язувати задачі

1. На гладкому дерев'яному столі розміщено дві заряджених кулі. У початковий момент кулі перебувають у спокої. Як буде змінюватися енергія електричного поля, створеного зарядами куль, якщо відпустити кулі? Чи залежить відповідь від того, заряди одного знака чи протилежних мають кулі?

#### Розв'язання

Під дією електричних сил обидві кулі почнуть рухатися, тобто їхня кінетична енергія почне збільшуватися. Отже, відповідно до закону збереження енергії буде зменшуватися енергія електричного поля, створеного кулями. Це відбуватиметься як у тому випадку, коли кулі заряджені однойменно — тоді вони почнуть віддалятися одна від одної внаслідок відштовхування, так і в тому

випадку, коли кулі заряджені різнойменно — тоді вони будуть наближатися одна до одної внаслідок притягування.

*Відповідь:* енергія електричного поля в кожному разі буде зменшуватися.

2. Чому стрілка електрометра відхиляється, якщо до нього піднести заряджений предмет, не торкаючись електрометра?

*Вказівка.* У результаті поділу зарядів, що відбувається під дією електричного поля, стрілка й нижня частина стрижня електрометра набувають однойменних зарядів.

3. Маленьку заряджену кульку піднесли до великого металевого листа. Покажіть орієнтовний вид силових ліній електричного поля.

4. Два позитивних заряди 0,2 і 1,8 мкКл закріплені на відстані 60 см один від одного. Де потрібно розмістити третій заряд, щоб кулонівські сили, які діють на нього, компенсували одна одну? (*Відповідь:* на відстані 15 см від меншого заряду й 45 см — від більшого.)

### ЩО МИ ДІЗНАЛИСЯ НА УРОЦІ

- Електричне поле — це форма матерії, за допомогою якої здійснюється взаємодія між електрично зарядженими тілами.
- Відношення сили  $\vec{F}$ , що діє з боку електричного поля на точковий пробний заряд  $q$ , поміщений у дану точку поля, до цього заряду називається напруженістю електричного поля в цій точці:

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

- Принцип суперпозиції полів: напруженість електричного поля системи  $N$  зарядів дорівнює векторній сумі напруженостей полів, створюваних кожним з них окремо:

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

- Уявні лінії, дотичні до яких у кожній точці збігаються з напрямком напруженості електричного поля, називаються силовими лініями або лініями напруженості електричного поля.

- Явище електростатичної індукції полягає в тому, що на кінцях провідника виникають різнойменні заряди в рівних кількостях, а напруженість поля усередині провідника стає рівною нулю.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 2.
2. 36.:  
Рів1 № 1.18; 1.19; 1.20; 1.24.  
Рів2 № 1.45; 1.46; 1.48, 1.51.  
Рів3 № 1.58, 1.59; 1.61; 1.68.
3. Д: підготуватися до самостійної роботи № 1.