

**Усі** уроки  
**ФІЗИКИ**  
**9 клас**  
Кирик Л. А.

Навчально-методичний посібник

Харків  
Видавнича група «Основа»  
2009

УДК 37.016  
ББК 74.262.22  
К43

Рецензенти:

*О. М. Єрмолаєв*, завідувач кафедурою теоретичної фізики Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна, доктор фізико-математичних наук, професор;

*М. А. Волосюк*, вчитель-методист, учитель фізики ліцею будівництва й архітектури м. Харкова

**Кирик Л. А.**

**К43** Усі уроки фізики. 9 клас.— Х.: Вид. група «Основа», 2009.— 288 с.

ISBN 978-611-00-0280-6.

В посібнику надані методичні рекомендації щодо проведення уроків фізики в 9 класі загальноосвітніх навчальних закладів за програмою 12-річної школи. Пропонований посібник містить календарне планування й методичні рекомендації до підручника «Фізика–9» авторського колективу у складі Божинової Ф. Я., Кирюхіної О. О., Кирюхіна М. М.

Книга містить календарно-тематичне планування, поурочні розробки, методичні рекомендації, тематичне оцінювання за всіма темами. Посібник буде корисним як молодим учителям, так і вчителям зі стажем, а також студентам педагогічних ВНЗ.

УДК 37.016  
ББК 74.262.22

*Навчальне видання*

**КИРИК Леонід Анатолійович**

**УСІ УРОКИ ФІЗИКИ. 9 КЛАС**

Головний редактор *І. Ю. Ненашев*,

Редактор *В. В. Читов*,

Технічний редактор *О. В. Лебедева*,

Коректор *О. М. Журенко*

Підписано до друку 27.07.2009. Формат 60×84/16. Папір газетний.  
Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 16,8. Зам. № 9–07/27–5

ТОВ «Видавнична група “Основа”».  
Свідоцтво ДК № 1179 від 27.12.2002 р. Україна, 61001, Харків, вул. Плеханівська, 66.  
Тел. (057) 731-96-33. E-mail: office@osnova.com.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи КВ № 11389-262 Р від 26.06.2006 р.

Віддруковано з готових плівок

ПП «Тріада+», Харків, вул. Киргизька, 19. Тел. (057) 757-98-16, 757-98-15  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1870 від 16.07.2007 р.

ISBN 978-611-00-0280-6

© Кирик Л. А., 2009

© ТОВ «Видавнична група “Основа”», 2009

## ПЕРЕДМОВА

Ця книга призначена для вчителів фізики, що працюють за новою програмою в 9 класі.

Мета навчального посібника — надати методичну допомогу вчителям у розподілі навчального матеріалу по уроках і його систематизації. Для кожного уроку визначені: мета уроку, тип уроку, демонстрації, план викладу нового матеріалу. Виділено питання, що ставляться учням у ході викладу нового матеріалу. Виклад нового матеріалу може бути «сценарієм» уроку в діалоговому режимі.

Особлива увага приділена прийомам навчання учнів самостійної роботи на уроках і вдома. Учням пропонується домашнє завдання, що складається з трьох частин:

- 1) матеріал з підручника;
- 2) завдання зі збірника завдань;
- 3) завдання зі збірника різнорівневих самостійних і тематичних контрольних робіт.

Прочитавши відповідний параграф у підручнику і розв'язавши кілька запропонованих до нього завдань, учень може підготуватися до самостійної роботи або до тематичного оцінювання. Для тематичного контролю знань даються зразки тестів, самостійних робіт і підсумкових контрольних робіт.

До кожного уроку пропонується орієнтовне домашнє завдання. Кожне завдання має три рівні складності (середній, достатній і високий).

Коментуючи домашнє завдання, учитель наголошує на його «різнорівневості»: учням пропонується самим вибирати домашнє завдання за рівнем складності (середній, достатній і високий). Учитель може заздалегідь роздрукувати аркуші з номерами домашнього завдання (наприклад, на місяць, чверть або семестр) і роздати учням. Учень уже не зможе сказати: «Я не зміг виконати завдання», тому що завдання першого рівня дуже прості й не повинні викликати труднощів. Разом з тим, слабкий учень, розв'язавши

прості задачі і одержавши якусь впевненість у своїх силах, може спробувати виконати домашнє завдання більш високого рівня.

## Орієнтовний розподіл навчального часу

№ з/п	Тема	Кількість годин
Кількість годин на тиждень		2
Кількість годин на рік		70
1-й семестр		33
Електромагнітні явища		47
1	Електричне поле	6
2	Електричний струм	31
2-й семестр		37
3	Магнітне поле	10
4	Атомне ядро. Ядерна енергетика	14
5	Узагальнюючі уроки	3
	Резерв навчального часу	6

## Умовні позначки

**Підр.:** *Божинова Ф. Я., Кирюхіна О. О., Кирюхін М. М.* Фізика. 9 клас. Підручник для середніх загальноосвітніх шкіл.— Х.: Ранок, 2009.

**Зб.:** *Ненашев І. Ю.* Фізика. 9 клас. Збірник задач.— Х.: Ранок, 2009.

**Д.:** *Кирик Л. А.* Фізика. 9 клас. Різномірні самостійні й тематичні контрольні роботи.— Х.: Гімназія, 2009.

## Домашнє завдання

- рів1** — задачі середнього рівня складності.
- рів2** — задачі достатнього рівня складності.
- рів3** — задачі високого рівня складності.

## Календарно-тематичне планування

Розділи курсу фізики	Кількість годин	Дати проведення уроків
<b>Електромагнітні явища</b>		
<p><b>1. Електричне поле (5 годин)</b> Електризація тіл. Електричний заряд. Два роди електричних зарядів. Дискретність електричного заряду. Електричне поле. Взаємодія заряджених тіл. Закон Кулона</p>		
<p><b>2. Електричний струм (35 годин)</b> Електричний струм. Дії електричного струму. Електрична провідність матеріалів: провідники, напівпровідники та діелектрики. Струм у металах</p>		
<p>Електричне коло. Джерела електричного струму. Гальванічні елементи. Акумулятори. Сила струму. Амперметр. Вимірювання напруги. Електрична напруга. Вольтметр. Вимірювання напруги. Електричний опір. Залежність опору провідника від його довжини, площі поперечного перерізу та матеріалу. Питомий опір провідника. Реостати. Залежність опору провідників від температури. Закон Ома для однорідної ділянки електричного кола. З'єднання провідників. Розрахунки простих електричних кіл. Робота й потужність електричного струму. Закон Джоуля—Ленца. Електронагрівальні прилади. Електричний струм у розчинах і розплавах електролітів. Кількість речовини, що виділяється під час електролізу. Застосування електролізу в промисловості та техніці.</p>		
<p>Струм у напівпровідниках. Електропровідність напівпровідників. Залежність струму в напівпровідниках від температури. Термістори. Електричний струм у газах. Самостійний і несамостійний розряди. Застосування струму в газах у побуті, промисловості, техніці. Безпека людини під час роботи з електричними приладами й пристроями.</p>		

Розділи курсу фізики	Кількість годин	Дати проведення уроків
<p><b>3. Магнітне поле (10 годин)</b>            Постійні магніти. Магнітне поле Землі. Взаємодія магнітів. Магнітна дія струму. Дослід Ерстеда. Магнітне поле провідника зі струмом. Магнітне поле котушки зі струмом. Електромагніти.            Дія магнітного поля на провідник зі струмом. Електричні двигуни. Гучномовець. Електровимірювальні прилади.            Електромагнітна індукція. Гіпотеза Ампера. Досліди Фарадея</p>		
<p><b>4. Атомне ядро. Ядерна енергетика (12 годин)</b>            Атом і атомне ядро. Дослід Резерфорда. Ядерна модель атома. Радіоактивність. Види радіоактивного випромінювання. Активність радіонуклідів. Іонізуюча дія радіоактивного випромінювання. Дозиметри. Природний радіоактивний фон. Вплив радіоактивного випромінювання на живі організми.            Ядерна енергетика. Розвиток ядерної енергетики в Україні. Екологічні проблеми ядерної енергетики</p>		
<p><b>Узагальнюючі заняття</b>            Вплив фізики на суспільний розвиток та науково-технічний прогрес. Фізична картина світу. Ядерна енергетика та сучасні проблеми екології</p>		
<p><b>Лабораторні роботи (11 часів)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дослідження взаємодії заряджених тіл.</li> <li>2. Вимірювання сили струму за допомогою амперметра.</li> <li>3. Вимірювання електричної напруги за допомогою вольтметра.</li> <li>4. Вимірювання опору провідника за допомогою амперметра і вольтметра.</li> <li>5. Визначення залежності електричного опору від довжини провідника й площі його поперечного перерізу, матеріалу провідника.</li> <li>6. Дослідження електричного кола з послідовним з'єднанням провідників.</li> <li>7. Дослідження електричного кола з паралельним з'єднанням провідників.</li> </ol>		

Розділи курсу фізики	Кількість годин	Дати проведення уроків
8. Вимірювання потужності споживача електричного струму. 9. Дослідження явища електролізу. 10. Складання найпростішого електромагніта й випробування його дії. 11. Вивчення будови дозиметра й проведення дозиметричних вимірювань.		

## Типи уроків

Назва	Коротка характеристика
Урок вивчення нового матеріалу	Основна мета уроку — вивчити новий матеріал. Форми такого уроку можуть бути найрізноманітнішими: <ul style="list-style-type: none"> <li>• лекція;</li> <li>• виклад нового матеріалу в режимі діалогу «учитель — учень»;</li> <li>• самостійна робота учнів з навчальною літературою на уроці</li> </ul>
Комбінований урок	Це найпоширеніший тип уроку. Кількість елементів уроку може бути різною. Наприклад, виклад невеликої за обсягом частини нового матеріалу (10–20 хв), закріплення нового матеріалу (5 хв), розв’язання задач (5–20 хв), контроль знань (5–20 хв) або коротка самостійна робота (10–15 хв), можливий фронтальний лабораторний експеримент (5–15 хв). Комплексна актуалізація структурних елементів уроку робить його багатоцільовим й ефективним
Урок закріплення знань	Визначальна мета уроку — закріплення вивченого матеріалу. Форми її реалізації можуть бути такими: <ul style="list-style-type: none"> <li>• урок розв’язання задач;</li> <li>• фронтальний експеримент;</li> <li>• урок-семінар;</li> <li>• урок-конференція;</li> <li>• перегляд навчальних відеофільмів;</li> <li>• ігрові уроки («суд над тертям», «суд над інерцією») і т. ін.</li> </ul>

Назва	Коротка характеристика
Урок контролю й оцінювання знань	Головна мета даного уроку — всебічно й об'єктивно проконтролювати й оцінити засвоєні учнями знання, уміння й навички. Найбільш ефективні його форми: <ul style="list-style-type: none"> <li>• різнорівнева контрольна робота;</li> <li>• тестовий контроль;</li> <li>• тематичний залік;</li> <li>• лабораторні роботи.</li> </ul>

## План виконання навчальної програми

1 семестр

### Самостійні роботи

№ з/п	Назва	Дата проведення
1	Електризація тіл. Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона	
2	Електричне поле	
3	Електричний струм. Сила струму	
4	Напруга	
5	Електричний опір. Питомий опір	
6	Закон Ома для ділянки кола	
7	Послідовне з'єднання провідників	
8	Паралельне з'єднання провідників	
9	Обчислення електричних кіл	
10	Робота й потужність електричного струму. Закон Джоуля—Ленца	

### Лабораторні роботи

№ з/п	Назва	Дата проведення
1	Дослідження взаємодії заряджених тіл	
2	Паралельне з'єднання провідників	
3	Вимірювання напруги за допомогою вольтметра	
4	Вимірювання опору провідника за допомогою амперметра й вольтметра	
5	Вивчення залежності електричного опору від довжини провідника й площі його поперечного перерізу	



№ з/п	Назва	Дата проведення
6	Дослідження електричного кола з послідовним з'єднанням провідників	
7	Дослідження електричного кола з паралельним з'єднанням провідників	
8	Вимірювання потужності споживача електричного струму	
9	Дослідження явища електролізу	

2 семестр

### Самостійні роботи

№ з/п	Назва	Дата проведення
11	Електричний струм у різних середовищах	
12	Магнітні взаємодії. Магнітне поле	
13	Дія магнітного поля на провідник зі струмом	
14	Електромагнітна індукція	
15	Будова атома. Атомне ядро	
16	Радіоактивність. Ядерні реакції. Ядерна енергетика	

### Лабораторні роботи

№ з/п	Назва	Дата проведення
10	Збирання електромагніта й дослідження його дії	
11	Вивчення будови побутового дозиметра й проведення дозиметричних вимірів на місцевості	

### Тематичне оцінювання

№ з/п	Назва	Дата проведення
1	Електричне поле	
2	Електричний струм	
3	Магнітне поле	
4	Атомне ядро. Ядерна енергетика	

## ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЯВИЩА

### 1. Електричне поле

- Заряд й електромагнітна взаємодія
- Електричне поле
- Електроскоп
- Закон Кулона

### Тематичне планування

№ з/п	Тема уроку	Дата проведення
1	Заряд й електромагнітна взаємодія	
2	Електричне поле	
3	Механізм електризації різних тіл. Електроскоп	
4	Лабораторна робота № 1 «Дослідження взаємодії заряджених тіл»	
5	Закон Кулона	
6	Узагальнюючий урок за темою: «Електричне поле»	

## Урок 1/1

**Тема.** Заряд й електромагнітна взаємодія

**Мета уроку:** познайомити учнів із явищем електризації тіл; довести існування двох типів зарядів і пояснити їхню взаємодію.

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

### План уроку

<b>Демонстрації</b>	6 хв	1. Електризація різних тіл. 2. Два роди електричних зарядів. 3. Взаємодія наелектризованих тіл. 4. Провідники й непровідники електрики
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	32 хв	1. Знайомимо з електричним зарядом і його носіями. 2. Два типи електричних зарядів. 3. Згадаємо про йони. 4. Розрізняємо провідники й діелектрики
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	7 хв	1. Контрольні питання 2. Розв'язання якісних задач

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Знайомимо з електричним зарядом і його носіями

Історія вивчення електрики цікава й повчальна. Деякі, найбільш значущі історичні приклади, можна використати на уроках для підвищення інтересу до теми.

Грецький філософ Фалес Мілетський, що жив у 624–547 р. до нашої ери, відкрив, що бурштин, потертий об хутро, набуває властивості притягувати дрібні предмети — пушинки, соломинки тощо. Ця властивість протягом ряду сторіч приписувалася тільки бурштині, від назви якого й виникло слово «електрика».

Одним з фундаторів учення про електрику є Вільям Гільберт (1540–1603, Англія). Він був одним із перших учених, що затвердили експеримент як основу дослідження. Він показав, що під час тертя електризується не тільки бурштин, але й багато інших речовин і що притягують вони не тільки порошини, але й метали, дерево, папір, камінчики й навіть воду та олію.

Наступним етапом у розвитку вчення про електрику були досліді німецького вченого Отто фон Геріке (1602—1686). Він побудував першу електростатичну машину, засновану на принципі тертя. За допомогою цього приладу Геріке виявив, що, крім притягування, існує й електричне відштовхування.

Переконалися в існуванні електричної взаємодії можна за допомогою простих дослідів з електризації.



У ході дослідів необхідно звернути увагу учнів на те, що наелектризовані тіла взаємодіють один із одним з різними силами. Чому? Намагаючись розібратися з цим питанням, підводимо учнів до визначення поняття «електричний заряд».

Щоб мати можливість кількісно визначати інтенсивність електромагнітної взаємодії, фізики, за аналогією з масою, що визначає міру гравітаційної взаємодії частинок (тіл), увели ще одну фізичну величину — електричний заряд.

► *Електричний заряд — це властивість тіл або часток, що характеризує інтенсивність їхніх електромагнітних взаємодій.*

Природа «носіїв» електричних зарядів тривалий час залишалася загадковою. Перший крок до її розгадки зробив англійський учений Дж. Дж. Томсон 1897 року. Він виявив, що при потужних електричних розрядах виникають потоки надзвичайно легких електрично заряджених частинок.

Відкрити Томсоном частинку на честь електрона-бурштину — «першої електричної речовини» — назвали електроном. Електрон був першою з відкритих ученими елементарних частинок, тобто дрібних частинок речовини.

Наступний крок до розгадки природи електрики зробив на початку ХХ століття англійський учений Резерфорд. Досліджуючи будову атома, він довів, що в центрі атома перебуває дуже мале позитивно заряджене ядро, у якому зосереджена майже вся маса атома, а негативно заряджені електрони рухаються навколо ядра.

Так з'ясувалося, де саме всередині речовини «зосереджені» позитивні й негативні заряди: позитивні — у ядрах атомів, а негативні — в електронах.

## 2. Два типи електричних зарядів

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 притягуються.

Американський учений Бенджамін Франклін запропонував назвати електричні заряди одного типу позитивними, а іншого типу — негативними. Обґрунтовував він це тим, що тіла, які мають заряди різних типів, можуть, контактуючи одне з одним, повністю розрядитися, тобто втратити заряди. А це нагадувало додавання рівних за модулями чисел різних знаків, коли в результаті одержуємо нуль.

Узагальнюючи дослідні дані про взаємодію заряджених тіл і частинок, можна зробити висновок:

➤ *однойменно заряджені тіла відштовхуються, а різнойменно заряджені — притягуються.*

Електричний заряд переноситься тільки зарядженими частинками: електричного заряду без частинок не існує. Заряджені частинки називають носіями електричного заряду. Пам'ятаючи про це, ми будемо, однак, для стислості називати іноді заряджені частинки просто зарядами.

Найбільш «активний» носій електричного заряду — електрон, що обумовлено насамперед його малою масою. Наприклад, електрони є носіями заряду в металах.

Багатьма дослідями було доведено, що всі відомі елементарні частинки або не мають електричного заряду (такі частинки називаються нейтральними), або мають заряд, кратний за модулем заряду електрона. Тому модуль заряду електрона назвали елементарним електричним зарядом. Елементарний електричний заряд позначається  $e$ .

Найменший позитивний заряд — це заряд протона, що за модулем дорівнює заряду електрона.

Під час електризації двох тіл загальна кількість електронів у цих тілах залишається незмінною. Тому позитивний заряд, який здобуває одне з тіл, дорівнює за модулем негативному заряду, що здобувається іншим тілом. У цьому виражається закон збереження електричного заряду:

► *В електрично ізольованій системі алгебраїчна сума зарядів всіх тіл залишається незмінною.*

У СІ одиницею електричного заряду є кулон (Кл). Ця одиниця визначається через одиницю сили струму — ампер (А).

Заряд електрона дорівнює  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл .

### 3. Згадаємо про йони

Переносити електричний заряд можуть і йони — атоми, що втратили або здобули один або кілька електронів. Атом, що втратив електрон (електрони), стає позитивно зарядженим іоном, а той, що здобув електрон, — негативно зарядженим.

Наприклад, у розчині кам'яної солі (хімічна формула NaCl) носіями електричного заряду є позитивно заряджені йони натрію й негативно заряджені йони хлору.

### 4. Розрізняємо провідники й діелектрики

Електрони в металах можуть переміщатися по всьому шматку. А в багатьох розчинах солей, кислот і лугів по всьому об'єму можуть переміщатися йони (такі розчини називають електролітами).

У загальному випадку заряджені частинки, які можуть переміщатися по всьому об'єму тіла, називають вільними зарядами (у випадку металів — вільними електронами), а речовини, що містять вільні заряди, називають провідниками.

Оскільки живі тканини містять розчини солей, вони, звичайно, є провідниками (зокрема, провідником є тіло людини).

Якщо помістити провідник в електричне поле, то вільні заряди, що перебувають у ньому, почнуть рухатися, й у провіднику виникне спрямований рух зарядів, тобто електричний струм.

Провідники тому так і називаються, що вони проводять електричний струм.

У багатьох речовинах: газах, що перебувають за не занадто високої температури, різних рідинах (у тому числі дистильованій

воді), склі, пластмасах, гумі тощо — вільних зарядів немає. Такі речовини називають діелектриками (або ізоляторами, оскільки вони не проводять електричний струм і тому ізолюють провідники один від одного).

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ? Як можна визначити, чи заряджені тіла?
- ? Як показати, що при зіткненні електризуються обидва тіла?
- ? Як передати електричний заряд від одного тіла іншому?
- ? Як взаємодіють між собою: а) дві ебонітові палички, натерті хутром; б) ебонітова паличка, натерта хутром, і скляна паличка, натерта шовком?
- ? Як ви розумієте фразу «електричний заряд є дискретним»?
- ? Що таке електризація тіл? У який спосіб можна наелектризувати тіла?
- ? Чи можуть тіла мати заряд в 1,5 рази більше або менше заряду електрона?
- ? У чому полягає відмінність провідників від діелектриків?

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Які досліди доводять, що існують електричні заряди двох типів?
2. Іноді під час фарбування пульверизатором металевої поверхні їй передають заряд одного знака, а крапелькам фарби — заряд протилежного знака. Для чого це потрібно?
3. Чи можна наелектризувати ебонітову паличку шляхом тертя об ебонітову пластинку?
4. Чому, коли розчісують сухе волосся, воно прилипає до пластмасового гребінця?
5. Чому вважається, що в природі існують тільки два роди електричних зарядів?

### Що ми дізналися на уроці

- Електричний заряд — це властивість тіл або частинок, що характеризує інтенсивність їхніх електромагнітних взаємодій.
- Існують два типи електричних зарядів — позитивні й негативні.

- Одноіменно заряджені тіла відштовхуються, а різнойменно заряджені — притягуються.
- Закон збереження електричного заряду: в електрично ізольованій системі алгебраїчна сума зарядів всіх тіл залишається незмінною.
- У СІ одиницею електричного заряду є кулон (Кл).
- Речовини, що містять вільні заряди, називають провідниками.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 1.

2. 36.:

**рів1** — № 1.14; 1.15; 1.16; 1.17, 1.18.

**рів2** — № 1.40; 1.42; 1.44; 1.46, 1.50.

**рів3** — № 1.68, 1.69; 1.70; 1.72; 1.75.

Коментуючи домашнє завдання, учитель указує на його «разнорівневність»: учням пропонується самим вибирати домашнє завдання за рівнем складності (середній, достатній і високий). При цьому учень уже не зможе сказати: «Я не зміг розв'язати задачу», тому що завдання першого рівня дуже прості й не повинні викликати труднощів під час їх розв'язання. Разом з тим, слабкий учень, розв'язавши прості задачі та переконавшись у своїх силах, може спробувати виконати домашнє завдання вищого рівня.

Учитель може заздалегідь роздрукувати аркуші з номерами домашнього завдання (наприклад, на один урок, на місяць або на чверть) і роздати учням. При цьому можна запропонувати дітям вклеювати ці аркуші собі в зошит і під ними записувати розв'язання домашніх завдань.

Це полегшує контроль для вчителя й забезпечує самоконтроль для учнів.



## Урок 2/2

**Тема.** Електричне поле

**Мета уроку:** сформувати уявлення учнів про електричне поле і його властивості.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Що таке електричний заряд?</li> <li>2. Доведіть існування електричних зарядів двох типів.</li> <li>3. Закон збереження електричного заряду.</li> <li>4. Чи можна під час електризації тьмям зарядити тільки одне з дотичних тіл?</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Взаємодія заряджених тіл.</li> <li>2. Виявлення електричного поля заряджених тіл.</li> <li>3. Відеофрагмент «Дослід Йоффе — Міллікена»</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	27 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електричне поле.</li> <li>2. З'ясуємо, як був виміряний заряд електрона.</li> <li>3. Дізнаємося про вплив електричного поля на організм</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	8 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>1. Розв'язання якісних задач.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Електричне поле

Механічна взаємодія тіл відбувається або за умови безпосереднього зіткнення тіл, або за наявності між ними якого-небудь матеріального посередника. Так, під час удару двох куль здійснюється безпосередній контакт обох взаємодіючих тіл, а при буксируванні одного автомобіля іншим дія першого автомобіля до другого передається через третє тіло — трос. У всіх випадках, коли між двома взаємодіючими тілами немає контакту, можна виявити таке «третє тіло», що, будучи посередником, передає дію від одного тіла до іншого, причому дія передається з кінцевою швидкістю.

Інша справа — взаємодія електричних зарядів. Візьмемо заряджену кульку на нитці й піднесемо її до пластини, щоб наелектри-

зували за допомогою паперу. По мірі наближення пластини нитка з кулькою починає відхилятися від вертикалі.



Якщо розташувати пластину над кулькою, то нитка розташується вертикально вгору.



Чому ж кулька не повертається у вихідне положення? Висновок очевидний: на кульку, крім сили ваги й сили натягу нитки, діє ще якась третя сила, що не дозволяє кульці повернутися у вихідне положення.

Із цього досліду можна зробити висновок, що електричний заряд пластини є причиною зміни певних властивостей простору, що оточує цю пластину.

Простір, що оточує один заряд, впливає на простір, що оточує інший заряд, і навпаки. Посередником у цій взаємодії і є електричне поле.

➤ *Електричне поле — вид матерії, за допомогою якої здійснюється електрична взаємодія заряджених тіл, вона оточує будь-яке заряджене тіло й проявляє себе через дію на заряджене тіло.*

Таким чином, електрична взаємодія наелектризованої пластини й зарядженої кульки здійснюється за допомогою електричного поля. Коли кулька потрапила в електричне поле пластини, на неї починає діяти сила, у результаті чого кулька відхиляється.

Головна властивість електричного поля полягає в його здатності діяти на електричні заряди з певною силою. Силу, з якою електричне поле діє на внесений у нього електричний заряд, називають електричною силою.

Для конкретизації уявлень учнів про електричне поле корисно демонструвати досліди із султанами й демонструвати спектри електричного поля, що виникають навколо заряджених тіл (це допомагає учням створити геометричний образ електричного поля).

## 2. З'ясуємо, як був виміряний заряд електрона

Той факт, що електричне поле діє з певною силою на заряджені частинки, учені використали для визначення заряду електрона.

Досліди Р. Міллікена, проведені в 1910—1914 рр. у США, і досліди А. Йоффе, проведені в Росії (1912—1913), показали, що модуль заряду електрона — це мінімальний електричний заряд.

Завдяки дослідом Йоффе й Міллікена була доведена дискретність електричного заряду.

Модулі зарядів будь-яких частинок або тіл виявляються або рівними, або кратними модулю заряду електрона:  $q = Ne$  де  $N$  — ціле число.

Весь подальший розвиток фізики підтвердив правильність результатів, отриманих Р. Міллікеном та А. Ф. Йоффе. Тому електричний заряд  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл називається елементарним зарядом.

## 3. Дізнаємося про вплив електричного поля на організм

Усе життя людину оточують природні атмосферні електричні поля. Експериментально доведено, що поверхня Землі заряджена негативно, а верхні шари атмосфери — позитивно. З розвитком цивілізації природне електричне поле доповнилося електричними полями, що створюють різні електротехнічні пристрої. Особливо

небезпечний вплив на здоров'я спричиняють високовольтні лінії електропередач (ЛЕП).

Людина не відчуває електричного поля Землі, тому що її тіло — гарний провідник. Тому заряд Землі перебуває й на поверхні тіла людини, локально спотворюючи електричне поле.

Відомо, що клітини або тканини організму створюють навколо себе електричні поля. Вимір і реєстрація цих полів (електроенцефалографія, електрокардіографія, електроретинографія) широко використовуються для діагностики різних захворювань. А от вплив, особливо тривалий, зовнішнього поля на електричні поля клітин і тканин організму призводить до негативних явищ.

Дослідження показали, що ступінь функціональних розладів залежить від тривалості перебування людини в електричному полі. Найбільш чутливою є нервова система. Слідом за нею, очевидно, опосередковано можуть виникати розлади діяльності й серцево-судинної системи, зміни в складі крові.

Не знаючи про вплив на організм електричного поля високої напруги, деякі люди в зоні ЛЕП розбивають городи, подовгу й часто там знаходяться, доглядаючи за грядками. Це неприпустимо! Навіть професіоналам, що в обов'язках служби здійснюють тут контроль і ремонт, дозволяється працювати не більше двох годин на день.

У зоні ЛЕП небажано гуляти, кататися на лижах, особливо дітям, людям з ослабленою серцево-судинною системою. Це стосується й міських територій, по яких проходять високовольтні лінії. Потрібно максимально обмежити своє перебування в подібних місцях. Ночівлі ж абсолютно виключаються.

Під час роботи комп'ютера на екрані монітора накопичується електричний заряд, утворений електричним полем. Навіть якщо працювати на комп'ютері всього 45 хв, в організмі користувача змінюються гормональний стан і біоструми мозку, що викликає погіршення пам'яті, підвищує стомлюваність. А якщо тривалість роботи за комп'ютером більша, збільшується ймовірність виникнення захворювань серцево-судинної, нервової, імунної та інших систем організму.

Що ж робити? Адже немає сенсу відмовлятися від роботи за комп'ютером, перегляду телепередач, використання побутової техніки! Розв'язати проблему можна, знизивши величину елек-

тричних полів, наприклад, підвищуючи вологість приміщень, застосовуючи антистатичні добавки. Ефективне застосування штучної іонізації повітря, насичення його легкими негативними йонами.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ? *Чим відрізняється простір, що оточує заряджене тіло, від простору, що оточує незаряджене тіло?*
- ? *Як можна виявити електричне поле?*
- ? *Як змінюється сила, що діє на заряджену гільзу, коли вона віддалена від зарядженого тіла? Як показати це дослідним шляхом?*
- ? *Як дослідним шляхом показати, що електричний заряд ділиться на частини?*
- ? *Чи можна електричний заряд ділити нескінченно?*

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
1. Що спільного між гравітаційною й електричною взаємодією? Які найбільш помітні відмінності?
2. Як довести, що в даній точці простору існує електричне поле?
3. Чи взаємодіють заряджені тіла в безповітряному просторі?
4. Під час роботи кінескопів телевізорів або моніторів їхні екрани дуже швидко покриваються шаром пилу. Чому пил притягується до екранів?
5. Чи можуть мати тіла або частинки заряд в 1,5 рази більше або менше заряду електрона?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. Електроскопу передали заряд, рівний  $8 \cdot 10^{-11}$  Кл. Якому числу електронів відповідає цей заряд?
  2. Якщо до зарядженої металевої кульки доторкнутися пальцем, вона втрачає практично весь заряд. Чому?

*Розв'язок.* Людське тіло є провідником. При зіткненні двох провідників заряд перерозподіляється між ними так, що на більшому за розміром провіднику виявляється й більший за модулем заряд. Людське тіло набагато більше за кульку, тому практично весь заряд кульки переходить на тіло людини.

3. Якій кількості елементарних зарядів відповідає заряд, що дорівнює 1 Кл?
4. З якою силою електричне поле між двома горизонтальними зарядженими пластинами в досліді з визначення заряду електрона діяло на заряджену порошину масою 0,2 мг?

### Що ми дізналися на уроці

- Електричне поле — вид матерії, за допомогою якої здійснюється електрична взаємодія заряджених тіл, вона оточує будь-яке заряджене тіло й проявляє себе через дію на заряджене тіло.
- Силу, з якою електричне поле діє на внесений у нього електричний заряд, називають електричною силою.
- Завдяки дослідом Йоффе й Міллікена була доведена дискретність електричного заряду.
- Модулі зарядів будь-яких частинок або тіл виявляються або рівними, або кратними модулю заряду електрона:  $q = Ne$ , де  $N$  — ціле число.
- Загальне самопочуття, увага, працездатність, функціональний стан основних життєзабезпечуючих систем людини залежать від впливу зовнішніх електричних полів.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 2.
2. Зб.:

**рів1** — № 2.4; 2.5; 2.7; 2.9; 2.10.

**рів2** — № 2.13; 2.16; 2.18; 2.19, 2.20.

**рів3** — № 2.39, 2.41; 2.44; 2.46; 2.48.

## Урок 3/3

**Тема.** Механізм електризації різних тіл. Електроскоп

**Мета уроку:** пояснити учням процес електризації тіл; ознайомити з роботою електроскопа.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Що таке електричне поле?</li> <li>2. Як можна виявити електричне поле?</li> <li>3. Опишіть експеримент з визначення дискретності електричного заряду</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електризація під час тертя.</li> <li>2. Електризація через вплив.</li> <li>3. Виявлення електричних зарядів і визначення їхніх знаків за допомогою електроскопа</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пояснюємо електризацію тертям.</li> <li>2. Заземлюємо прилади й пристрої.</li> <li>3. Використовуємо заземлення для захисту від блискавки.</li> <li>4. Знайомимо з електризацією через вплив.</li> <li>5. Електроскоп й електрометр</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	10 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Навчаємося розв'язувати задачі.</li> <li>2. Контрольні питання</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Пояснюємо електризацію тертям

Процес передачі тілу електричного заряду називають електризацією. Під час тертя ебонітової палички об хутро паличка здобуває негативний заряд. З'ясуємо, яка причина утворення негативного заряду на ебонітовій паличці.

Знаючи будову атома, можна пояснити, що відбувається під час електризації тіл. Електрони, що перебувають на відстані від ядра, порівняно слабо втримуються ядром. Відокремившись від одного атома, ці електрони можуть приєднатися до іншого. Цим і пояснюється, що на одному тілі може утворитися надлишок електронів, а на іншому — нестача. У першому випадку тіло стає електрично негативним, у другому — позитивним. В електрично нейтральних

тілах негативний заряд всіх електронів дорівнює позитивному заряду ядер атомів.

Ні позитивні, ні негативні заряди не створювалися під час тертя.

► *Протягом електризації заряди не створюються, а тільки розділяються. При цьому електризуються обидва тіла, здобуваючи заряди протилежних знаків.*

Щоб підтвердити або спростувати будь-яку гіпотезу, її треба перевірити за допомогою експерименту. Виконаємо дослід. Піднесемо до підвішеної на нитці ебонітової палички шматочок вовни, об який її попередньо потерли. Паличка до нього притягнеться. Це підтверджує наше припущення про те, що паличка й вовна одержали заряди протилежного знака. Оскільки ебонітова паличка заряджена негативно, то можна зробити висновок, що вовна заряджена позитивно.

## 2. Заземлюємо прилади й пристрої

Як відомо, метали, вода з розчиненими в ній солями, графіт є гарними провідниками. Тіло людини також проводить електрику. Це можна виявити шляхом досліду: доторкнемося до зарядженої кульки рукою — кулька відразу ж розрядиться.

Організм людини майже на 90 % складається з води з розчиненими в ній солями. Тобто він здатний проводити через себе струм. І якщо цей струм достатньої сили, в організмі виникають часом необоротні процеси, що призводять до загибелі.

Якщо заряд передають від зарядженої кулі до незарядженої й розміри куль однакові, то заряд розділиться навпіл. Але якщо друга, незаряджена куля більша, ніж перша, то на неї перейде більше половини заряду. Чим більше тіло, якому передають заряд, тим більша частина заряду на нього перейде. На цьому засноване **заземлення** — передача заряду землі. Земна куля велика порівняно з тілами, що перебувають на ній. Тому при з'єднанні із землею заряджене тіло віддає їй майже весь свій заряд і практично стає електрично нейтральним.

Іншими словами, будь-яке заряджене тіло, якщо його з'єднати провідником із Землею, через певний час стає електрично нейтральним. Тіла, заряджені позитивно, одержать із землі необхідну



кількість електронів, а із заряджених негативно тіл зайва кількість електронів перейде в землю.

Дослідники виявили цю властивість Землі набагато раніше, ніж була створена атомна теорія речовини, і вже понад 200 років використовують її на практиці. Технічний прийом, що дозволяє розрядити будь-яке заряджене тіло шляхом прикладання його до землі, називають заземленням.

У деяких випадках для збереження заряду на провіднику треба між землею й провідником поставити «бар'єр» у вигляді діелектрика. Такою комбінацією (провідник плюс бар'єр з діелектрика) є, наприклад, плоскогубці електрика з гумовими ручками.



### 3. Використовуємо заземлення для захисту від блискавки

Іскорки, що пробігають під час вдягання й роздягання, і величезні блискавки — по суті одне й те саме явище.

Блискавка — це величне й грізне явище природи, що мимоволі викликає в нас почуття страху. Тривалий час людина не вміла пояснювати причин грозових явищ. Люди вважали грозу діянням богів, що карають людину за гріхи. Природу блискавки змогли пояснити після досліджень, проведених у XVIII ст. російськими вченими М. В. Ломоносовим і Г. Рихманом та американським ученим Б. Франкліном.

Пояснення М. В. Ломоносова було таким. У земній атмосфері повітря перебуває в постійному русі. Завдяки тертю висхідних і спадних повітряних потоків один об одного частинки повітря електризуються й, зіштовхуючись із крапельками води в хмарах, віддають їм свій заряд. Таким чином, у хмарах із часом накопичуються досить великі заряди. Вони й є причиною блискавок.

Ідея захисту від блискавки, запропонована Б. Франкліним, була дуже простою: змусити блискавку вдарити тільки в спеціально відведене місце. Усього сім років присвятив Франклін вивченню електрики. Головним підсумком цього захоплення й став блискавковідвід.

Блискавка переважно вдаряє в місця, що мають високу провідність. Так, ріка, сира глина, болотисті місця уражаються блискавкою частіше, ніж сухий пісок або кам'янистий ґрунт. Крім того, блискавка часто вражає віддалений окремий предмет, що стоїть на узвишші.

Відомо, що електричне поле концентрується поблизу вістря. Поблизу вістря й відбувається найчастіше розряд блискавки. Якщо розмістити металевий штир вище споруджень, з'єднати його за допомогою провідників із землею, то фактично ми одержимо блискавковідвід.

Такими конструкціями оснащені практично всі висотні будинки.

Що робити, якщо ви потрапили в грозу? Якщо ви опинилися під час грози на відкритій місцевості й не маєте можливості сховатися в будинку або машині, то відходьте подалі від дерев, що ростуть окремо, і високих будівель. Уникайте пагорбів та інших узвищ. Перебувати під деревами, що ростуть купою, більш безпечно, ніж на відкритій місцевості. Якщо поблизу є канава, то ховайтеся в ній. Позбудьтеся металевих предметів. Якщо вам не вдалося знайти укриття, то присядьте навпочіпки й обхопіть руками коліна.

Перебувати в будинку під час блискавки загалом досить безпечно. Не варто тільки під час грози розмовляти по телефону, триматися за металеві труби, займатися ремонтом електропроводки.

#### 4. Знайомимо з електризацією через вплив

Крім електризації шляхом контакту із зарядженим тілом, існує ще один спосіб електризації тіл.

Розглянемо дві задачі.

1. Чому незаряджені тіла притягуються до заряджених незалежно від знака їх заряду?

*Розв'язок.* Заряджене тіло створює навколо себе електричне поле, що, діючи на електрони й протони в незарядженому тілі, викликає в ньому поділ зарядів (див. рисунок). У результаті заряджене тіло 1 буде притягувати «ближню половину» незаряджено-

го тіла 2 і відштовхувати «далеку». Хоча заряди «половин» тіла 2 за модулем однакові, на «ближню» його половину діє більш сильне поле, оскільки вона перебуває ближче до зарядженого тіла 1. Внаслідок цього притягування «пересилить» відштовхування.



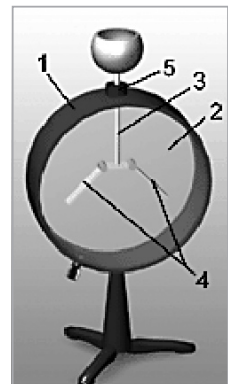
2. Як за допомогою негативно зарядженої металеві кульки зарядити позитивно іншу таку саму кульку, не змінюючи заряду першої кульки?

*Розв'язок.* Можна піднести заряджену кульку до незарядженої й торкнутися її пальцем (на короткий час заземлити). У результаті цього кулька набуває позитивного заряду. Заряд першої кульки залишається незмінним.

Описаний спосіб електризації тіл називають електризацією через вплив або електростатичну індукцію. Самі ж подібні заряди часто називають індукованими.

## 5. Електроскоп та електрометр

Для виявлення наелектризованих тіл служать спеціальні прилади — електроскопи. Зовнішній вигляд приладу ви бачите на рисунку. Циліндричний корпус (1) закритий склом (2). У середину приладу вставлений металевий стрижень (3) з легкорухомими листочками (4). Від металевого корпусу приладу стрижень відділений пластмасовою втулкою (5). Якщо виступаючої частини стрижня торкнутися яким-небудь наелектризованим тілом, то листочки відхиляться одна від одної.



Якщо стрижня електроскопа торкнутися наелектризованим тілом, то стрижень і листочки одержать однойменні заряди й лис-

точки почнуть відштовхуватися один від одного. За кутом відхилення листочків можна судити про заряд електроскопа.

Існує ще один вид електроскопа — електрометр. У ньому замість листочків на металевому стрижні укріплена стрілка. Стрілка, заряджаючись від стрижня, відштовхується від нього на певний кут. На передній стінці корпусу електрометра розташована шкала, що показує величину заряду, що передається електрометру.



### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

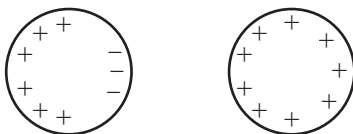
- ?** Що відбувається при тісному контакті двох тіл, виготовлених з різних матеріалів?
- ?** Як пояснюється електризація тіл тертям?
- ?** Чому при заземленні майже весь заряд тіла йде в землю?
- ?** Що відбувається при заземленні зарядженого тіла? Для чого заземлюють тіла?
- ?** Як за кутом розходження листочків електроскопа судять про його заряд?

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Навчаємося розв'язувати задачі

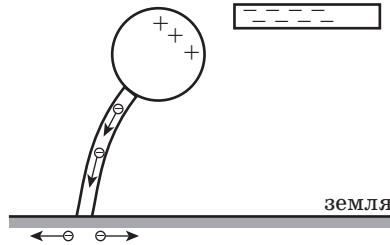
1) Як відомо, однойменні заряди відштовхуються. А чи можуть два однойменно заряджених тіла притягуватися одне до одного?

*Розв'язок.* Ефект перерозподілу зарядів може призвести до притягування однойменно заряджених тіл: «ближня» сторона одного з них може змінити знак заряду (див. рисунок). Притягування меншого за модулем, але ближче розташованого заряду «пересилить» відштовхування більшого за модулем, але більш віддаленого заряду. Таке можливо, якщо тіла перебувають досить близько одне до одного й заряд одного з них у багато разів перевищує заряд іншого.



2) Чи може тіло при заземленні здобути електричний заряд?

*Розв'язок.* Так, якщо тіло є провідником і перебуває в зовнішньому електричному полі. Це поле спричиняє поділ заряду (див. рисунок). На рисунку провід заземлення навмисно стовщений і показаний напрямком переміщення вільних електронів.



## 2. Контрольні питання

- 1) Чим відрізняється наелектризоване тіло від не наелектризованого з погляду його внутрішнього складу?
- 2) Якщо тілу, зарядженому позитивно, передати такий же за модулем негативний заряд, то тіло виявиться електрично нейтральним. Чи можна сказати, що заряди в цьому тілі зникли?

## Що ми дізналися на уроці

- Електризація тертям тіл пояснюється переходом частини електронів від одного тіла до іншого, у результаті чого тіла заряджаються різнойменно.
- Електризація тіл індукцією пояснюється перерозподілом електронів між тілами (або частинами тіла), у результаті чого тіла (або частини тіла) заряджаються різнойменно.
- Технічний прийом, що дозволяє розрядити будь-яке заряджене тіло шляхом з'єднання його із землею, називають заземленням.

## Домашнє завдання

1. Підр.: § 3.
2. Зб.:

**рів1** — № 2.3; 2.6; 2.8; 2.11; 2.12.

**рів2** — № 2.29; 2.30; 2.31; 2.33, 2.36.

**рів3** — № 2.50, 2.51; 2.52; 2.56; 2.58.

## Урок 4/4

**Тема.** Лабораторна робота № 1 «Дослідження взаємодії заряджених тіл»

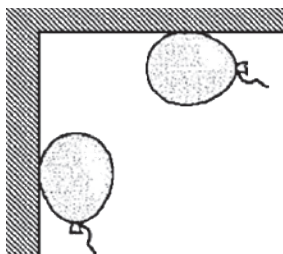
**Мета уроку:** вивчити характер взаємодії однойменно й різнойменно заряджених тіл.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** дві повітряні кульки, шовкові нитки, дві ебонітові й дві скляні палички, вовняна ганчирка, аркуш паперу, графітові ошурки від простого олівця, дрібно нарізаний папір, штатив з муфтами й лапками.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Прив'яжіть шовкові нитки до скляної й ебонітової паличок і закріпіть нитки в лапці штатива.
2. Зарядіть обидві ебонітові палички, потерши їх об вовну.
3. Повільно піднесіть одну ебонітову паличку до іншої, що висить на нитці.
4. Запишіть свої спостереження.
5. Зарядіть обидві скляні палички, потерши їх об папір.
6. Повільно піднесіть одну скляну паличку до іншої, що висить на нитці.
7. Запишіть свої спостереження.
8. Повільно піднесіть до скляної палички, що висить на нитці, ебонітову паличку.
9. Запишіть свої спостереження.
10. Надуйте дві кульки й зав'яжіть їх нитками.
11. Наелектризуйте кульки й піднесіть їх до стіни або стелі (див. рисунок).



12. Піднесіть наелектризовану кульку до дрібно нарізаних аркушів паперу.
13. Поясніть явища, що ви спостерігаєте.
14. Проаналізувавши результати експерименту, зробіть висновки й запишіть їх у зошит для лабораторних робіт.

Якщо після виконання лабораторної роботи в учнів залишиться кілька хвилин вільного часу, то їм можна запропонувати виконати кілька творчих завдань.

1. Зі шматочків повітряної кульки надміть 2 невеликі кульки діаметром близько 2 см.
2. Натріть їх графітовими ошурками до металевого блиску.
3. Зарядіть кульки однойменними зарядами й підвісьте за нитки на штативі в одній точці.
4. Візуально оцініть кут, на який розійшлися нитки.
5. Розрядіть одну з кульок, доторкнувшись до неї рукою.
6. Поясніть, чому кульки спочатку дотикаються, а потім знову розходяться.
7. Що можна сказати про зміну заряду кожної кульки?
8. Візуально оцініть кут, на який розійшлися нитки. Як змінився цей кут? Який висновок ви можете зробити?

### **Домашнє завдання**

1. Підр.: § 3.
2. Зб.:

**рів1** — № 2.14; 2.15; 2.157; 2.21; 2.22.

**рів2** — № 2.23; 2.24; 2.25; 2.265, 2.32.

**рів3** — № 2.55, 2.57; 2.59; 2.60; 2.62.

## Урок 5/5

**Тема.** Закон Кулона

**Мета уроку:** увести поняття точкового заряду, роз'яснити учням фізичний зміст закону Кулона.

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

### План уроку

Контроль знань	4 хв	1. Як перевірити, що під час зіткнення електризуються обидва тіла? 2. Що таке електричне поле? Як можна виявити електричне поле? 3. Як довести, що електричне поле має енергію?
Демонстрації	5 хв	1. Взаємодія заряджених тіл. 2. Відеофрагмент «Дія електричного поля на електричні заряди»
Вивчення нового матеріалу	25 хв	1. Точковий заряд. 2. Будова крутильних ваг. 3. Закон Кулона
Закріплення вивченого матеріалу	11 хв	1. Навчаємося розв'язувати задачі. 2. Контрольні питання

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Точковий заряд

На початку уроку необхідно звернути увагу учнів на подібність електричної й гравітаційної взаємодій (хоча між ними існують і значні відмінності). Обидва закони справедливі для точкових тіл. За аналогією можна сформулювати визначення точкового заряду:

➤ *Точковий заряд — електрично заряджене тіло, розмірами якого, порівняно з відстанню, на якій розглядається електрична взаємодія, можна знехтувати.*

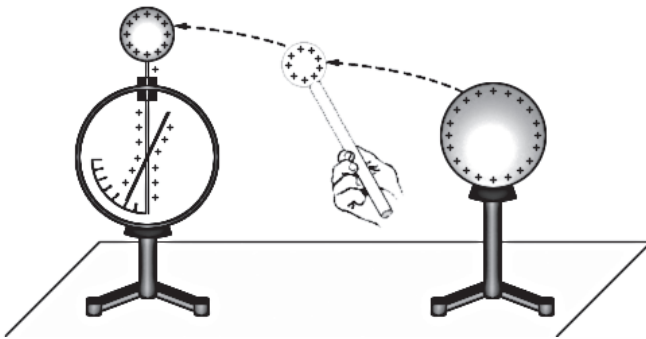
Назва «точковий заряд» не означає, що заряд розміщений на матеріальній точці. Всі тіла мають кінцеві розміри, ті самі заряди в одних випадках можуть уважатися точковими, в інших — ні.

### 2. Будова крутильних ваг

У звичайних лабораторних дослідах для виявлення й вимірювання електричних зарядів використовується електрометр — при-

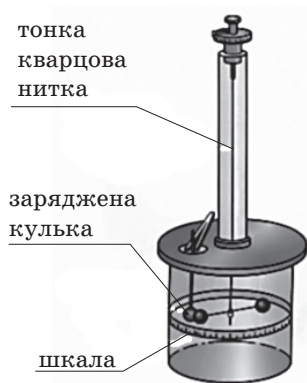


лад, що складається з металевого стрижня й стрілки, яка може обертатися навколо горизонтальної осі.



Сили електричного відштовхування зумовлюють поворот стрілки на певний кут, за яким можна судити про заряд, переданий стрижню електрометра.

Електрометр є досить грубим приладом; він не дозволяє досліджувати сили взаємодії зарядів. Уперше закон взаємодії нерухомих зарядів був установлений французьким фізиком Ш. Кулоном (1785 г). У своїх дослідях Кулон вимірював сили притягування й відштовхування заряджених кульок за допомогою сконструйованого ним приладу — крутильних ваг, що вирізнялися надзвичайно високою чутливістю. Так, наприклад, коромисло ваг поверталось на  $1^\circ$  під дією сили близько  $10^{-9}$  Н.



Ідея вимірів ґрунтувалася на блискучій здогадці Кулона про те, що якщо заряджену кульку привести в контакт із точно такою незарядженою, то заряд першої розділиться між ними нарівно. Таким чином, був зазначений спосіб змінювати заряд кульки у два, три й т. ін. рази.

### 3. Закон Кулона

Закон взаємодії точкових зарядів дослідним шляхом установив Шарль Кулон. У результаті виконаних дослідів Кулон установив, що нерухомі точкові заряди  $q_1$  й  $q_2$  взаємодіють у вакуумі із силою  $F$ , прямо пропорційною модулям зарядів й обернено пропорційною квадрату відстані  $r$  між зарядами:

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

Досліди довели, що коефіцієнт пропорційності в законі Кулона  $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$ . Фізичний зміст цього коефіцієнта такий: два точкових заряди по 1 Кл кожний, розташовані на відстані 1 м один від одного, взаємодіють із силою, що дорівнює  $9 \cdot 10^9$  Н.

Щоб уявити собі цю величезну силу, наведемо порівняння: вона дорівнює вазі навантаженого поїзда, довжина якого дорівнює приблизно відстані від Харкова до Києва.

Тепер стає зрозуміло, чому неможливо передати заряд 1 Кл тілу «звичайних» розмірів.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** У чому подібність і відмінності електричної й гравітаційної взаємодій?
- ?** Чи справедливий вираз: «Точковий заряд — це заряд, розмірами якого можна знехтувати»?
- ?** Порівняйте поняття «точковий заряд» й «матеріальна точка».
- ?** Які переваги мають крутильні ваги порівняно з електронетром?
- ?** Чи завжди можна застосувати закон Кулона?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Навчаємося розв'язувати задачі

- 1) Два однакових позитивних заряди перебувають на відстані 10 мм один від одного й взаємодіють із силою, що дорівнює  $7,2 \cdot 10^{-4}$  Н. Визначте заряд кожної кульки. (Відповідь: 2,8 нКл.)
- 2) Заряди двох однакових маленьких кульок дорівнюють відповідно — 2 й 10 нКл. Кульки привели в зіткнення й розвели на попередню відстань. У скільки разів змінився модуль сили взаємодії між ними?

*Розв'язок.* Нехай відстань між кульками дорівнює  $r$ . Тоді початкова сила взаємодії між кульками

$$F_0 = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2},$$

а кінцева

$$F = k \frac{q^2}{r^2}.$$

Тут  $q$  — заряд кожної з кульок після зіткнення. Відповідно до закону збереження заряду  $2q = q_1 + q_2$ . Отже,

$$\frac{F_0}{F} = \frac{4 \cdot |q_1| \cdot |q_2|}{(q_1 + q_2)^2} \text{ або } \frac{F_0}{F} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 10}{(-2 + 10)^2} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

*Відповідь:* модуль сили зменшився в 1,25 рази.

- 3) На якій відстані потрібно розташувати два точкових заряди  $5 \cdot 10^{-9}$  й  $6 \cdot 10^{-9}$  Кл, щоб вони відштовхувалися один від одного із силою, рівною  $12 \cdot 10^{-4}$  Н? (Відповідь: 15 мм)

### Що ми дізналися на уроці

- Точковий заряд — електричний заряд, розмірами носія якого порівняно з відстанню, на якій розглядається електростатична взаємодія, можна знехтувати.
- Нерухомі точкові заряди  $q_1$  й  $q_2$  взаємодіють у вакуумі із силою  $F$ , прямо пропорційною модулям зарядів й обернено пропорційною квадрату відстані  $r$  між зарядами:

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

- Два точкових заряди по 1 Кл кожний, розташовані на відстані 1 м один від одного, взаємодіють із силою, що дорівнює  $9 \cdot 10^9$  Н.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 4.

2. 36.:

**рів1** — № 3.1; 3.2; 3.3; 3.5; 3.6.

**рів2** — № 3.7; 3.9; 3.10; 3.11, 3.12.

**рів3** — № 3.13, 3.15; 3.16; 3.18; 3.20.

3. Д.: підготуватися до самостійних робіт № 1 й № 2.

У домашньому завданні записано: підготуватися до самостійної роботи. Що це означає?

Учні вдома переглядають тексти завдань із кожної самостійної роботи й вибирають той рівень, що їм на сьогоднішній день під силу (наприклад, середній, достатній або високий), а вчитель на уроці дає учневі номер варіанта з того рівня, що вибрав сам учень.

Учень, розібравшись із тим або іншим завданням, може або на уроці, або в позаурочний час попросити в учителя завдання більш високого рівня.

### Задачі із самостійної роботи № 1 «Електризація тіл.

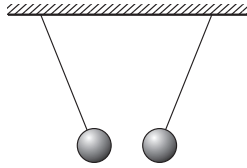
#### Закон збереження електричного заряду. Закон Кулона»

#### *Середній рівень*

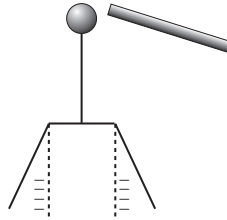
- а) Як взаємодіють між собою тіла, що мають однойменні заряди? Наведіть приклади.
- б) Як змінюється сила взаємодії двох точкових електричних зарядів при збільшенні відстані між ними?
- а) Як взаємодіють між собою тіла, що мають різнойменні заряди? Наведіть приклади.
- б) Як змінюється сила взаємодії двох точкових електричних зарядів при зменшенні відстані між ними?

**Достатній рівень**

1. а) Що можна сказати про заряди даних кульок? (див. рис.)



- б) Чи справедливим є вираз: «Під час тертя створюються заряди»? Чому?
2. а) Як заряджена паличка? Пунктиром показане початкове положення листочків електроскопа (див. рис.).



- б) Чи можна під час електризації тертям зарядити тільки одне з дотичних тіл? Відповідь обґрунтуйте.

**Високий рівень**

1. а) Чи можна на кінцях ебонітової палички одержати одночасно два різнойменних заряди? Як це зробити?
- б) З якою силою взаємодіють два точкових заряди 5 й 10 нКл, що перебувають на відстані 5 см один від одного?
2. а) Чому металевий стрижень не можна наелектризувати, якщо тримати його в руці? Яким способом це можна зробити? Чому? Поясніть.
- б) На якій відстані перебувають один від одного точкові заряди 4 й 6 нКл, якщо сила їхньої взаємодії дорівнює 6 мН?

**Задачі із самостійної роботи № 2 «Електричне поле»****Середній рівень**

1. Поясніть, чому після передачі електричному султани заряду його паперові смужки розходяться в різні сторони?

2. Як можна виявити електричне поле поблизу зарядженого тіла?

**Достатній рівень**

1. а) Чи будуть взаємодіяти близько розташовані електричні заряди в безповітряному просторі, наприклад, на Місяці, де немає атмосфери?  
б) Чи можна пояснити електризацію тіл переміщенням атомів і молекул? Чому?
2. а) Як буде змінюватися сила електричної взаємодії двох заряджених тіл в міру зміни заряду цих тіл?  
б) Що дозволяє стверджувати, що навколо зарядженого тіла існує електричне поле?

**Високий рівень**

1. а) Зернятко рису притягається до негативно зарядженої ебонітової палички. Чи можна стверджувати, що зернятко заряджене позитивно? Обґрунтуйте свою відповідь.  
б) Як за допомогою електричних полів можна описати взаємодію електричних зарядів?
2. а) Що спільного між гравітаційною й електричною взаємодією? Які найбільш істотні відмінності?  
б) Якщо піднести руку до наелектризованого султана, то паперові листочки розходяться. Чому?

## Урок 6/6

**Тема.** Узагальнюючий урок по темі «Електричне поле»

**Мета уроку:** узагальнити вивчений матеріал по темі «Електричне поле».

**Тип уроку:** урок закріплення знань.

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	20 хв	Самостійні роботи № 1 й № 2
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	25 хв	1. Розв'язання тестових задач. 2. Розв'язання якісних і розрахункових задач

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ УРОКУ

На цьому уроці вчителю необхідно узагальнити вивчений матеріал по темі: «Електричне поле». Необхідно відзначити, що електричні взаємодії відіграють виняткову роль у будові атома й утворенні молекул. Вони проявляють себе й у механіці «під виглядом» уже знайомих нам сили пружності й сили тертя.

Можна розповісти про тривалий шлях, пройдений вченими, що вивчали природу електрики — від електрона-бурштину до електрона-частинки.

Формуванню розуміння цієї теми найбільшою мірою сприяє розв'язання якісних і розрахункових задач.

Необхідно ретельно добирати задачі й продумувати методику роботи з ними. Особливу увагу слід приділити усвідомленню учнями всіх етапів роботи із задачами — тільки це може викликати в них інтерес до розв'язання задач і, як наслідок, сприятиме успіхам і трансформації «негативного іміджу» задач на «позитивний».

Бажано складати задачі так, щоб правильність отриманих числових значень учень міг оцінити, спираючись на здоровий глузд і життєвий досвід, а не тільки порівнюючи їх з «правильними» відповідями наприкінці підручника або задачника.

З першої ж вивченої теми в курсі фізики учнів потрібно готувати до підсумкового тематичного оцінювання. Тематичне оцінювання учнів можна здійснювати різними способами: 1) письмова контрольна робота; 2) усний фронтальний підсумковий залік; 3) письмовий

тематичний залік; 4) тестування. Шаблон під час контролю знань неприпустимий. Потрібно перевіряти не тільки запам'ятовування, але й глибоке осмислення навчального матеріалу.

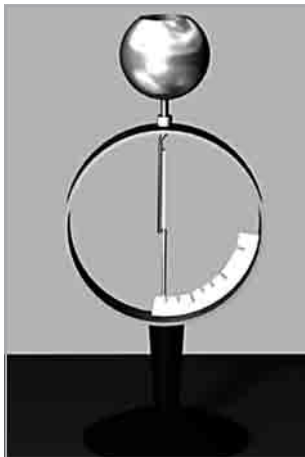
З метою поступової підготовки до перевірки знань у формі тестів на уроці узагальнення вивченого матеріалу учням можна запропонувати набір тестів з однією правильною відповіддю. Ці тести призначені для підготовки до самостійної роботи й пропонуються всьому класу для обговорення без оцінювання.

Таке використання тестів дає можливість здійснювати оперативний зворотний зв'язок та оцінювати рівень готовності учнів до даної роботи. Варіант правильної відповіді (А, Б, В або Г) учні можуть показувати, піднімаючи, наприклад, 1, 2, 3 або 4 пальці. При цьому працює весь клас, і ніхто не відчуває страху одержати погану оцінку.

Розглянемо кілька прикладів таких завдань.

### Тренувальні тести

1. Електроскоп заряджений позитивно.



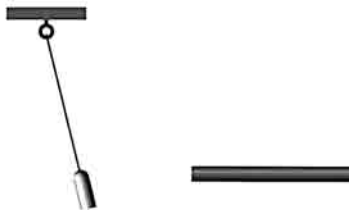
- А** Якщо до кулі електроскопа наближати позитивний заряд, то кут відхилення стрілки електроскопа зменшиться.
- Б** Якщо до кулі електроскопа наближати негативний заряд, то кут відхилення стрілки електроскопа збільшиться.



- В** Якщо до кулі електроскопа наближати долоню руки, то кут відхилення стрілки електроскопа зменшиться.
- Г** Якщо до кулі електроскопа наближати долоню руки, то кут відхилення стрілки електроскопа зменшиться.
2. Від водяної краплі, що має електричний заряд  $+q$ , відокремилася крапля з електричним зарядом  $-q$

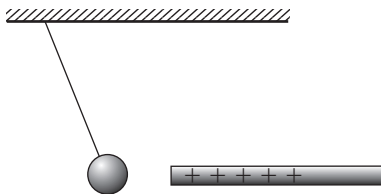


- А** Електричний заряд частини краплі, що залишилася, став рівним нулю.
- Б** Електричний заряд частини краплі, що залишилася, дорівнює  $+2q$ .
- В** Внаслідок електричної взаємодії крапель вони відштовхуються.
- Г** Електричний заряд частини краплі, що залишилася, дорівнює  $+q$ .
3. Навколо наелектризованої ебонітової палички існує електричне поле. Яку властивість воно має?



- А** Воно передає електричний заряд.
- Б** Воно передає електричну взаємодію.
- В** Його створюють тільки позитивно заряджені частинки.
- Г** Його створюють тільки негативно заряджені частинки.

4. До маленької бузинової кульки піднесена потерта об шовк скляна паличка (див. рисунок).



- А** Якщо наблизити паличку до кульки, то сила, що діє на кульку з боку палички, зменшиться.
- Б** Кулька й паличка взаємодіють завдяки електричному полю.
- В** Кулька може бути заряджена позитивно.
- Г** Якщо прибрати паличку від кульки на певну відстань, то сила, що діє на кульку з боку палички, не зміниться.

#### Розв'язання якісних і розрахункових задач

- Доторкнувшись позитивно зарядженою скляною паличкою до сталеві кульки, ми передаємо їй позитивний заряд. Які елементарні частинки й куди при цьому переміщуються?
- Якщо піднести на нитці заряджену станиолеву гільзу до незарядженої, то вони спочатку притягнуться одна до одної, а після зіткнення будуть відштовхуватися. Поясніть дане явище.
- Скільки електронів треба «перенести» з однієї порошини на іншу, щоб сила кулонівського притягання між порошинами на відстані 1 см дорівнювала 10 мкН? (Відповідь:  $2,1 \cdot 10^9$ .)
- Як зміниться сила кулонівської взаємодії двох точкових зарядів при збільшенні кожного заряду в 3 рази, якщо відстань між ними зменшити в 2 рази?
- Як зарядити дві металеві кульки однаковими за модулем, але різними за знаком зарядами?

Наприкінці уроку можна запропонувати учням розв'язати по одній задачі із самостійних робіт № 1 й № 2. (Із книги: Кирик Л. А. Разноуровневые самостоятельные и тематические контрольные работы. — Харьков: Гимназия, 2009.)

## ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЯВИЩА

### 2. Електричний струм

- Електричний струм. Дії електричного струму
- Сила струму й напруга. Закон Ома для ділянки кола
- Послідовне й паралельне з'єднання провідників
- Робота й потужність електричного струму
- Електричний струм в електролітах
- Електричний струм у напівпровідниках
- Електричний струм у газах

### Тематичне планування

№ з/п	Тема уроку	Дата проведення
1	Електричний струм	
2	Дія електричного струму	
3	Джерела електричного струму	
4	Електричне коло	
5	Сила струму	
6	Лабораторна робота № 2 «Збирання електричного кола і вимірювання сили струму на її різних ділянках»	
7	Електрична напруга	
8	Лабораторна робота № 3 «Вимірювання напруги за допомогою вольтметра»	
9	Електричний опір. Закон Ома	
10	Питомий опір	
11	Зміна сили струму в колі. Реостати	
12	Лабораторна робота № 4 «Вимірювання опору провідника за допомогою амперметра й вольтметра»	

№ з/п	Тема уроку	Дата проведення
13	Лабораторна робота № 5 «Вивчення залежності електричного опору від довжини провідника і площі його поперечного перерізу»	
14	Послідовне з'єднання провідників	
15	Лабораторна робота № 7 «Дослідження електричного кола з послідовним з'єднанням провідників»	
16	Паралельне з'єднання провідників	
17	Лабораторна робота № 6 «Дослідження електричного кола з паралельним з'єднанням провідників»	
18	Змішане з'єднання провідників	
19	Робота і потужність електричного струму	
20	Лабораторна робота № 8 «Вимірювання потужності споживача електричного струму»	
21	Закон Джоуля—Ленца	
22	Узагальнюючий урок	
23	Тематичне оцінювання знань	
24	Електричний струм у металах	
25	Електричний струм у рідинах	
26	Застосування електролізу	
27	Лабораторна робота № 8 «Дослідження явища електролізу»	
28	Електричний струм у газах	
29	Види самостійних газових розрядів	
30	Електричний струм у напівпровідниках	

## Урок 1/7

**Тема.** Електричний струм

**Мета уроку:** з'ясувати фізичну природу електричного струму.

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

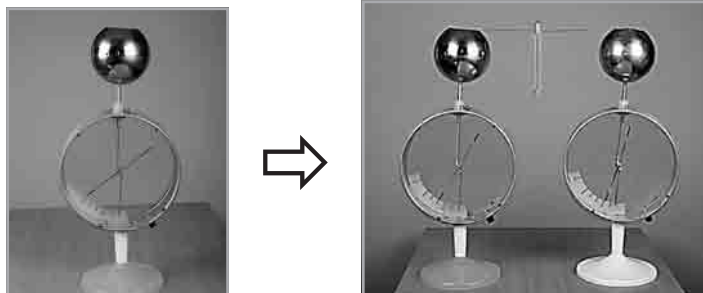
### План уроку

<b>Демонстрації</b>	7 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електричний струм між кульками електрометрів.</li> <li>2. Електропровідність провідників, діелектриків і напівпровідників</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	30 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електричний струм.</li> <li>2. Умови виникнення й існування електричного струму.</li> <li>3. Навчаємося розрізняти провідники, діелектрики й напівпровідники</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	8 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Якісні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Електричний струм

Почнемо урок з демонстрації простого досліду. Зарядимо один із двох електрометрів за допомогою ебонітової палички. З'єднавши кульки електрометрів металевим стрижнем, помітимо, що показання першого електрометра зменшилися, а стрілка раніше незарядженого електрометра відхилилася. Це означає, що частина електричного заряду через стрижень перейшла від одного електрометра до іншого. У цьому випадку говорять, що по металевому стрижню протікав електричний струм.



Відповідно до електронної теорії в тілах наявні вільні електрони, рухом яких пояснюються різні електричні явища. Ці електрони здійснюють хаотичний рух, подібний до руху молекул газу.

Якщо до провідника прикладене зовнішнє електричне поле, то на безладний тепловий рух вільних електронів накладається спрямований рух під дією сил електричного поля — так званий дрейф електронів, що й обумовлює електричний струм. Слово «струм» означає рух чи плин чогось.

► *Електричним струмом називають спрямований рух заряджених частинок.*

## 2. Умови виникнення й існування електричного струму

Для існування електричного струму необхідні такі умови: 1) наявність вільних електронів у провіднику; 2) наявність зовнішнього електричного поля для провідника. Електричний струм припиняється, якщо електричне поле, що створює рух зарядів, зникає.

Щоб електричний струм у провіднику існував тривалий час, необхідно весь цей час підтримувати в ньому електричне поле. Електричне поле в провідниках створюється і може тривалий час підтримуватися джерелами електричного струму.

## 3. Навчаємося розрізняти провідники, діелектрики й напівпровідники

Отже, для існування електричного струму необхідна наявність у даному тілі вільних електронів. Але різні речовини мають різну електричну провідність.

Залежно від електропровідності всі речовини можна розділити на провідники, діелектрики (ізолятори) й напівпровідники.

Провідниками називають речовини й матеріали, що добре проводять електричний струм. До провідників належать метали, водянні розчини солей, кислот і лугів. Висока електропровідність провідників обумовлена наявністю в них великої концентрації вільних електронів. Як відомо з курсу хімії, кількість таких електронів досягає  $10^{23}$  в  $1\text{ см}^3$ .

Діелектриками називають речовини, що погано проводять електричний струм. Діелектриками є тверді речовини (ебоніт, гума, скло й ін.), рідини (хімічно чиста вода, гас й ін.) і гази (водень, азот і ін.). У діелектриках майже відсутні вільні заряджені частинки.

Існує багато речовин, що посідають проміжне положення між провідниками й діелектриками, — напівпровідники.

За звичайних умов такі речовини погано проводять електричний струм і їх можна віднести до діелектриків. Але при підвищенні, наприклад, температури або освітленості в напівпровідниках з'являється достатня кількість вільних заряджених частинок, і напівпровідники стають провідниками.

Прикладами напівпровідників можуть служити такі речовини, як германій, кремній, миш'як і багато інших.

Поділ різних речовин на провідники, діелектрики й напівпровідники є досить умовним, оскільки провідність тієї чи іншої речовини залежить від багатьох факторів: агрегатного стану, зовнішніх впливів та ін. Наприклад, скло у звичайному стані — діелектрик, але під час сильного нагрівання втрачає свої ізоляційні властивості.

### **Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ?** Як можна одержати електричний струм у металевому провіднику?
- ?** Що розуміють під терміном «вільні електричні заряди»?
- ?** За якими ознаками розрізняють провідники, діелектрики й напівпровідники?
- ?** Чи можна стверджувати, що скло й вода — завжди діелектрики?
- ?** Де можна використовувати провідники, діелектрики й напівпровідники?

### **ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

1. Якісні питання
  - 1) Чому метали добре проводять електричний струм?
  - 2) Чому дистильована вода практично не проводить електричний струм?
  - 3) Чому важко зарядити електроскоп у вологій кімнаті?
  - 4) Яким вимогам має відповідати матеріал, з якого виготовляють розетки й вимикачі?
  - 5) Чи виникає електричний струм при заземленні зарядженої металевої кульки?

## 2. Навчаємося розв'язувати задачі

1. Чи рухаються заряджені частинки в провіднику, коли по ньому не йде електричний струм?

*Розв'язок.* За відсутності електричного струму заряджені частинки (електрони, іони) рухаються, але безладно. Під час такого руху не відбувається переносу заряду з однієї області провідника на іншу. Струм виникає, коли рух вільних заряджених частинок стає упорядкованим. Це відбувається, наприклад, під дією електричного поля.

2. Чому радіоприймач, що внесли в теплу кімнату з морозу, рекомендується включати не раніше, ніж через 2 години?

*Указівка.* Конденсація водяної пари всередині приймача призводить до утворення провідної плівки.

## Що ми дізналися на уроці

- Електричним струмом називають спрямований рух заряджених частинок.
- Для існування електричного струму необхідні такі умови: 1) наявність вільних електронів у провіднику; 2) наявність зовнішнього електричного поля для провідника.
- Залежно від електропровідності всі речовини можна розділити на провідники, діелектрики (ізолятори) й напівпровідники.

## Домашнє завдання

1. Підр.: § 5.

2. 36.:

**рів1** — № 4.1; 4.3; 4.4; 4.5; 4.6.

**рів2** — № 4.20; 4.21; 4.23; 4.25, 4.26.

**рів3** — № 4.43, 4.44; 4.45; 4.47; 4.48.



## Урок 2/8

**Тема.** Дії електричного струму

**Мета уроку:** ознайомити учнів з діями електричного струму.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наявний заряджений електроскоп і металевий стрижень. Що потрібно зробити, аби по стрижню потік струму?</li> <li>2. Краплі дощу в процесі падіння на землю електризуються. Чи можна говорити про наявність електричного струму між хмарою й землею в даному випадку?</li> <li>3. Що таке електричний струм? Умови існування електричного струму</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	6 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нагрівання проводу електричним струмом.</li> <li>2. Виділення міді з розчину мідного купоросу.</li> <li>3. Дія котушки зі струмом на магнітну стрілку</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	28 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплова дія струму.</li> <li>2. Хімічна дія струму.</li> <li>3. Магнітна дія струму.</li> <li>4. Спостерігаємо фізіологічну (біологічну) дію електричного струму на організм</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	6 хв	Розв'язання якісних задач

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Теплова дія струму

Діями електричного струму називають ті явища, що спостерігаються за наявності електричного струму в колі. За цими діями судять про електричний струм у колі, тому що не можна безпосередньо спостерігати за рухом заряджених частинок у провіднику.

З деякими діями електричного струму учні знайомі з повсякденного життя. Тому насамперед потрібно з'ясувати, що їм відомо, а потім уже звернутися до дослідів.

Теплову дію струму можна спостерігати, наприклад, приєднавши до полюсів джерела струму нікеліновий чи ніхромовий дріт.

Про теплову дію струму учнем відомо з повсякденного життя: так працюють електричний паяльник, електроплитка, праска, лампа розжарення і багато інших предметів.

## 2. Хімічна дія струму

Хімічну дію струму можна спостерігати при пропусканні електричного струму через розчин мідного купоросу  $\text{CuSO}_4$ . Учням може бути пояснено, що під час взаємодії речовини з розчинником молекули речовини розпадаються на позитивні та негативні іони. Ці іони в електричному полі будуть рухатися спрямовано. Позитивні йони рухаються до негативно зарядженого електрода (катода), а негативні йони — до позитивно зарядженого електрода (анода). Водень і метали завжди виділяються на катоді.

Можна зробити висновок:

➤ *Електричний струм в електроліті — це спрямований рух іонів у електричному полі.*

Хімічну дію електричного струму використовують у промисловості (видобування алюмінію, міді й інших металів, нікелювання, хромування та ін.).

Щоб продемонструвати учням хімічну дію струму, у посудину з розчином мідного купоросу опускаємо два вугільних електроди і пропускаємо через розчин електричний струм. Через певний час на одному з електродів виявляємо тонкий шар чистої міді.



## 3. Магнітна дія струму

Магнітну дію струму можна показати за допомогою котушки із залізним осердям. Коли коло замкнене, до осердя притягуються невеликі залізні предмети: цвяхи, залізні ошурки тощо. Оскільки

в міжнародній системі одиниць (СІ) одиницю сили струму ампер уводять за взаємодією провідників зі струмом, доцільно показати взаємодію двох паралельно розташованих провідників зі струмом.

#### 4. Спостерігаємо фізіологічну дію електричного струму на організм

Якщо людина неізольована від землі, то, доторкнувшись до провідника, що перебуває під напругою, вона включає себе в електричне коло. У цьому випадку крізь тіло людини проходить електричний струм.

Дія електричного струму на живу тканину має різнобічний характер. Проходячи крізь організм людини, струм спричиняє термічну, електролітичну, механічну, біологічну і світлову дію.

Під час термічної дії відбувається перегрівання і функціональний розлад органів на шляху проходження струму.

Електролітична дія струму виражається в електролізі рідини в тканинах організму, у тому числі крові, і порушенні її фізико-хімічного складу.

Механічна дія призводить до розриву тканин, розшарування, ударної дії випаровування рідини з тканин організму. Механічна дія пов'язана із сильним скороченням м'язів аж до їх розриву.

Біологічна дія струму виражається в роздратуванні й перезбудженні нервової системи.

Світлова дія призводить до ураження очей.

Характер і глибина впливу електричного струму на організм людини залежить від сили й роду струму, часу його дії, шляху проходження крізь тіло людини, фізичного й психологічного її стану.

Електричний струм, діючи на організм людини, може призвести до різних уражень: електричного удару, опіку, металізації шкіри, електричного знаку, механічного ушкодження, електроофтальмії.

*Електричний удар* призводить до збудження живих тканин.

*Електричний опік різних ступенів* — наслідок коротких замикань — при зіткненні людини (безпосередньо або через електричну дугу) зі струмоведучими частинами електричних приладів.

*Електричний знак (оцінка струму)* — специфічні ураження, зумовлені механічним, хімічним або їхнім спільним впливом струму. Уражена ділянка шкіри практично безболісна, довкола знаку

відсутні запальні процеси. Згодом він твердне, і поверхневі тканини відмирають. Електрознаки зазвичай швидко виліковуються.

*Металізація шкіри* — так зване просочування шкіри дрібними пароподібними чи розплавленими частинками металу під впливом механічного або хімічного впливу струму. Уражена ділянка шкіри набуває твердої поверхні й своєрідного забарвлення. У більшості випадків металізація виліковується, не залишаючи на шкірі слідів.

*Електроофтальмія* — ураження очей ультрафіолетовими променями, джерелом яких є вольтова дуга. У результаті електроофтальмії через кілька годин настає запальний процес, що проходить, якщо вжити необхідних засобів лікування.

### **Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ?** Як дізнатися, чи проходить струм по провіднику?
- ?** Де використовують теплову та хімічну дії струму?
- ?** Наведіть приклади механічної дії струму?
- ?** Де використовують магнітну дію струму?
- ?** Наведіть приклади, що підтверджують вплив електричного струму на організм людини.

### **ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

#### **1. Якісні питання**

- 1) У яких пристроях використовується теплова дія струму?
- 2) У яких пристроях використовується магнітна дія струму?
- 3) Які дії струму можна спостерігати, пропускаючи струм через морську воду?
- 4) Як ви вважаєте, чи буде рухатися стрілка компаса під час удару блискавки?
- 5) Чому спалах блискавки супроводжується громом?

*Указівка.* Повітря в каналі блискавки нагрівається та внаслідок цього різко розширюється.

#### **Що ми дізналися на уроці**

- Діями електричного струму називають ті явища, що спостерігаються за наявності електричного струму в колі.

- Електричний струм в електроліті — це спрямований рух іонів у електричному полі.
- Дія електричного струму на живу тканину має різнобічний характер. Проходячи крізь організм людини, струм спричиняє термічну, електролітичну, механічну, біологічну і світлову дію.

### **Домашнє завдання**

1. Підр.: § 6.

2. Зб.:

**рів1** — № 4.2; 4.7; 4.8; 4.9; 4.10.

**рів2** — № 4.22; 4.24; 4.27; 4.28, 4.29.

**рів3** — № 4.46, 4.49; 4.50; 4.51.

## Урок 3/9

**Тема.** Джерела електричного струму

**Мета уроку:** ознайомити учнів із джерелами електричного струму.

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

### План уроку

Контроль знань	5 хв	1. Де використовується теплова дія струму? 2. Де використовується хімічна дія струму? 3. Де використовується магнітна дія струму?
Демонстрації	6 хв.	1. Гальванічні елементи. 2. Акумулятори. 3. Термопара. 4. Фотоелементи
Вивчення нового матеріалу	28 хв	1. Ознайомлюємося із джерелами електричного струму. 2. Типи джерел електричного струму. 3. Створюємо гальванічний елемент. 4. Вивчаємо принцип дії акумуляторів
Закріплення вивченого матеріалу	6 хв	Розв'язання якісних задач

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Ознайомлюємося з джерелами електричного струму

Джерела струму бувають різними, але у кожному з них відбувається робота з поділу позитивно і негативно заряджених частинок. Робота ця відбувається так званими сторонніми силами. Такі сили не можуть мати електричного походження. У джерелах струму в процесі роботи з поділу заряджених частинок відбувається перетворення механічної, внутрішньої чи якої-небудь іншої енергії на електричну.

➤ *Джерелами електричного струму будемо називати пристрої, що створюють і тривалий час підтримують електричне поле.*

У джерелах електричного струму електричне поле створюється й підтримується завдяки поділу різнойменних електричних зарядів. У результаті цього на одному полюсі джерела струму накопичуються частинки, що мають позитивний заряд, а на іншому —

частинки з негативним зарядом. Між полюсами встановлюється електричне поле. Під дією цього поля в провіднику, що з'єднує полюси, відбувається спрямований рух частинок, тобто виникає електричний струм.

## 2. Типи джерел електричного струму

Усі джерела електричного струму можна розділити на фізичні й хімічні.

До фізичних джерел електричного струму належать пристрої, у яких поділ зарядів відбувається за рахунок механічної, світлової чи теплової енергії. Прикладами таких джерел можуть бути електрофорна машина, турбогенератори електростанцій, фото- і термоелементи тощо.

До хімічних джерел електричного струму належать пристрої, у яких поділ зарядів відбувається за рахунок енергії хімічних реакцій. Прикладами таких джерел можуть бути гальванічні елементи й акумулятори.

## 3. Створюємо гальванічний елемент

Візьмімо дві пластинки (мідну і цинкову), а між ними помістимо шматочок тканини, змоченої в слабкому розчині сульфатної кислоти. Якщо з'єднати пластинки провідником, то гальванометр зафіксує наявність струму.

Будь-який гальванічний елемент складається із двох електродів, поміщених в електроліт — тверду чи рідку речовину, що проводить струм. Електроди виготовляють з різних металів. За залежності від типу гальванічного елемента один з металевих електродів замінюють вугільним електродом.

Між електродами й електролітом відбуваються хімічні реакції, у результаті яких один з електродів (анод) набуває позитивного заряду, а інший (катод) — негативного. За рахунок енергії, що виділяється під час реакцій, гальванічний елемент здатний протягом тривалого часу підтримувати проходження електричного струму через провідник, що з'єднує електроди елемента.

## 4. Вивчаємо принцип дії акумуляторів

Акумулятори — інший тип хімічних джерел струму. Однією з переваг акумуляторів є те, що в них електроди не витрачаються.

Найпростіший акумулятор складається з двох цинкових пластин, поміщених у розчин сірчаної кислоти. Для того, щоб акумулятор став джерелом струму, його спочатку треба зарядити. Для заряджання акумулятора крізь нього пропускають струм від будь-якого іншого джерела струму. Після того як акумулятор зарядиться, його можна використовувати як самостійне джерело струму.

У процесі заряджання електричний струм в акумуляторі виконує роботу, у результаті якої електрична енергія перетворюється на хімічну енергію акумулятора. Під час розряджання акумулятора ця енергія перетворюється знов на електричну.

Акумулятори бувають різних видів: свинцеві (чи кислотні), залізнікелеві (чи лужні). Але принцип роботи в них однаковий: вони накопичують енергію, перш ніж стати самостійним джерелом струму.

### **Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ?** Що відбувається в джерелах струму?
- ?** Яке основне призначення джерела струму?
- ?** Яка енергія може перетворюватися у джерелі струму на електричну?
- ?** Чому для поділу різнойменних зарядів необхідно виконати певну роботу?
- ?** Які перетворення енергії відбуваються під час заряджання і розряджання акумулятора?
- ?** У чому полягає принципова відмінність гальванічного елемента від акумулятора?

### **ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

#### **1. Якісні питання**

- 1) Якщо до кульок різнойменно заряджених електроскопів одночасно доторкнутися металевим стрижнем, то в них виникне електричний струм. Чим ця установка принципово відрізняється від пристроїв, що прийнято називати джерелами струму?
- 2) Яке призначення джерела струму в електричному колі? Чи можна сказати, що він створює заряди на полюсах?



*Розв'язок.* Джерело струму не створює електричних зарядів. У середині джерела на заряджені частинки діють сили, що розділяють різнойменні заряди, долаючи їх електричне притягання: на одному полюсі виникає надлишок позитивних зарядів, а на іншому — надлишок негативних. Ці заряди створюють електричне поле, що й зумовлює упорядкований рух заряджених частинок у колі.

3) Що необхідно зробити, щоб на двох електроскопах, з'єднаних металевим провідником, підтримувати рівні за модулем і протилежні за знаком електричні заряди?

### Що ми дізналися на уроці

- Джерелами електричного струму називаються пристрої, що створюють і тривалий час підтримують електричне поле.
- У джерелах струму за рахунок сил неелектричного походження відбувається поділ заряджених частинок, у результаті чого полюси джерела виявляються зарядженими різнойменно.
- До фізичних джерел електричного струму належать пристрої, у яких поділ зарядів відбувається за рахунок механічної, світлової чи теплової енергії.
- До хімічних джерел електричного струму належать пристрої, у яких поділ зарядів відбувається за рахунок енергії хімічних реакцій.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 7.

2. Зб.:

**рів1** — № 4.11; 4.12; 4.13; 4.14.

**рів2** — № 4.30; 4.31; 4.32; 4.33.

**рів3** — № 4.38, 4.39; 4.40.

## Урок 4/10

**Тема.** Електричне коло

**Мета уроку:** з'ясувати, з яких частин складається електричне коло; пояснити учням призначення кожної частини електричного кола.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для чого потрібне джерело струму?</li> <li>2. Які перетворення енергії відбуваються всередині джерела струму?</li> <li>3. Види джерел струму.</li> <li>4. Який принцип роботи гальванічного елемента? Акумулятора?</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	8 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Збирання найпростіших електричних кіл.</li> <li>2. Таблиці з умовними позначками складових електричних кіл</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Збираємо електричне коло.</li> <li>2. Вивчаємо електричне коло.</li> <li>3. Ознайомлюємося з електричними схемами</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	7 хв	Навчаємося розв'язувати задачі

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Збираємо електричне коло

Ознайомлення з електричним колом можна почати з фронтального експерименту. Складаємо електричне коло з батареї гальванічних елементів (чи іншого джерела струму), низьковольтної лампочки, підвідних проводів і ключа. Після збирання кола вчитель на дошці, а учні в зошиті креслять схему цього кола, використовуючи умовні позначки складових електричного кола.

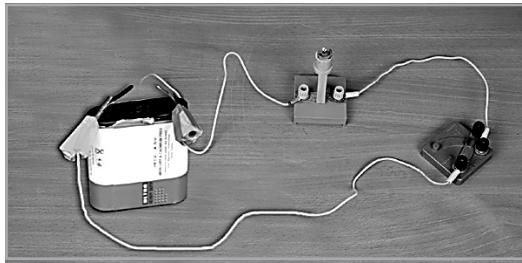
У найпростіших випадках електричне коло складається з:

- 1) джерела струму;
- 2) системи з'єднувальних проводів і керуючих пристроїв;
- 3) споживача електричної енергії.

## 2. Вивчаємо електричне коло

Будь-яке електричне коло складається з двох ділянок: внутрішньої та зовнішньої. У внутрішній ділянці (у джерелі струму) під час роботи з поділу заряджених частинок відбувається перетворення механічної, внутрішньої чи якої-небудь іншої енергії на електричну.

Електричне поле виконує роботу з переміщення електричних зарядів у зовнішній ділянці кола, до якої належать приймач електричної енергії, з'єднувальні проводи та ключ. У цій ділянці кола енергія електричного поля перетворюється на інші види енергії.



Під час замикання кола електричне поле джерела струму поширюється вздовж зовнішньої частини кола зі швидкістю, близькою до швидкості світла (300 000 км/с), вільні заряджені частинки практично одночасно починають рухатися спрямовано — у колі з'являється струм.

За напрямком струму умовно прийняли той напрямок, у якому могли б рухатися в провіднику позитивно заряджені частинки, тобто напрямок від позитивного полюса джерела струму до негативного.

Необхідно враховувати, що це зовсім не означає, що в колі рухаються позитивно заряджені частинки. Так, у металах носіями струму є негативні електрони. А це означає, що після замикання кола електрони під дією електричного поля будуть рухатися від негативного полюса джерела струму до позитивного, тобто напрямок руху електронів протилежний прийнятому напрямку електричного струму.

## 3. Ознайомлюємося з електричними схемами

Уміння креслити схеми електричних кіл і читати готові схеми набувається школярами під час виконання вправ, що виконують-

ся як на даному уроці, так і на наступних уроках. Корисними є завдання зі складання схем електропроводки, наприклад:

- накресліть схему кола, що містить джерело струму й дві електричні лампи, кожен з яких вмикають своїм вимикачем.

На завершення уроку, щоб розібратися в сутності явищ, що відбуваються в електричному колі, корисно звернутися до його гідродинамічної аналогії. Гідродинамічна аналогія допомагає пояснити ряд складних для учнів питань:

- а) роль джерела струму в електричному колі;
- б) місце вимикача в електричному колі;
- в) які електричні заряди рухаються в електричному колі;
- г) пояснення відмінності між незначною швидкістю носіїв струму й практично миттєвим поширенням струму в колі.

### **Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ? *Яке призначення джерела струму в електричному колі?*
- ? *Які джерела електричного струму вам відомі? Яке їх призначення?*
- ? *Яке електричне коло називають замкненим? Розімкненим?*
- ? *Напрямок руху яких частинок приймають за напрямок струму?*
- ? *Струм на деякій ділянці кола створюється упорядкованим рухом електронів. Який напрямок має струм на цій ділянці?*

### **ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

#### **1. Навчаємося розв'язувати задачі**

1. Намалуйте схему з'єднання батарейки, двох лампочок і двох ключів. Увімкнення і вимикання кожної лампочки здійснюється «своїм» ключем.
2. Намалуйте схему з'єднання батарейки, лампочки, дзвоника й двох ключів, за якої лампочка загоряється, коли увімкнено дзвоник, але може бути ввімкнена і в разі, якщо дзвоник не працює.
3. Намалуйте схему з'єднання батарейки, двох лампочок і трьох ключів, за якої увімкнення та вимикання кожної лампочки здійснюється «своїм» ключем, а розмикання третього ключа дозволяє вимкнути обидві лампочки.

4. Трамвайна лінія, на відміну від тролейбусної, має тільки один електричний провід. Як у цьому випадку створюється замкнене коло?

### Що ми дізналися на уроці

- Електричне коло складається з:
  - 1) джерела струму;
  - 2) системи з'єднувальних проводів і керуючих пристроїв;
  - 3) споживача електричної енергії.
- За напрямком струму умовно прийняли той напрямок, у якому могли б рухатися у провіднику позитивно заряджені частинки, тобто напрямок від позитивного полюса джерела струму до негативного.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 8.

2. Зб.:

**рів1** — № 4.15; 4.16; 4.17; 4.18.

**рів2** — № 4.19; 4.34; 4.35; 4.36.

**рів3** — № 4.37, 4.41; 4.42.

## Урок 5/11

**Тема.** Сила струму

**Мета уроку:** увести фізичну величину, що характеризує електричний струм, та одиницю її виміру.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назвіть основні складові елементи, що входять у коло електричного струму.</li> <li>2. Запропонуйте схему з'єднання джерела струму, дзвоника і двох кнопок, що дозволяють подзвонити з двох різних місць.</li> <li>3. На трамвайних коліях у деяких місцях встановлюють автоматичні сигнали «Стережися трамвая». Сигнал загоряється до того, як трамвай підходить, і гасне, коли трамвай проходить. Запропонуйте схему ввімкнення цього сигналу</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Амперметр.</li> <li>2. Вимірювання сили струму амперметром</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сила струму.</li> <li>2. Одиниця сили струму.</li> <li>3. Вимірювання сили струму</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	10 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Сила струму

У наших квартирах різні лампочки, підключені до одного й до того самого джерела струму, світяться з різною яскравістю. Значить, у різних лампах струм спричиняє різну дію. Це відбувається внаслідок того, як можна припустити, що від джерела через лампочки протікають різні електричні заряди.

Для оцінювання й порівняння електричних зарядів, що протікають через провідник, була введена спеціальна фізична величина — сила електричного струму.

➤ *Сила струму — це фізична величина, що характеризує електричний струм і чисельно рівна заряду, що проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу.*

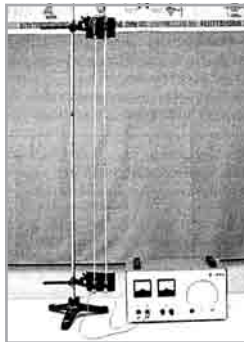
$$I = \frac{q}{t} .$$

## 2. Одиниця сили струму

Для вибору одиниці сили струму можна було б скористатися будь-якою його дією: тепловою, магнітною чи хімічною. Важливо зазначити, що ця дія повинна піддаватися точному кількісному вираженню.

З першого січня 1960 р. для визначення одиниці сили струму — ампера як основної одиниці СІ — використовують магнітну взаємодію двох паралельних провідників зі струмом. Силу, з якою взаємодіють провідники, можна виміряти досить точно.

Розглянемо два нескінченно довгих провідники з дуже малим поперечним перерізом, розташованим на відстані 1 м один від одного.



Якщо по цих провідниках пропустити струм, то вони почнуть взаємодіяти (притягуватися або відштовхуватися) з певною силою. Якщо сила, що діє на кожний метр провідника, виявиться рівною  $2 \cdot 10^{-7}$  Н, то можна стверджувати, що сила струму в провідниках дорівнює 1 А.

➤ *Один ампер — це сила постійного струму, за якої два нескінченно довгих паралельних прямолінійних провідники з дуже*

*малим поперечним перерізом, що розташовані у вакуумі на відстані 1 м один від одного, взаємодіють із силою, що дорівнює  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на кожний метр довжини.*

Крім ампера, на практиці використовують частинні одиниці ампера: міліампер (ма) і мікроампер (мка). Для великих струмів — кілоампер (кА).

$$1 \text{ мА} = 10^{-3} \text{ А}; 1 \text{ мкА} = 10^{-6} \text{ А}; 1 \text{ кА} = 10^3 \text{ А}.$$

Через одиницю сили струму 1 А визначається одиниця електричного заряду — 1 Кл. Оскільки  $I = \frac{q}{t}$ , то  $q = It$

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}.$$

► *За одиницю електричного заряду прийнято вважати заряд, що проходить через поперечний переріз провідника за час 1 с за сили струму 1 А.*

### 3. Вимірювання сили струму

Силу струму вимірюють спеціальними приладами — амперметрами. Як і будь-який вимірювальний прилад, амперметр не повинен впливати на значення вимірюваної величини. Тому амперметр улаштований так, що у випадку ввімкнення його в коло значення сили струму практично не змінюється.

Для вимірювання сили струму амперметр вмикають послідовно так, щоб до клеми зі знаком «+» був підключений провідник, що йде від позитивного полюса джерела струму, а до клеми зі знаком «-» — провідник від негативного полюса.

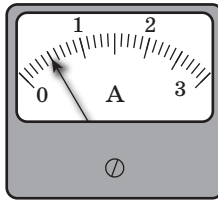
За шкалою амперметра видно, на яку найбільшу силу струму він розрахований. Перед проведенням вимірів необхідно визначити ціну поділки даного приладу.

#### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ❓ *Для чого вводиться поняття «сила струму»?*
- ❓ *Що характеризує сила струму?*
- ❓ *Яка дія струму покладена в основу встановлення одиниці сили струму?*
- ❓ *Як можна визначити в СІ одиницю заряду — кулон?*



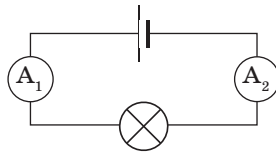
- ? На рисунку показана шкала амперметра. Яку максимальну силу струму ним можна виміряти? Яка ціна поділки цього приладу?



## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Якісні питання

- 1) Виразіть в амперах силу струму, що дорівнює 1000 мА; 200 мА; 5 кА.
- 2) Чи будуть відрізнятися показання двох амперметрів, зображених на схемі?



### 2. Навчаємося розв'язувати задачі

- 1) Через спіраль електроплитки за 12 хв пройшло 3 000 Кл електрики. Яка сила струму в спіралі?
- 2) Який заряд пройшов через спіраль праски, якщо нею прасували 1,5 год, а сила струму в спіралі 3 А?
- 3) Скільки електронів пройде за 2 с через поперечний переріз спіралі лампи, якщо сила струму в спіралі дорівнює 0,32 А?

*Розв'язок.* З визначення сили струму  $I = \frac{q}{t}$  випливає, що  $q = It$ .

Знаючи величину заряду електрона  $q_e$ , можна знайти число електронів  $N$ , що пройшли через поперечний переріз спіралі лампи:

$$N = \frac{q}{q_e} = \frac{It}{q_e}.$$

Перевіримо одиниці величин:

$$[N] = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Кл}}{\text{Кл}} = 1.$$

Проводимо обчислення:

$$N = \frac{0,32 \cdot 2}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4 \cdot 10^{18}.$$

*Відповідь:* за 2 с через поперечний переріз спіралі пройде  $4 \cdot 10^{18}$  електронів.

### Що ми дізналися на уроці

- Сила струму — це фізична величина, що характеризує електричний струм і чисельно дорівнює заряду, що проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу.

$$I = \frac{q}{t}.$$

- Один ампер — це сила постійного струму, за якої два нескінченно довгих паралельних прямолінійних провідники з дуже малим поперечним перерізом, що розташовані у вакуумі на відстані 1 м один від одного, взаємодіють із силою, що дорівнює  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на кожний метр довжини.
- За одиницю електричного заряду приймають заряд, що проходить через поперечний переріз провідника за час 1 с за сили струму 1 А.

$$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}.$$

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 9.
2. 36.:

**рів1** — № 5.1; 5.2; 5.3; 5.4; 5.5.

**рів2** — № 5.11; 5.12; 5.13; 5.14, 5.15.

**рів3** — № 5.18, 5.26; 5.30.

## Урок 6/12

**Тема.** Лабораторна робота № 2 «Збирання електричного кола і вимірювання сили струму на різних її ділянках»

**Мета уроку:** навчитися збирати електричне коло й вимірювати силу струму амперметром на різних ділянках кола.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** джерело струму, лампочка на підставці, амперметр, ключ, з'єднувальні проводи.

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На початку уроку учням показують демонстраційний і лабораторний амперметри й спосіб ввімкнення їх у коло. Зазначають, що амперметр вмикають у коло так, щоб через нього за 1 с проходив той заряд, що проходить через будь-який поперечний переріз провідників кола. Таке ввімкнення називають послідовним.

Учням повідомляється, що для вимірювання електричних величин буде раціональною така послідовність дій:

1. Установити, для вимірювання якої величини використовується даний прилад.
2. Установити, на яке максимальне значення вимірюваної величини розрахований прилад.
3. Установити для якого струму (постійного чи змінного) можна використовувати прилад.
4. Визначити ціну поділки шкали приладу.
5. Визначити, яке значення вимірюваної величини показує прилад.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Зберіть електричне коло, зображене на рисунку.



2. Накресліть схему електричного кола. Замкніть ключ і запишіть показання амперметра.
3. Розімкніть ключ і приєднайте амперметр між лампочкою і джерелом струму. Накресліть схему електричного кола.
4. Замкніть ключ і запишіть показання амперметра.
5. Порівняйте показання амперметра і запишіть у зошит для лабораторних робіт висновок: чи співпадає сила струму в різних ділянках послідовного кола?

### **Творчі завдання**

1. Накресліть таку схему ввімкнення двох лампочок, джерела струму, амперметра і ключа, щоб перегорання однієї лампи не впливало на показання амперметра.
2. Запропонуйте схему з'єднання джерела струму, дзвоника і двох ключів, що дозволяє подзвонити з двох різних місць.

Решту часу, що залишився після виконання лабораторної роботи, можна присвятити підготовці учнів до виконання самостійної роботи № 3.

### **Домашнє завдання**

1. Підр.: § 9.
2. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 3.

### **Задачі із самостійної роботи № 3 «Електричний струм. Сила струму»**

#### *Середній рівень*

1. Визначте силу струму в електричній лампочці, якщо через її нитку розжарення за 10 хв проходить електричний заряд 300 Кл.
2. Який електричний заряд пройде за 3 хв через амперметр за сили струму в колі 0,2 А?

#### *Достатній рівень*

1. а) Чому тепловий рух електронів у провіднику не може бути названо електричним струмом?

- б) Який заряд протікає через котушку амперметра, ввімкненого в коло, за 2 хв, якщо сила струму в колі 12 мА?
2. а) Чи можна вважати блискавку, що виникає між хмарою і землею, електричним струмом?
- б) Скільки часу тривав перенос заряду 7,7 Кл за сили струму 0,5 А?

### **Високий рівень**

1. а) 1820 р. французький фізик Араго зробив відкриття: коли тонкий мідний дріт, з'єднаний із джерелом струму, занурювали в залізні ошурки, то вони прилипали до нього. Поясніть це явище.
- б) Через поперечний переріз провідника за 2 с проходить  $12 \cdot 10^{19}$  електронів. Яка сила струму в провіднику?
2. а) Придатність батарейки для кишенькового ліхтарика можна перевірити, доторкнувшись кінчиком язика одночасно до обох полюсів: якщо відчувається кислуватий смак, то заряд батарейки ще не вичерпано. Яка дія струму використовується при цьому? Поясніть свою відповідь.
- б) Чи однакові електричні заряди пройдуть через поперечний переріз провідника за 3 с за сили струму 5 А і за півхвилини, якщо сила струму 0,5 А?

## Урок 7/13

**Тема.** Електрична напруга

**Мета уроку:** увести поняття напруги, ознайомити учнів з одиницею напруги та навчити вимірювати напругу.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	12 хв	Самостійна робота № 3 «Електричний струм. Сила струму»
<b>Демонстрації</b>	3 хв	1. Вольтметр. 2. Вимірювання напруги вольтметром
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	23 хв	1. Доводимо, що електричне поле виконує роботу. 2. Визначаємо електричну напругу. 3. Вимірювання напруги. Вольтметр
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	7 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Доводимо, що електричне поле виконує роботу

Отже, електричний струм у металевому провіднику — це спрямований рух вільних електронів, що виникає під дією електричного поля. Здійснюючи хаотичний рух, електрони одночасно переміщуються від негативного полюса джерела струму до позитивного.

При цьому електрони втрачають кінетичну енергію під час зіткнення з атомами провідника, і ця енергія переходить у внутрішню енергію провідника — провідник нагрівається. Для підтримки швидкості спрямованого руху електронів і відновлення втрат їхньої кінетичної енергії повинна відбуватися робота. Цю роботу виконують сили електричного поля.

► *Роботу сили електричного поля, що здійснюється в зовнішньому колі, називають роботою електричного струму.*

Виконаємо дослід: замикаємо коло на один акумулятор і звертаємо увагу учнів на величину струму в колі. Послідовно збільшуємо число акумуляторів, при цьому струм у колі збільшується.

Це означає, що через поперечний переріз провідника проходить за одиницю часу більша кількість заряджених частинок і переноситься більший електричний заряд.

Таким чином, при проходженні струму по провіднику електричне поле виконує роботу  $A$ , що, як показує дослід, прямо пропорційний заряду  $q$ , що пройшов по колу.

Електричне поле, що діє в колі, характеризується особливою величиною, що називається напругою електричного поля, або просто напругою.

➤ *Напруга — це фізична величина, що характеризує дію електричного поля на заряджені частинки.*

## 2. Визначаємо електричну напругу

Отже, електричне поле характеризують його дією на заряди. Однією з найважливіших характеристик електричного поля є робота, що виконує сила, яка діє з боку поля на заряд, що переміщається в цьому полі.

Ця робота залежить не тільки від поля, але й від заряду, на який воно діє: досліді показують, що вона прямо пропорційна цьому заряду. Виходить, якщо розділити роботу, здійснювану електричним полем при переміщенні заряду, на значення цього заряду, ми одержимо величину, що уже не залежить від значення заряду.

➤ *Напругою на даній ділянці кола називають відношення роботи  $A$  електричного поля з переміщення заряду  $q$  на даній ділянці кола до цього заряду:*

$$U = \frac{A}{q} .$$

За одиницю напруги в СІ прийнято вольт (В).

➤ *Один вольт — це така напруга, за якої поле виконує роботу 1 Дж при переміщенні заряду 1 Кл.*

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

Використовують також мілівольти ( $1 \text{ мВ} = 0,001 \text{ В}$ ) і кіловольти ( $1 \text{ кВ} = 1000 \text{ В}$ ).

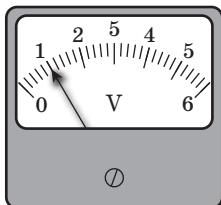
### 3. Вимірювання напруги. Вольтметр

Для вимірювання напруги користуються приладами, що називаються вольтметрами. На відміну від амперметра, що вмикається в розрив електричного кола, вольтметр підключається паралельно до ділянки кола, на якій вимірюється напруга.

Вольтметр можна безпосередньо підключати до джерела струму.

#### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** *Що розуміють під роботою електричного струму?*
- ?** *Чи залежить робота електричного поля від сили струму в колі? Від заряду, що пройшов по колу?*
- ?** *Напруга на ділянці кола 10 В. Що це означає?*
- ?** *Яку напругу використовують в освітлювальному колі?*
- ?** *На рисунку показана шкала вольтметра. Яку максимальну напругу ним можна виміряти? Яка ціна поділки цього приладу?*



#### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  1. При проходженні однакової кількості електрики в одному провіднику була виконана робота 100 Дж, а в іншому — 250 Дж. На якому провіднику напруга більше? У скільки разів?
  2. Які спільні ознаки в амперметра і вольтметра? Чим вони відрізняються один від одного?
  3. Якою має бути сила струму, що проходить через вольтметр, порівняно із силою струму в колі?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. Визначте напругу на ділянці кола, якщо при проходженні по ньому заряду в 15 Кл була виконана робота 6 кДж.



2. При переносі 60 Кл електрики з однієї точки електричного кола в іншу за 12 хв виконана робота 900 Дж. Визначте напругу і силу струму в колі.
3. Чому дорівнює напруга на ділянці кола, на якій за сили струму 2 А за 20 с була виконана робота 800 Дж?

### Що ми дізналися на уроці

- Робота сил електричного поля, що виконується в зовнішньому колі, називається роботою електричного струму.
- Напруга — це фізична величина, що характеризує дію електричного поля на заряджені частинки.
- Напругою на даній ділянці кола називають відношення роботи  $A$  електричного поля з переміщення заряду  $q$  на даній ділянці кола до цього заряду:

$$U = \frac{A}{q} .$$

- Один вольт — це така напруга, за якої поле виконує роботу 1 Дж під час переміщення заряду 1 Кл.

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

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 10.

2. Зб.:

**рів1** — № 5.6; 5.7; 5.8; 5.9; 5.10.

**рів2** — № 5.16; 5.17; 5.19; 5.20, 5.21.

**рів3** — № 5.24, 5.25; 5.27; 5.29; 5.31.

## Урок 8/14

**Тема.** Лабораторна робота № 3 «Вимірювання напруги за допомогою вольтметра»

**Мета уроку:** навчити учнів правильно підключати в коло вольтметр і вимірювати напругу на різних ділянках кола.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** джерело струму, дві лампочки на підставці, вольтметр, ключ, з'єднувальні проводи.

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На початку уроку необхідно нагадати учням послідовність дій під час вимірювання напруги:

1. Установити, для вимірювання якої величини використовується даний прилад. (На шкалі є буква  $V$  — прилад для вимірювання напруги.)
2. Установити, на яку максимальну напругу розрахований прилад.
3. Установити, для якого струму (постійного чи змінного) можна використовувати прилад.
4. Визначити ціну поділки шкали приладу.
5. Визначити, яке значення напруги показує прилад.

В усіх лабораторних роботах, де використовується вольтметр, потрібно порадити учням спочатку збирати коло без нього, а потім підключити вольтметр до тієї ділянки, на якій вимірюють напругу. Вольтметр можна переключати від однієї ділянки до іншої, не розбираючи інші частини кола.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Зберіть електричне коло, що складається з двох лампочок на підставці, джерела струму і ключа.
2. Підключить вольтметр паралельно до однієї з лампочок і виміряйте напругу на ній.
3. Підключить вольтметр паралельно до іншої лампочки і виміряйте напругу на ній.
4. Виміряйте напругу на ділянці кола, що складається з двох лампочок.

5. Результат вимірів запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.

Елемент кола	Напруга $U$ , В
Лампочка 1	
Лампочка 2	
Ділянка кола з двома лампочками	

6. Запишіть у зошиті для лабораторних робіт, що ви вимірювали і який отримали результат (або зробили висновок).

### Творче завдання

Якщо учні добре підготовлені і залишиться час на уроці, їм можна запропонувати творчу роботу: виготовити картопляне, яблучне чи лимонне джерело струму. Для цього в яблуко (лимон, картоплину) потрібно устроїти мідний провідник і залізний цвях. Джерело готове. Щоб перевірити його роботу, потрібно підключити це джерело струму до вольтметра.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 10.
2. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 4.

### Задачі із самостійної роботи № 4 «Напруга»

#### *Середній рівень*

1. При проходженні по провіднику електричного заряду 12 Кл виконується робота 600 Дж. Чому дорівнює напруга на кінцях цього провідника?
2. Обчисліть роботу, що виконується при проходженні через спіраль електроплитки заряду 15 Кл, якщо вона ввімкнена в мережу напругою 220 В.

#### *Достатній рівень*

1. а) На цоколі однієї електричної лампочки зроблений напис «127 В», на цоколі іншої — «220 В». Що означають ці написи?

- б) Яка напруга на автомобільній лампочці, якщо при проходженні через її нитку розжарення заряду 300 Кл була виконана робота 3,6 кДж?
2. а) Як слід ввімкнути в коло вольтметр, щоб виміряти напругу на лампочці — послідовно з лампочкою чи паралельно? Нарисуйте відповідну схему. Яким повинен бути опір вольтметра порівняно з опором лампочки?
- б) Чому дорівнює напруга на ділянці кола, на якій виконана робота 1,5 кДж, при проходженні заряду 30 Кл?

***Високий рівень***

1. а) Якою повинна бути сила струму, що проходить через вольтметр, порівняно із силою струму в колі?
- б) При переносі заряду 240 Кл з однієї точки електричного кола в іншу за 16 хв була виконана робота 1 200 Дж. Визначте напругу й силу струму в колі.
2. а) Дві лампи ввімкнені в електричні кола, у яких сили струму однакові. Але попри це, одна з ламп горить менш яскраво, ніж інша. Про що свідчить цей факт? Який висновок про напругу на лампах можна зробити?
- б) Чому дорівнює напруга на ділянці кола, на якій за сили струму 2 А за 20 с була виконана робота 800 Дж?

## Урок 9/15

**Тема.** Електричний опір. Закон Ома

**Мета уроку:** установити залежність між силою струму, напругою на однорідній ділянці електричного кола й опором цієї ділянки.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

Контроль знань	12 хв	Самостійна робота № 4 «Напруга»
Демонстрації	5 хв	1. Залежність сили струму від опору провідника за постійної напруги. 2. Залежність сили струму від напруги за постійного опору ділянки кола
Вивчення нового матеріалу	23 хв	1. Переконаємося, що сила струму в провіднику залежить від напруги на його кінцях. 2. З'ясуємо, що сила струму в провіднику залежить від властивостей самого провідника. 3. Ознайомлюємося з електричним опором. 4. Формулюємо закон Ома
Закріплення вивченого матеріалу	5 хв	Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Переконаємося, що сила струму в провіднику залежить від напруги на його кінцях

Електричний струм у колі — це спрямований рух заряджених частинок в електричному полі. Чим сильніша дія електричного поля на ці частинки, тим більше сила струму в колі. Але дія поля характеризується напругою. Тому можна припустити, що сила струму залежить від напруги. Цю залежність можна установити експериментально.

Експериментально доводимо: у скільки разів збільшується напруга, прикладена до провідника, у стільки ж разів збільшується сила струму в ньому. Цю залежність необхідно проілюструвати графічно. Будуємо графік залежності  $I = f(U)$ .

2. З'ясуємо, що сила струму в провіднику залежить від властивостей самого провідника.

Формування уявлення про опір можна почати з досліду, мета якого — показати, що сила струму в провіднику залежить не тільки від напруги, але й від властивостей самого провідника.

Збираємо електричне коло із джерела струму і мідного дроту на колодці, ключа, амперметра і вольтметра. Замикаємо коло й записуємо показання амперметра й вольтметра. Потім замість мідного дроту вмикаємо нікеліновий, що має такі самі довжину й переріз. Сила струму в колі зменшується. Якщо ж увімкнути залізний дріт, то сила струму значно збільшиться. Вольтметр же, який підключили до кінців цих дротів, показує однакову напругу. Отже, сила струму залежить від певної властивості провідника.

Очевидний висновок: провідники впливають на силу струму; інакше кажучи, чинять опір струму.

3. Ознайомлюємося з електричним опором

Очевидно, той провідник має більший опір, у якому за тієї самої напруги проходить менший струм.

► *Властивість провідника обмежувати силу струму в колі називають його опором.*

Для кращого розуміння учнями природи електричного опору необхідно розглянути модельні уявлення електричного струму в металі, звернувши увагу учнів на взаємодію електронів, що рухаються, з іонами кристалічних решіток.

Ставимо перед учнями питання: що є причиною, яка обмежує силу струму в провіднику? Шляхом логічних міркувань підводимо учнів до висновку, що таких причин дві:

- електричне поле позитивно заряджених іонів кристалічних решіток діє із силою на електрони, зменшуючи їхню швидкість спрямованого руху, а отже, і силу струму;
- вплив електричного поля електронів на сусідні електрони, що так само призводить до зменшення швидкості їхнього спрямованого руху.

Електричний опір позначається буквою  $R$ .

➤ За одиницю опору один ом приймають опір такого провідника, у якому за напруги на кінцях 1 В сила струму дорівнює 1 А.

$$1 \text{ Ом} = \frac{1 \text{ В}}{1 \text{ А}}.$$

#### 4. Формулюємо закон Ома

Закон Ома для ділянки кола можна установити експериментально.

Існує багато описів відповідних дослідів та установок, які можна згрупувати в такий спосіб:

- досліди з установкою, у якій здійснюється заміна резисторів;
- досліди з демонстраційним магазином опорів;
- досліди з демонстраційним реохордом.

В усіх цих дослідах застосовують демонстраційні амперметри і вольтметри.

Демонстрації проводяться у два етапи. Спочатку встановлюють залежність сили струму від опору ділянки кола за постійної напруги на даній ділянці кола. За результатами цього дослідів виявляють обернено пропорційну залежність сили струму від опору провідника:

$$I \sim \frac{1}{R}.$$

На другому етапі, не змінюючи опору, вимірюють силу струму, коли значення напруги на даній ділянці кола різні. За результатами цього дослідів встановлюють пряму пропорційну залежність сили струму від напруги:

$$I \sim U.$$

Результати обох дослідів ( $I \sim \frac{1}{R}$  і  $I \sim U$ ) узагальнюють і формують закон Ома для ділянки кола.

➤ Сила струму в однорідній ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях цієї ділянки і обернено пропорційна його опору.

$$I = \frac{U}{R}.$$

Залежність сили струму на ділянці кола від напруги за постійного опору і залежність сили струму від опору за постійної напруги можуть бути виражені графічно. Дуже важливо в кожній залежності з'ясувати, що є функцією, а що — аргументом.

**Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ?** Як на досліді показати, що сила струму в колі залежить від властивостей провідника?
- ?** Як виразити напругу на ділянці кола, знаючи силу струму в ньому і його опір?
- ?** Як виразити опір ділянки кола, знаючи напругу на його кінцях і силу струму в ньому?

**ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ****1. Навчаємося розв'язувати задачі**

1. На цоколі електричної лампи написано 3,5 В; 0,28 А. Що це значить? Знайдіть опір спіралі лампи.
2. Яку напругу треба створити на кінцях провідника опором 20 Ом, щоб у ньому виникла сила струму 0,5 А?
3. За напруги 220 В сила струму в спіралі лампи дорівнює 0,3 А. Якою буде сила струму, якщо напруга зменшиться на 10 В?

**Що ми дізналися на уроці**

- Властивість провідника обмежувати силу струму в колі називають його опором.
- За одиницю опору приймають опір такого провідника, у якому за напруги на кінцях 1 В сила струму дорівнює 1 А.

$$1 \text{ Ом} = \frac{1 \text{ В}}{1 \text{ А}} .$$

- Сила струму в однорідній ділянці кола прямо пропорційна напрузі на кінцях цієї ділянки й обернено пропорційна його опором.

$$I = \frac{U}{R} .$$

**Домашнє завдання**

1. Підр.: § 11.
2. 36.:

**рів1** — № 6.1; 6.2; 6.3; 6.4; 6.5.

**рів2** — № 6.28; 6.29; 6.30; 6.31, 6.32.

**рів3** — № 6.48, 6.49; 6.40; 6.51; 6.52.



## Урок 10/16

**Тема.** Питомий опір

**Мета уроку:** показати залежність опору провідника від його геометричних розмірів і матеріалу.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Як виразити напругу на ділянці кола, знаючи силу струму в ньому і його опір?</li> <li>2. Як виразити опір ділянки кола, знаючи напругу на його кінцях і силу струму в ньому?</li> <li>3. Знайдіть за законом Ома опір ділянки кола. Чому не можна говорити, що опір у цьому випадку прямо пропорційний напрузі та обернено пропорційний силі струму?</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Залежність опору провідника від його геометричних розмірів.</li> <li>2. Залежність опору провідника від матеріалу, з якого він виготовлений</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чому провідник чинить опір електричному струму?</li> <li>2. Від чого залежить опір провідника?</li> <li>3. Питомий опір провідника</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	10 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Чому провідник чинить опір електричному струму?

Отже, ми раніше з'ясували, що до зменшення швидкості спрямованого руху електронів (а відтак, до зменшення сили струму) призводять дві причини: по-перше, дія електричного поля позитивно заряджених іонів кристалічних решіток; по-друге, вплив електричного поля електронів на сусідні електрони.

У результаті цього швидкість спрямованого руху електронів зменшується: провідник чинить опір електричному струму.

#### 2. Від чого залежить опір провідника?

З'ясувавши причини, що обмежують силу струму в провіднику, переходимо до формулювання узагальнюючого визначення величини

ни опору. Для цього виконуємо ряд дослідів із провідниками різних довжини, площі поперечного перерізу й матеріалу. Учні, аналізуючи отримані результати, самостійно доходять висновку, що:

► *опір провідника прямо пропорційний площі поперечного перерізу і залежить від матеріалу.*

Якщо позначити опір провідника буквою  $R$ , його довжину буквою  $l$ , а площу поперечного перерізу —  $S$ , то

$$R \sim \frac{l}{S}.$$

### 3. Питомий опір провідника

Позначимо коефіцієнт, що характеризує електричні властивості речовини, з яких виготовлений провідник, буквою  $\rho$ . Цей коефіцієнт називається питомим опором речовини. Тоді

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

звідки одержуємо:

$$\rho = \frac{RS}{l}.$$

► *Фізична величина, що називається питомим опором речовини, показує, який опір має зроблений з цієї речовини провідник довжиною 1 м і площею поперечного перерізу 1 м<sup>2</sup>.*

Оскільки одиницею опору є 1 Ом, одиницею площі поперечного перерізу — 1 м<sup>2</sup>, а одиницею довжини — 1 м, то одиницею питомого опору буде:

$$\frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ м}^2}{1 \text{ м}}, \text{ або } 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Зручніше виражати площу поперечного перерізу провідника у квадратних міліметрах. Тоді одиницею питомого опору буде:

$$\frac{1 \text{ Ом} \cdot 1 \text{ мм}^2}{1 \text{ м}} = 1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}.$$

На завершення уроку необхідно познайомити учнів з таблицею питомих електричних опорів деяких речовин. Оскільки опір металевих провідників залежить від температури (він збільшується при підвищенні температури), то в таблиці наводяться значення питомих опорів для температури 20 °С.

З таблиці випливає, що срібло і мідь — кращі провідники електрики. Для нагрівальних елементів зручно використовувати речовини великого питомого опору, наприклад, ніхром.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ? Як залежить опір провідника від його довжини і від площі поперечного перерізу?
- ? Як показати дослідним шляхом залежність опору провідника від його довжини й площі поперечного перерізу?
- ? Як можна показати, що опір провідника залежить від роду речовини, з якого він виготовлений?
- ? Питомий опір нікеліну  $0,4 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ . Що це означає?

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  - 1) Який опір мідного проводу довжиною 1 м і площею поперечного перерізу  $1 \text{ мм}^2$ ?
  - 2) Наявні два мідних дроти однакової довжини. В одного площа поперечного перерізу  $1 \text{ мм}^2$ , а в іншого —  $5 \text{ мм}^2$ . У якого дроту опір менший і в скільки разів?
  - 3) У яких випадках і де використовують провідники з малим (великим) питомим опором?
  - 4) Довжина одного проводу 20 см, іншого — 1,6 м. Площа перерізу й матеріал проводу однакові. У якого проводу опір більший і в скільки разів?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  - 1) Знайдіть довжину проводу для нагрівача електроплитки. Діаметр проводу 0,5 мм, а його опір за кімнатної температури має складати 48 Ом.

*Розв'язок.* Площа поперечного перерізу проводу  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ . З фор-

мули для опору  $R = \rho \frac{l}{S}$  одержуємо  $l = \frac{RS}{\rho}$ , звідки  $l = \frac{R\pi d^2}{4\rho}$ .

Перевірка одиниць величин:

$$[l] = \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}} = \text{м}.$$

Підставляємо числові дані:

$$l = \frac{48 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2}{4 \cdot 1,1} \approx 8,7 (\text{м}).$$

- 2) У лабораторних роботах використовуються мідні з'єднувальні проводи, площа перерізу яких дорівнює  $1 \text{ мм}^2$ . Сила струму в них досягає 2 А. Яка напруга на такому проводі, якщо його довжина дорівнює 10 см?

*Розв'язок.* Напругу на цьому проводі знайдемо по закону Ома

$\left( I = \frac{U}{R} \right)$ :  $U = IR$ . Опір кожного з'єднувального проводу знайдемо за формулою:  $R = \rho \frac{l}{S}$ . Тоді  $U = \rho \frac{I \cdot l}{S}$ .

Перевірка одиниць величин:

$$[U] = \frac{\text{м} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} \cdot \frac{\text{А} \cdot \text{м}}{\text{мм}^2} = \text{В}.$$

Підставляємо числові дані:

$$U = \frac{0,017 \cdot 2 \cdot 0,1}{1} = 0,0034 (\text{В}) = 3,4 (\text{мВ}).$$

- 3) Ртуть заповнює скляну трубку із внутрішнім перерізом  $1 \text{ мм}^2$  і має опір 2 Ом. Обчисліть довжину стовпчика ртуті в трубці.

### Що ми дізналися на уроці

- Опір провідника прямо пропорційний довжині, обернено пропорційний площі поперечного перерізу і залежить від матеріалу.

$$R = \rho \frac{l}{S}.$$

- Фізична величина, що називається питомим опором речовини, показує, яким опором володіє зроблений з цієї речовини провідник завдовжки 1 м і площею поперечного перерізу  $1 \text{ м}^2$ .

**Домашнє завдання**

1. **Підр.:** § 12.
2. **Зб.:**  
**рів1** — № 6.6; 6.7; 6.8; 6.10; 6.11.  
**рів2** — № 6.33; 6.34; 6.35; 6.37, 6.39.  
**рів3** — № 6.54; 6.55, 6.56; 6.57; 6.58..
3. **Д.:** підготуватися до самостійної роботи № 5.

**Задачі із самостійної роботи № 5 «Електричний опір. Питомий опір»***Середній рівень*

1. Обчисліть опір алюмінієвого дроту завдовжки 80 см і площею поперечного перерізу  $0,2 \text{ мм}^2$ .
2. Опір провідника перерізом  $4 \text{ мм}^2$  дорівнює 40 Ом. Який переріз повинен мати провідник тієї самої довжини і з такого самого матеріалу, щоб його опір був 100 Ом?

*Достатній рівень*

1. а) Наявні два дроти однакових перерізу й довжини. Один дріт — з міді, інший — з нікеліну. Який з них має менший опір? Чому? У скільки разів?  
б) У скільки разів відрізняються опори двох алюмінієвих провідників, якщо один з них має в 6 разів більшу довжину й у 3 рази більшу площу поперечного перерізу, ніж інший?
2. а) Чому провідники мають опір? Чому опір різних провідників різний?  
б) Із двох відрізків дроту перший у 8 разів довший, але другий має вдвічі більшу площу поперечного перерізу. Наскільки велике відношення опорів цих відрізків?

*Високий рівень*

1. На котушку електромагніта намотаний мідний провід перерізом  $0,03 \text{ мм}^2$  і довжиною 200 м. Знайдіть опір обмотки та її масу.
2. Потрібно виготовити провід завдовжки 100 м й опором 1 Ом. У якому випадку провід буде легшим: якщо його зробити з алюмінію чи з міді? У скільки разів?

## Урок 11/17

**Тема.** Зміна сили струму в колі. Реостати

**Мета уроку:** ознайомити учнів із пристроєм і використанням реостатів для регулювання сили струму в колі.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	12 хв	Самостійна робота № 5 «Електричний опір. Питомий опір»
<b>Демонстрації</b>	5 хв	1. Будова й принцип дії реостатів. 2. Різні види реостатів: повзунковий реостат; магазин резисторів; штепсельний реостат. 3. Зміна сили струму за допомогою реостатів
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	20 хв	1. Для чого потрібно змінювати силу струму в колі? 2. Реостати. Види реостатів. 3. Правила користування реостатами
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	8 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Для чого потрібно змінювати силу струму в колі?

Отже, електричний струм може виконувати різні дії: теплову, магнітну, електричну, світлову. Інтенсивність дії струму залежить від сили струму в споживачі. На практиці дуже часто доводиться регулювати інтенсивність дії струму, тобто змінювати силу струму, що проходить через споживач. Наприклад, змінюючи голосність звуку радіоприймача, ми змінюємо силу струму в динаміку. Регулюючи яскравість світіння лампи, змінюємо силу струму в її спіралі. Перемикаючи швидкість обертання барабана пральної машини, змінюємо силу струму в обмотці її двигуна.

Постає питання: як же можна змінювати силу струму? Щоб відповісти на це питання, звернімося до закону Ома:

$$I = \frac{U}{R}.$$

З цієї формули випливає, що існують два шляхи зміни сили струму: змінювати напругу на ділянці кола або змінювати опір цієї ділянки.

Зручніше змінювати опір ділянки кола. Яким чином? Опір залежить від розмірів провідника й матеріалу, з якого виготовлений цей провідник. Оскільки опір провідника можна обчислити за формулою  $R = \rho \frac{l}{S}$ , то найбільш зручно для зміни опору провідника змінювати його довжину.

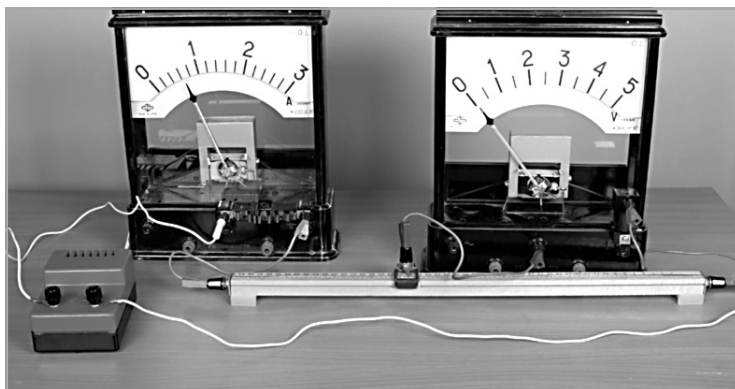
## 2. Реостати. Види реостатів

У сучасній техніці широко використовуються компактні пристрої, що обмежують силу електричного струму. Найбільш поширені резистори. Зазвичай резистор складається з каркаса з жароміцного діелектрика, намотаного на каркас дроту з металу з великим питомим опором і виводів для ввімкнення в коло.

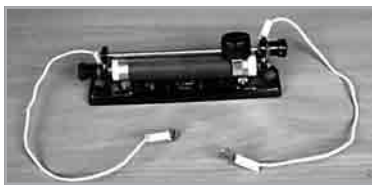
Для регулювання сили струму в електричному колі використовують резистори зі змінним опором — реостати (від грецького  $\rho\eta\epsilon\omicron\varsigma$  — плин, потік;  $\sigma\tau\alpha\tau\omicron\varsigma$  — нерухомий).

► *Пристрій зі змінним опором, призначений для регулювання сили струму, називається реостатом.*

Найпростішим реостатом може служити провід з ковзним контактом (повзунком). Пересуваючи повзунка вздовж проводу, можна збільшувати або зменшувати довжину ділянки кола, по якій протікає електричний струм  $i$ , відповідно, зменшувати або збільшувати силу струму.

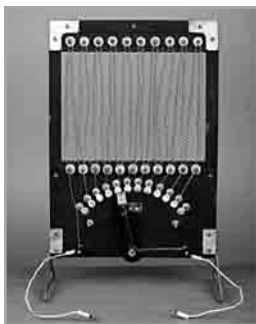


На практиці використовують більш компактні реостати. Наприклад, повзунковий реостат.



У цьому реостаті сталевий дріт намотаний на керамічний циліндр. Дріт покритий тонким шаром окалини, що не проводить струму, тому витки її ізольовані один від одного. Від тертя повзунка об витки шар окалини під його контактом стирається, та електричний струм у колі проходить від витка дроту до повзунка, а через нього в стрижень, що має на кінці затиск. За допомогою цього затиску й затиску, з'єднаного з одним з кінців обмотки і розташованого на корпусі реостата, реостат під'єднують у коло.

На рисунку зображений реостат, за допомогою якого можна змінювати опір у колі не плавно, а ступенями — стрибками.



Такий реостат використовують для запуску й вимикання електродвигунів.

### 3. Правила користування реостатами

Закінчуючи виклад нового матеріалу, необхідно ознайомити учнів із правилами роботи з реостатами. Варто звернути особливу увагу на техніку безпеки (неприпустимо торкатися руками робо-



чих частин реостата тощо). Під час роботи дріт реостата може нагріватися, тому з метою безпеки зверху його зазвичай накривають кожухом.

### Питання до учнів у ході викладення нового матеріалу

- ? *Для чого потрібно змінювати силу струму в колі?*
- ? *Як можна змінювати силу струму в колі?*
- ? *Чому в реостатах використовують дріт з великим питомим опором?*
- ? *Для яких величин указують на реостаті їхні припустимі значення?*
- ? *Як на схемах електричних кіл зображують реостат?*

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Якісні питання

- 1) Чому обмотку реостата не роблять з алюмінієвого дроту?
- 2) Потрібно вдвічі збільшити силу струму в даному провіднику. Що для цього потрібно зробити?
- 3) Що змінилося на ділянці кола, якщо ввімкнений послідовно з ним амперметр показує збільшення сили струму?

#### 2. Навчаємося розв'язувати задачі

- 1) Обчисліть силу струму, що проходить по мідному провіднику довжиною 100 м, площею поперечного перерізу  $0,5 \text{ мм}^2$ , якщо до кінців проводу прикладена напруга 6,8 В.
- 2) Яка площа поперечного перерізу вольфрамового дроту, через яку йде струм 0,05 А за напруги 5 В? Довжина дроту 4 м.
- 3) Нікеліновий дріт довжиною 4 м і площею поперечного перерізу  $0,4 \text{ мм}^2$  ввімкнений у коло акумулятора. Сила струму в колі 0,3 А. Визначити напругу на полюсах акумулятора.
- 4) Потрібно виготовити провід довжиною 100 м й опором 1 Ом. У якому випадку провід вийде легшим: якщо його зробити з алюмінію чи з міді? У скільки разів?
- 5) Мідний провід довжиною 5 км має опір 12 Ом. Визначте масу міді, що необхідна для його виготовлення. Густина міді  $8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

### Що ми дізналися на уроці

- Пристрій зі змінним опором, призначений для регулювання сили струму, називають реостатом.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 12.
2. 36.:
  - рів1 — № 6.12; 6.13; 6.25; 6.26; 6.27.
  - рів2 — № 6.43; 6.44; 6.45; 6.46, 6.47.
  - рів3 — № 6.53; 6.59, 6.60; 6.61.
3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 6.

### Задачі із самостійної роботи № 6

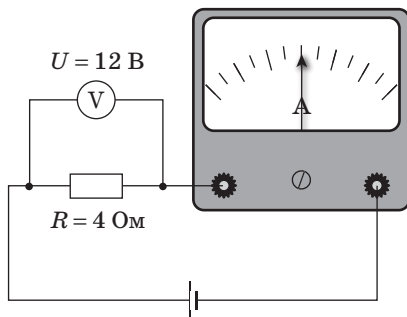
#### «Закон Ома для ділянки кола»

#### Середній рівень

1. Напруга в мережі 220 В. Визначте силу струму в спіралі електроплитки, що має опір 44 Ом.
2. Визначте опір електричної лампи, сила струму в якій 0,5 А, за напруги 120 В.

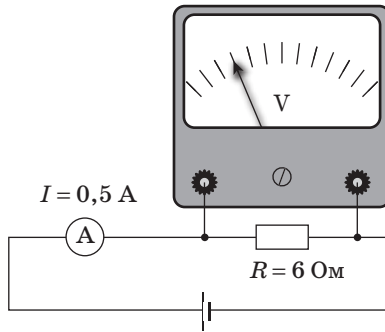
#### Достатній рівень

1. а) Необхідно вдвічі збільшити силу струму в колі. Що для цього потрібно зробити?  
б) Яка ціна поділки шкали амперметра (див. рис.)?



2. а) Як за даними, зазначеними на цоколі електричної лампочки, визначити її опір?

б) Яка ціна поділки шкали вольтметра (див. рис.)?



**Високий рівень**

1. По мідному провіднику з поперечним перерізом  $3,5 \text{ мм}^2$  і довжиною  $14,2 \text{ м}$  йде струм силою  $2,25 \text{ А}$ . Визначте напругу на кінцях цього провідника.
2. Визначте силу струму, що проходить по сталевому проводу довжиною  $100 \text{ м}$  і поперечним перерізом  $0,5 \text{ мм}^2$  за напруги  $68 \text{ В}$ .

## Урок 12/18

**Тема.** Лабораторна робота № 4 «Вимірювання опору провідника за допомогою амперметра й вольтметра»

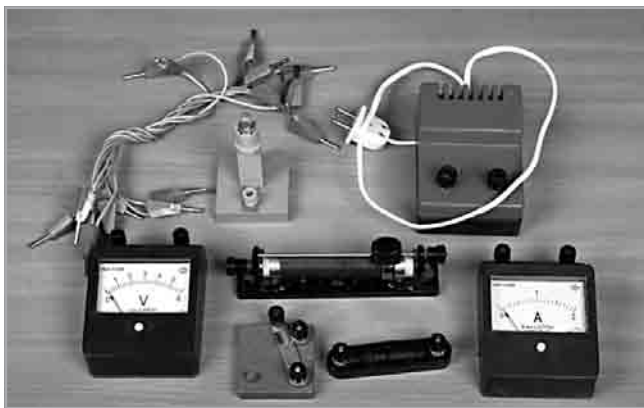
**Мета уроку:** навчитися визначати опір провідника за допомогою амперметра й вольтметра; переконатися дослідним шляхом у тому, що опір провідника не залежить від сили струму в ньому та від напруги на його кінцях.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** джерело струму, спіраль-резистор, повзунковий реостат, амперметр, вольтметр, ключ, з'єднувальні проводи.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Зберіть електричне коло із приладів, зображених на рисунку.



2. Виміряйте напругу на резисторі й силу струму в колі.
3. Плавно пересуваючи повзунок реостата, збільште силу струму в колі. Запишіть у зошит для лабораторних робіт показання вольтметра й амперметра.
4. Пересуньте повзунок реостата в протилежний бік і ще раз виміряйте напругу на резисторі та силу струму в колі.
5. Обчисліть опір резистора для кожного випадку.
6. Результати вимірів та обчислень запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.

№ до- сліду	Напруга $U$ , В	Сила струму $I$ , А	Опір $R$ , Ом
1			
2			
3			

7. Запишіть у зошит для лабораторних робіт, що ви вимірювали та який отримали результат.

### Творче завдання

За отриманими у ході проведення експерименту даними побудуйте графік вольт-амперної характеристики резистора. За графіком визначте опір резистора й порівняйте його з результатом обчислень.

На завершення уроку можна запропонувати учням виконати самостійну роботу № 6 «Закон Ома для ділянки кола».

### Домашнє завдання

1. Підр.: §§ 10, 11, 12.

2. Зб.:

**рів1** — № 6.9; 6.14; 6.15; 6.16; 6.20.

**рів2** — № 6.22; 6.23; 6.24; 6.36, 6.38.

**рів3** — № 6.40; 6.41; 6.42, 6.62; 6.63.

## Урок 13/19

**Тема.** Лабораторна робота № 5 «Вивчення залежності електричного опору від довжини провідника й площі його поперечного перерізу»

**Мета уроку:** з'ясувати, як залежить електричний опір провідника від його довжини й площі поперечного перерізу.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** джерело струму, амперметр, вольтметр, ключ, реостат, ізоляційна панель для проводу, три проводи з однакового матеріалу однакової довжини, але різного діаметра, з'єднувальні проводи, штангенциркуль або мікрометр.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Досліджуйте залежність опору провідника від його довжини. Для цього зберіть схему електричного кола, приєднавши провід на ізоляційній панелі.
2. Виміряйте довжину проводу.
3. Виміряйте силу струму в колі й напругу на проводі.
4. Обчисліть опір проводу.
5. Повторіть досліди, змінюючи довжину проводу.
6. Результати вимірів та обчислень запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.

№ досліду	Напруга $U$ , В	Сила струму $I$ , А	Опір $R$ , Ом	Довжина проводу $l$ , м
1				
2				
3				

7. Досліджуйте залежність опору провідника від площі його поперечного перерізу, використовуючи три проводи з одного матеріалу, однакової довжини, але різного діаметра. Для цього зберіть електричне коло, підключивши один із проводів, закріплених на ізоляційній панелі.
8. Виміряйте силу струму й напругу на проводі.
9. Виміряйте діаметр проводу й обчисліть площу його поперечного перерізу.

10. Обчисліть опір проводу.
11. Повторіть дослід ще два рази з проводами іншого діаметра.
12. Результати вимірів та обчислень запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.

№ до- сліду	Напруга $U$ , В	Сила стру- му $I$ , А	Опір $R$ , Ом	Діаметр $d$ , мм	Площа перерізу $S$ , мм <sup>2</sup>
1					
2					
3					

13. Запишіть у зошит для лабораторних робіт, що ви вимірювали і який отримані результат.

### Творче завдання

Визначте матеріал, з якого виготовлений один із проводів, використаних у ході експерименту. Поясніть, чому отримане вами значення питомого опору може відрізнятися від табличного.

### Домашнє завдання

1. Підр.: §§ 10, 11, 12.

## Урок 14/20

**Тема.** Послідовне з'єднання провідників

**Мета уроку:** познайомити учнів із послідовним з'єднанням провідників і закономірностями, що існують у колі з послідовним з'єднанням провідників.

**Тип уроку:** комбінований урок.

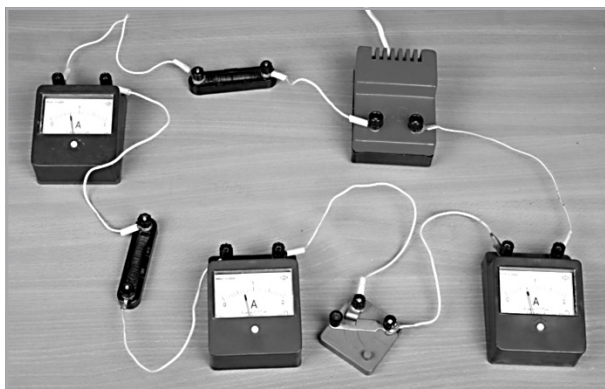
### План уроку

Демонстрації	6 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Коло з послідовно з'єднаними лампочками.</li> <li>2. Сталість сили струму в різних ділянках кола.</li> <li>3. Напруги в колі з послідовно з'єднаними провідниками</li> </ol>
Вивчення нового матеріалу	31 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знайомимося з послідовним з'єднанням провідників.</li> <li>2. Закономірності в колі з послідовним з'єднанням провідників.</li> <li>3. Застосування послідовного з'єднання провідників</li> </ol>
Закріплення вивченого матеріалу	8 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Знайомимося з послідовним з'єднанням провідників

Зберемо схему, зображену на рисунку:





► *Послідовним називають таке з'єднання провідників, за якому кінець першого провідника з'єднують з початком другого, кінець другого — з початком третього і т. ін.*

Продемонструвавши низку дослідів, підводимо учнів до важливого висновку:

- струм, що протікає через усі резистори з послідовним з'єднанням резисторів, один і той самий;
- за послідовного з'єднання резисторів загальна напруга на всьому з'єднанні дорівнює сумі напруг на кожному резисторі.

Для з'ясування сутності цих закономірностей корисно розглянути гідродинамічну аналогію послідовного з'єднання провідників.

## 2. Закономірності в колі з послідовним з'єднанням провідників

На основі перерахованих вище закономірностей і закону Ома для ділянки кола можна установити формули для загального опору з'єднань резисторів.

$$I_{\text{зар}} = I_1 = I_2 = I_3, \quad U_{\text{зар}} = U_1 + U_2 + U_3,$$

$$R_{\text{зар}} = \frac{U_1}{I_1} + \frac{U_2}{I_2} + \frac{U_3}{I_3} = R_1 + R_2 + R_3$$

Під час вивчення цього матеріалу корисно використовувати вже засвоєну учнями залежність  $R = \rho \frac{l}{S}$  і дати якісну оцінку: за послідовного з'єднання провідників ніби збільшується довжина провідника, ввімкненого в коло, що призводить до збільшення опору.

## 3. Застосування послідовного з'єднання провідників

Основним недоліком послідовного з'єднання провідників є те, що коли виходить з ладу один з елементів з'єднання, вимикаються й інші. Так, наприклад, якщо перегорить одна з ламп ялинкової гірлянди, то згаснуть і всі інші.

Зазначений недолік може обернутися й перевагою. Уявіть собі, що якесь коло потрібно захистити від перевантаження: при збільшенні сили струму коло має автоматично вимикатися. Як це зробити? Наприклад, використати запобіжник. Далі можна запропонувати учням самим навести приклади застосування послідовного з'єднання провідників.

## Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ? Яка електрична величина однакова для всіх провідників, з'єднаних послідовно?
- ? Як знайти загальний опір кола, знаючи опір окремих провідників, за послідовного з'єднання?
- ? Який недолік послідовного з'єднання провідників?
- ? Де можна використовувати послідовне з'єднання провідників?

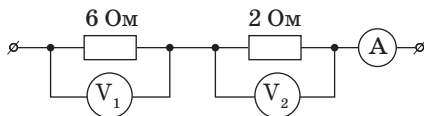
## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Якісні питання

- 1) Як можна використовувати однакові лампи, розраховані на напругу 36 В, якщо напруга в мережі дорівнює 220 В?
- 2) Резистори з опороми 2 й 8 кОм з'єднані послідовно. На якому з них більша напруга? У скільки разів?
- 3) Сталевий та алюмінієвий проводи однакових розмірів ввімкнені в коло послідовно. На якому з них буде більша напруга за однакової сили струму?

### 2. Навчаємося розв'язувати задачі

- 1) Вольтметр  $V_1$  показує 12 В. Які показання амперметра й вольтметра  $V_2$ ?



- 2) Ділянка кола складається з двох послідовно з'єднаних резисторів, опори яких 50 Ом і 70 Ом. Напруга на ділянці кола 60 В. Знайдіть силу струму в колі й напруги на кожному з резисторів.

## Що ми дізналися на уроці

- Послідовним називають таке з'єднання провідників, за якого кінець першого провідника з'єднують з початком другого, кінець другого — з початком третього і т.ін.
- За послідовного з'єднання:

$$I_{\text{заг}} = I_1 = I_2 = I_3, \quad U_{\text{заг}} = U_1 + U_2 + U_3,$$

$$R_{\text{заг}} = \frac{U_1}{I_1} + \frac{U_2}{I_2} + \frac{U_3}{I_3} = R_1 + R_2 + R_3$$

**Домашнє завдання**

1. Підр.: § 13.
2. Зб.:  

рів1 — № 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5.  
 рів2 — № 7.9; 7.10; 7.11; 7.12, 7.13.  
 рів3 — № 7.20, 7.21; 7.22; 7.23.
3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 7.

**Задачі із самостійної роботи № 7****«Послідовне з'єднання провідників»***Середній рівень*

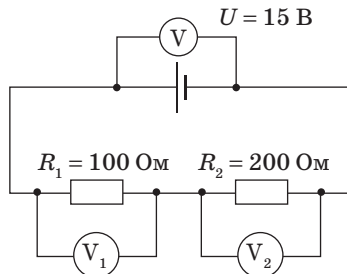
1. Резистори, опори яких 2 і 3 Ом, з'єднані послідовно й підключені до джерела постійної напруги 15 В. Знайдіть силу струму в колі.
2. Резистори, опори яких 30 і 60 Ом, з'єднані послідовно й підключені до батарейки. Напруга на першому резисторі 3 В. Яка напруга на другому резисторі?

*Достатній рівень*

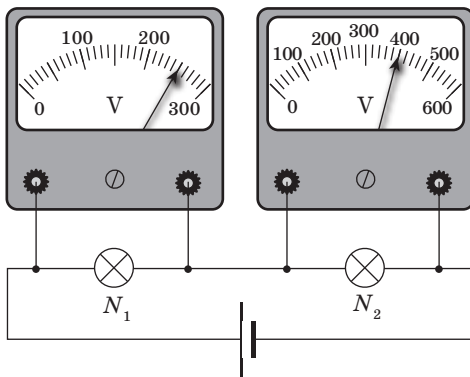
1. В електричну мережу з напругою 120 В ввімкнені послідовно три резистори, опори яких відповідно дорівнюють 12, 9 і 3 Ом. Обчисліть силу струму в колі та напругу на кожному резисторі.
2. У коло ввімкнені послідовно три провідники опороми 5, 6 і 12 Ом відповідно. Яка сила струму в колі і яку напругу прикладено до кінців кола, якщо напруга на другому провіднику 1,2 В?

*Високий рівень*

1. Яку напругу показують вольтметри  $V_1$  і  $V_2$ ? Яка сила струму на ділянці кола?



2. Опір лампи  $N_2$  дорівнює 100 Ом. Знайдіть опір лампи  $N_1$ . Чому дорівнює сила струму в колі та загальний опір двох ламп.



## Урок 15/21

**Тема.** Лабораторна робота № 6 «Дослідження електричного кола з послідовним з'єднанням провідників»

**Мета уроку:** експериментально перевірити закони послідовного з'єднання провідників.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** джерело струму, амперметр, вольтметр, ключ, два резистори, з'єднувальні проводи.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Накресліть схему електричного кола, що складається з двох послідовно з'єднаних резисторів, ключа й джерела струму.
2. Зберіть електричне коло за накресленою вами схемою.
3. Виміряйте силу струму, ввімкнувши амперметр спочатку між джерелом струму та першим резистором ( $I_1$ ), потім між джерелом струму та другим резистором ( $I_2$ ), а потім між резисторами ( $I$ ).
4. Результати вимірів запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.
5. Виміряйте напругу спочатку на першому резисторі ( $U_1$ ), потім на другому резисторі ( $U_2$ ), а потім на обох резисторах ( $U$ ). Результати вимірів запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.
6. Обчисліть опір першого резистора ( $R_1$ ) та другого резистора ( $R_2$ ). Результати обчислень запишіть у таблицю.
7. Обчисліть опір  $R$  ділянки кола, що містить обидва резистори, знаючи напругу на них і силу струму в ділянці кола. Результати обчислень запишіть у таблицю.

Напруга, В			Сила струму, А			Опір, Ом		
$U_1$	$U_2$	$U$	$I_1$	$I_2$	$I$	$R_1$	$R_2$	$R$

8. Запишіть у зошиті для лабораторних робіт висновок: що ви вимірювали та який отримали результат.

## Урок 16/22

**Тема.** Паралельне з'єднання провідників

**Мета уроку:** ознайомити учнів з паралельним з'єднанням провідників і закономірностями, що існують у колі з паралельним з'єднанням провідників.

**Тип уроку:** комбінований урок.

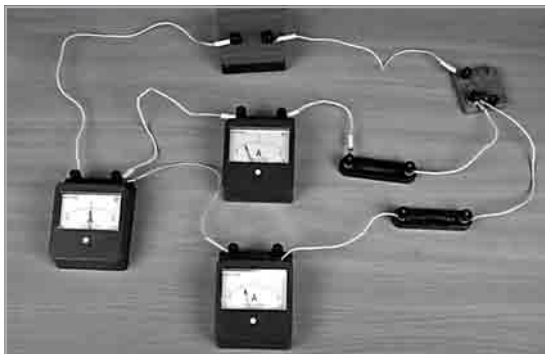
### План уроку

Контроль знань	12 хв	Самостійна робота № 7 «Послідовне з'єднання провідників»
Демонстрації	4 хв	1. Коло з паралельно ввімкненими лампочками. 2. Вимірювання напруги й сили струму в провідниках за паралельного з'єднання
Вивчення нового матеріалу	21 хв	1. Знайомимося з паралельним з'єднанням провідників. 2. Закономірності в колі з паралельним з'єднанням провідників. 3. Застосування паралельного з'єднання провідників
Закріплення вивченого матеріалу	8 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Знайомимося з паралельним з'єднанням провідників

Зберемо схему, зображену на рисунку:



➤ *Паралельним називають таке з'єднання провідників, за якого початки всіх провідників приєднуються до однієї точки електричного кола, а їхні кінці — до іншої.*

Продемонструвавши ряд дослідів, підводимо учнів до важливого висновку:

- напруга на кінцях усього розгалуження дорівнює напрузі на окремих його відгалуженнях;
- за паралельного з'єднання резисторів струм у нерозгалуженому колі дорівнює сумі струмів у розгалуженні.

Для з'ясування сутності цих закономірностей корисно розглянути гідродинамічну аналогію паралельного з'єднання провідників.

## 2. Закономірності в колі з паралельним з'єднанням провідників

На основі перерахованих вище закономірностей і закону Ома для ділянки кола встановлюють формули для загального опору з'єднань резисторів.

$$U_{\text{зар}} = U_1 = U_2 = U_3, \quad I_{\text{зар}} = I_1 + I_2 + I_3,$$

$$\frac{1}{R_{\text{зар}}} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_2}{U} + \frac{I_3}{U} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Під час вивчення цього матеріалу корисно використовувати вже засвоєну учнями залежність  $R = \rho \frac{l}{S}$  і дати якісну оцінку: за паралельного з'єднання провідників площа поперечного перерізу ніби збільшується, що призводить до зменшення загального опору.

Для двох паралельно з'єднаних провідників виконується така рівність:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}.$$

Якщо з'єднані  $n$  провідників з однаковим опором  $R$ , то загальний опір такого розгалуження:

$$R_{\text{зар}} = \frac{R}{n}.$$

### 3. Застосування паралельного з'єднання провідників

У те саме електричне коло паралельно можуть бути ввімкнені будь-які споживачі електричної енергії. Така схема з'єднання споживачів струму використовується, наприклад, у житлових приміщеннях. Далі можна запропонувати учням самим навести приклади застосування паралельного з'єднання провідників.

#### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** *Яка з електричних величин однакова для всіх провідників, з'єднаних паралельно?*
- ?** *Як змінюється загальний опір розгалуження після збільшення числа провідників у розгалуженні?*
- ?** *Як пов'язана сила струму в окремих витках паралельного з'єднання із загальною силою струму?*
- ?** *Як з'єднані між собою електричні прилади у вашій квартирі?*

#### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

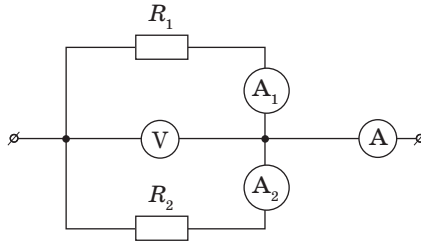
##### 1. Якісні питання

- 1) Чому не рекомендується вмикати в одну розетку через трійник кілька потужних електроприладів?
- 2) Як зміниться опір кола, якщо опір одного з резисторів у цьому колі: а) збільшити; б) зменшити? Чи залежить відповідь від типу з'єднання провідників?
- 3) Сталевий та алюмінієвий проводи однакових розмірів ввімкнені в коло паралельно. Яка частина загального струму йде через сталевий провід?

##### 2. Навчаємося розв'язувати задачі

- 1) Резистори з опором 3 і 6 Ом з'єднані паралельно. Визначте загальний опір кола, силу струму в другому резисторі й у всьому колі, якщо сила струму в першому резисторі дорівнює 2 А.
- 2) В освітлювальну мережу кімнати ввімкнені дві електричні лампи, опір яких 200 і 300 Ом. Напруга в мережі 220 В. Визначте силу струму в кожній лампі, силу струму в підвідних проводах, загальний опір обох ламп.
- 3) Амперметр  $A$  показує силу струму 1,6 А за напруги 120 В. Опір резистора  $R_1 = 100$  Ом. Визначте опір резистора  $R_2$  й показання амперметрів  $A_1$  і  $A_2$ .





### Що ми дізналися на уроці

- Паралельним називають таке з'єднання провідників, за якого початки всіх провідників приєднуються до однієї точки електричного кола, а їхні кінці — до іншої.
- Для паралельного з'єднання провідників характерні такі співвідношення:

$$U_{\text{зар}} = U_1 = U_2 = U_3, \quad I_{\text{зар}} = I_1 + I_2 + I_3,$$

$$\frac{1}{R_{\text{зар}}} = \frac{I_1}{U} + \frac{I_2}{U} + \frac{I_3}{U} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

- За паралельного з'єднання провідників сили струму у витках обернено пропорційні їхнім опорам:

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}.$$

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 14.
2. 36.:  
 рів1 — № 8.3; 8.6; 8.8; 8.9; 8.10.  
 рів2 — № 8.17; 8.18; 8.19; 8.20, 8.21.  
 рів3 — № 8.28, 8.29; 8.30; 8.31; 8.32.
3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 8.

### Задачі із самостійної роботи № 8

#### «Паралельне з'єднання провідників»

#### Середній рівень

1. Два резистори  $R_1 = 75 \text{ Ом}$  і  $R_2 = 300 \text{ Ом}$  з'єднані паралельно. Обчисліть загальний опір ділянки кола. У якому з резисторів сила струму більше? Чому?

2. Два резистори, опори яких 20 і 40 Ом, підключені паралельно до батарейки. Сила струму в першому резисторі 0,2 А. Який струм протікає в другому резисторі? Чому сила струму в резисторах різна?

***Достатній рівень***

1. Який резистор треба з'єднати паралельно з резистором у 300 Ом, щоб одержати загальний опір 120 Ом?
2. Обчисліть опір кола, що складається з трьох резисторів, опори яких дорівнюють 540, 270 і 135 Ом, якщо вони з'єднані паралельно.

***Високий рівень***

1. Шматок дроту опором 80 Ом розрізали на чотири рівні частини й отримані частини з'єднали паралельно. Визначте опір цього з'єднання. Чому дорівнює сила струму в кожному провіднику, якщо до цього з'єднання приєднали джерело струму з напругою 20 В?
2. Три провідники опором 2, 3 і 6 Ом з'єднані паралельно. Визначте розподіл сили струму, якщо в нерозгалуженій частині кола сила струму дорівнює 12 А. Яка напруга на кінцях кожного провідника?

## Урок 17/23

**Тема.** Лабораторна робота № 6 «Дослідження електричного кола з паралельним з'єднанням провідників»

**Мета уроку:** експериментально перевірити закони паралельного з'єднання провідників.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** джерело струму, амперметр, вольтметр, ключ, дві електричні лампочки на підставці, з'єднувальні проводи.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Накресліть схему електричного кола, що складається з двох паралельно з'єднаних лампочок, ключа і джерела струму.
2. Зберіть електричне коло за накресленою вами схемою.
3. Виміряйте силу струму  $I$ , що проходить через нерозгалужену частину кола, потім силу струму  $I_1$ , що протікає через спіраль лампочки 1, і силу струму  $I_2$ , що протікає через спіраль лампочки 2.
4. Результати вимірів запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.
5. Виміряйте напругу  $U$  на кожній лампочці. Результати вимірів запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.
6. Обчисліть опір  $R_1$  і  $R_2$  кожної лампочки, а так само опір  $R$  паралельно з'єднаних лампочок. Результати обчислень запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.

Елементи кола	Напруга, $U$ , В	Сила струму, $I$ , А	Опір, $R$ , Ом
Лампа 1			
Лампа 2			
Паралельне з'єднання ламп 1 і 2			

7. Запишіть у зошиті для лабораторних робіт висновок: що ви вимірювали та який отримали результат.

## Урок 18/24

**Тема.** Змішане з'єднання провідників. Розв'язання задач

**Мета уроку:** закріпити знання учнів про різні з'єднання провідників і сформувані в них уміння обчислювати параметри комбінованих кіл.

**Тип уроку:** комбінований урок.

**Контроль знань:** Самостійна робота № 8 «Паралельне з'єднання провідників».

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Приступаючи до розв'язання задач, доцільно з учнями узагальнити матеріал попередніх двох уроків. Результатом узагальнення може стати таблиця із загальними закономірностями в колах з послідовним і паралельним з'єднаннями провідників.

Засвоєнню й закріпленню знань з цієї теми сприяє доцільний добір якісних і розрахункових задач. Залежно від рівня підготовки учнів учитель повинен підібрати такі задачі, що найбільш ефективно сприяють закріпленню знань, що відповідають темі, розвитку необхідних умінь і навичок.

Наводимо орієнтовний список задач, з яких учитель може вибрати ті, котрі необхідні для розв'язання на уроці.

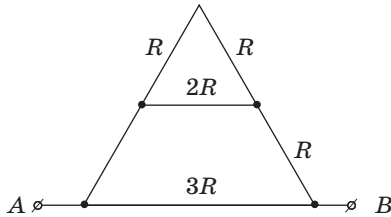
#### Якісні задачі

1. Як зміниться опір електричного кола, якщо підключити до будь-якої ланки кола ще один резистор: а) послідовно; б) паралельно?
2. Як виміряти напругу приладом, що вимірює силу струму?
3. У якому випадку вольтметр покаже більшу напругу: при з'єднанні до лампи чи до амперметра? Чому?
4. Що потрібно зробити, щоб зменшити чутливість амперметра?
5. У ході лабораторної роботи учень зібрав коло неправильно, помінявши місцями амперметр і вольтметр. Чи буде в зібраному колі горіти лампочка? Що покажуть прилади? Який прилад може вийти з ладу?

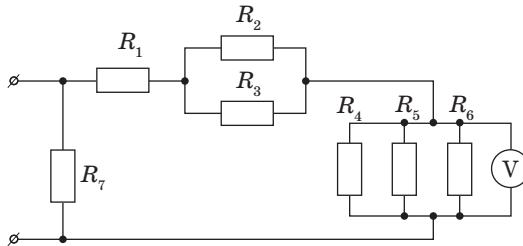
#### Розрахункові задачі

1. Як одержати опір 25 Ом, використовуючи мінімальну кількість однакових резисторів опором по 10 Ом? Нарисуйте схему з'єднання.

2. Визначте опір ділянки  $AB$ , якщо  $R = 1 \text{ Ом}$ .



3. Знайдіть розподіл сил струмів і напруг у колі, зображеному на рисунку, якщо вольтметр показує  $8 \text{ В}$ , а  $R_1 = 6,4 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 13 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_6 = 8 \text{ Ом}$ ,  $R_7 = 20 \text{ Ом}$ .



*Розв'язок.* Оскільки резистори  $R_4$ ,  $R_5$  і  $R_6$  ввімкнені паралельно, то напруга  $U_4 = U_5 = U_6 = 8 \text{ (В)}$ , а

$$\frac{1}{R_{4,5,6}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}.$$

Звідси

$$\frac{1}{R_{4,5,6}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{8} = \frac{15}{24} \text{ або } R_{4,5,6} = 1,6 \text{ (Ом)}.$$

Тоді

$$I = I_1 = \frac{U_4}{R_{4,5,6}},$$

звідки

$$I = I_1 = \frac{8}{1,6} = 5 \text{ (А)}.$$

Отже,

$$I_4 = \frac{U_4}{R_4}, I_5 = \frac{U_5}{R_5}, I_6 = \frac{U_6}{R_6},$$

або

$$I_4 = \frac{8}{6} \approx 1,3 \text{ (А)}, I_5 = \frac{8}{3} \approx 2,7 \text{ (А)}, I_6 = \frac{8}{8} \approx 1 \text{ (А)}.$$

Перевірка:

$$I = I_4 + I_5 + I_6, \text{ або } I = 1,3 + 2,7 + 1 = 5 \text{ (А)}.$$

Далі,

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3},$$

звідки

$$R_{2,3} = \frac{4 \cdot 12}{4 + 12} = 3 \text{ (Ом)}.$$

Тоді

$$U_2 = U_3 = I \cdot R_{2,3}, \text{ або } U_2 = U_3 = 5 \cdot 3 = 15 \text{ (В)}.$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2}, I_3 = \frac{U_3}{R_3}$$

або

$$I_2 = \frac{15}{4} = 3,75 \text{ (А)}, I_3 = \frac{15}{12} = 1,25 \text{ (А)}.$$

Напруга на  $R_1$  дорівнює  $U_1 = IR_1$  або  $U_1 = 5 \cdot 6,4 = 32 \text{ (В)}$ .

Нарешті,

$$R_{\text{зар}} = R_1 + R_{2,3} + R_{4,5,6} + R_7,$$

звідки

$$R_{\text{зар}} = 11 \text{ (Ом)}.$$

$$U_7 = IR_7, \text{ або } U_7 = 5 \cdot 11 = 55 \text{ (В)}.$$

$$I_7 = \frac{U_7}{R_7},$$

або

$$I_7 = \frac{55}{20} = 2,75 \text{ (A)}.$$

Таким чином,

$$I_1 = 5 \text{ A}, I_2 = 3,75 \text{ A}, I_3 = 1,25 \text{ A},$$

$$I_4 = 1,3 \text{ A}, I_5 = 2,7 \text{ A}, I_6 = 1 \text{ A}, I_7 = 2,75 \text{ A};$$

$$U_1 = 32 \text{ В}, U_2 = 15 \text{ В}, U_3 = 15 \text{ В},$$

$$U_4 = 8 \text{ В}, U_5 = 8 \text{ В}, U_6 = 8 \text{ В}, U_7 = 55 \text{ В}.$$

4. Ялинкова гірлянда, ввімкнена в мережу з напругою в 220 В, складається з однакових ламп, розрахованих на напругу 4 В кожна. Якщо лампа перегоріє, кількість ламп у гірлянді зменшують. Якою стане напруга на кожній з ламп після того, як перегорять п'ять ламп?

### Домашнє завдання

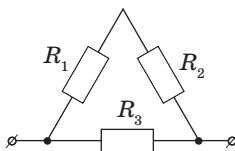
1. Підр.: §§ 13, 14.
2. Зб.:  
 рів1 — № 9.1; 9.2; 9.3; 9.4; 9.5.  
 рів2 — № 9.6; 9.7; 9.8; 9.9, 9.12.  
 рів3 — № 9.13, 9.15; 9.17; 9.19; 9.20.
3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 9.

### Задачі із самостійної роботи № 9

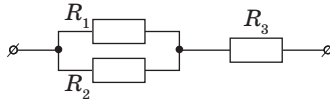
#### «Обчислення електричних кіл»

#### Середній рівень

1. Провідники з опорами  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 5 \text{ Ом}$  з'єднані за схемою, зображеною на рисунку. Знайдіть опір цього кола.

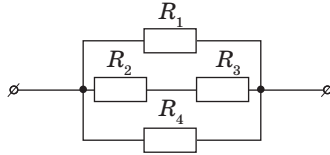


2. На рисунку зображена схема з'єднання провідників, де  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 5 \text{ Ом}$ . Знайдіть опір усього кола.

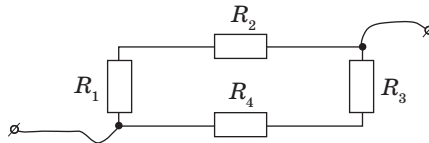


**Достатній рівень**

1. Обчисліть загальний опір ділянки кола, зображеного на рисунку, якщо  $R_1 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 24 \text{ Ом}$ .

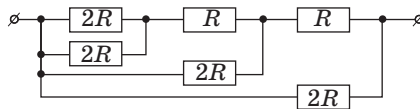


2. Чотири опори  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 4 \text{ Ом}$  з'єднані за схемою, що зображена на рисунку. Визначте загальний опір кола.

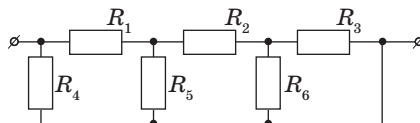


**Високий рівень**

1. Обчисліть опір кола, представленого на рисунку, якщо  $R = 1 \text{ Ом}$ .



2. Визначте загальний опір кола, зображеного на рисунку, якщо  $R_1 = \frac{1}{2} \text{ Ом}$ ,  $R_2 = \frac{3}{2} \text{ Ом}$ ,  $R_3 = R_4 = R_6 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_5 = \frac{2}{3} \text{ Ом}$ .





## Урок 19/25

**Тема.** Робота й потужність електричного струму

**Мета уроку:** з'ясувати характер залежності між енергією, що виділяється на ділянці кола, електричним струмом та опором цієї ділянки кола.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

Контроль знань	12 хв	Самостійна робота № 9 «Обчислення електричних кіл»
Демонстрації	5 хв	1. Механічна робота електричного струму. 2. Вимірювання потужності в електричному колі за допомогою амперметра і вольтметра
Вивчення нового матеріалу	20 хв	1. Робота електричного струму. 2. Обчислення роботи електричного струму. 3. Потужність електричного струму. 4. Вимірювання роботи й потужності електричного струму
Закріплення вивченого матеріалу	8 хв	1. Контрольні питання. 2. Учимося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Робота електричного струму

Як відомо, робота характеризує зміну енергії або перетворення одного виду енергії на інший.

Робота електричного струму також характеризує процес перетворення енергії одного виду (енергії електричного поля) в енергію іншого виду (внутрішню енергію тіл, у механічну й інші види енергії).

При введенні поняття роботи електричного струму можна скористатися дослідами, що безпосередньо демонструють механічну роботу електричного струму (підйом вантажу електродвигуном). Для демонстрації збирають установку з електродвигуна, послідовно з яким вмикають реостат і демонстраційний амперметр.

Учні на досліді бачать, що електричний струм виконує роботу, отже, електрична енергія перетворюється на механічну.

Щоб установити, від чого залежить робота електричного струму, скористаємося установкою з лампою накаливання. Змінюючи опір реостата, демонструємо різне світіння лампи. Помічаємо значення сили струму й напругу в цих випадках. Очевидно, чим яскравіше світиться лампа, тим більше виділяється в ній енергії і, отже, тим більшу роботу виконує електричний струм. Звертаємо увагу, що саме цьому випадку відповідають і великі значення сили струму й напруги.

## 2. Обчислення роботи електричного струму

Дослід дає можливість якісно установити:

- *Робота електричного струму  $A$  пропорційна силі струму  $I$ , напрузі  $U$  і часу  $t$ .*

$$A = IUt.$$

Формула роботи може бути отримана і з відомого учням визначення напруги:  $U = \frac{A}{q}$ . З цієї формули одержуємо:

$$A = qU = IUt.$$

За одиницю роботи електричного струму в СІ прийнятий джоуль.

- *Один джоуль дорівнює роботі, що виконується електричним струмом силою 1 А за напруги 1 В протягом 1 с.*

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}.$$

## 3. Потужність електричного струму

З поняттям потужності учні вже зустрічалися при вивченні механіки. Тому спочатку можна повторити визначення потужності й одиниці її виміру.

Фізичну величину, що характеризує швидкість виконання роботи, називають потужністю.

У споживачах електричної енергії струм виконує роботу, швидкість виконання якої залежить від виду споживача і напруги, що подається до нього.

- *Потужність електричного струму — це фізична величина, що характеризує швидкість виконання електричним струмом*

роботи, і дорівнює відношенню роботи  $A$  до часу  $t$ , за який ця робота була виконана.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{IUt}{t} = IU.$$

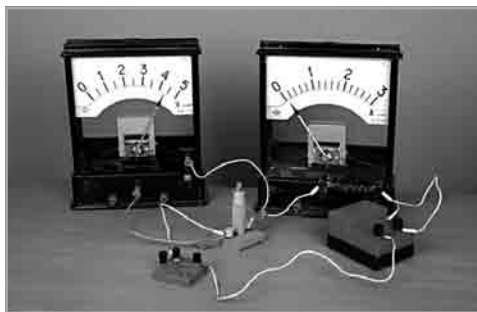
За одиницю потужності в СІ прийнятий ват (Вт):

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А}.$$

#### 4. Вимірювання роботи й потужності електричного струму

З формули для обчислення роботи сили струму випливає, що для вимірювання роботи достатньо виміряти силу струму в колі, напругу на ділянці кола, час протікання струму. Таким чином, для вимірювання роботи струму необхідні такі прилади: амперметр, вольтметр і секундомір.

На рисунку показана схема для вимірювання роботи струму:



Такі виміри ми називаємо непрямыми. Але існують прилади прямого вимірювання роботи струму — лічильники електричної енергії, що встановлюються скрізь, де використовується електрична енергія: у квартирах, офісах, навчальних і виробничих установах.



Для вимірювання потужності електричного струму використовуються ватметри, що враховують напругу та силу струму. Виміряти потужність можна і за допомогою вольтметра й амперметра. Щоб обчислити шукану потужність, множать напругу на силу струму, знайдені за показниками приладів.

З формули  $A = P \cdot t$  можна одержати широко застосовувані в побуті одиниці виміру електричної енергії — кіловат-годину:

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 1000 \text{ Вт} \cdot 3600 \text{ с} = 3,6 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж} \cdot \text{с}}{\text{с}} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** *Що розуміють під поняттям механічної енергії і роботи?*
- ?** *Які спостереження показують, що електричний струм може виконати роботу?*
- ?** *Які перетворення енергії відбуваються в зовнішній ділянці електричного кола?*
- ?** *Що розуміють під поняттям механічної потужності?*
- ?** *Які ви знаєте одиниці потужності й роботи, що використовуються в електриці?*

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Якісні питання

- 1) Одна електрична лампа ввімкнена в мережу напругою 127 В, а інша — у мережу з напругою 220 В. У якій лампі при проходженні 1 Кл відбувається більша робота?
- 2) Чому під час роботи на верстаті із затупленим інструментом збільшується витрата електроенергії?
- 3) Збільшиться чи зменшиться споживана ялинковою гірляндою потужність, якщо зменшити кількість лампочок на одну?

#### 2. Учимося розв'язувати задачі

- 1) Два резистори мають опори по 1 Ом. Яка буде потужність струму, якщо підключити до джерела постійної напруги 1 В один резистор? Два резистори паралельно? Два резистори послідовно?

- 2) Яку роботу виконає електричний струм у лампочці кишенькового ліхтаря за 10 хвилин, якщо напруга 4 В, а сила струму 250 мА?
- 3) При переміщенні заряду 50 Кл по провіднику виконана робота 200 Дж. Визначити час проходження струму й потужність.
4. Визначте ККД електричного двигуна, що за напруги 220 В і сили струму 2 А за 30 с піднімає вантаж масою 100 кг на висоту 10 м.

*Розв'язок*

За визначенням, ККД — це відношення корисної роботи до витраченої:  $\eta = \frac{A_{\text{к}}}{A_{\text{в}}} \cdot 100\%$ . Корисна робота дорівнює  $A_{\text{к}} = mgh$ , витрачена робота —  $A_{\text{в}} = UIt$ . Тоді

$$\eta = \frac{mgh}{UIt} \cdot 100\%,$$

звідки

$$\eta = \frac{100 \cdot 9,8 \cdot 10}{220 \cdot 2 \cdot 30} \cdot 100\% \approx 74\%.$$

**Що ми дізналися на уроці**

- Робота електричного струму на ділянці кола дорівнює добутку напруги на кінцях цієї ділянки на силу струму і на час, протягом якого відбувалася робота.

$$A = IUt.$$

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}.$$

- Потужність електричного струму дорівнює добутку напруги на силу струму.

$$P = IU$$

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ В} \cdot 1 \text{ А}.$$

**Домашнє завдання**

1. Підр.: §§ 15.
2. Зб.:

**рів1** — № 10.1; 10.2; 10.3; 10.11; 10.12.

**рів2** — № 10.21; 10.22; 10.23; 10.25, 10.27.

**рів3** — № 10.36, 10.38; 10.39; 10.40; 10.42.

## Урок 20/26

**Тема.** Лабораторна робота № 8 «Вимірювання потужності споживача електричного струму»

**Мета уроку:** навчитися визначати потужність електричного струму в лампі.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** джерело струму, амперметр, вольтметр, ключ, лампочка на підставці, з'єднувальні проводи.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Накресліть схему електричного кола, що складається із з'єднаних послідовно лампочки, ключа, джерела струму, амперметра й вольтметра, підключеного до лампочки паралельно.
2. Зберіть електричне коло.
3. Виміряйте силу струму й напругу.
4. Обчисліть фактичну потужність лампочки.
5. Уважно розгляньте цоколь лампочки й визначте її номінальну потужність.
6. Результати вимірів та обчислень запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.

Сила струму, $I$ , А	Напруга, $U$ , В	Фактична потужність, $P_f$ , Вт	Номінальна потужність, $P_n$ , Вт

7. Запишіть у зошиті для лабораторних робіт висновок: що ви вимірювали та який отримали результат.

### Домашнє завдання

1. Підр.: §§ 15.
2. 36.:
  - рів1 — № 10.9; 10.10; 10.13; 10.14; 10.15.
  - рів2 — № 10.24; 10.26; 10.28; 10.29, 10.31.
  - рів3 — № 10.37, 10.41; 10.43; 10.44; 10.45.

## Урок 21/27

**Тема.** Закон Джоуля–Ленца

**Мета уроку:** з'ясувати характер залежності між енергією, що виділяється на ділянці кола, електричним струмом та опором цієї ділянки кола.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Як на практиці можна визначити роботу електричного струму в колі? Які для цього потрібні прилади?</li> <li>2. Дві однакові лампочки, розраховані на напругу 6,3 В, ввімкнені в електричне коло. Одна лампочка світила 2 хв, інша — 3 хв. У якій лампочці робота електричного струму була більше?</li> <li>3. Що таке потужність електричного струму? У яких одиницях вона вимірюється?</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нагрівання провідників із різних речовин електричним струмом.</li> <li>2. Будова і принцип дії електронагрівальних приладів.</li> <li>3. Коротке замикання. Запобіжники</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	27 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплова дія електричного струму.</li> <li>2. Закон Джоуля–Ленца.</li> <li>3. Застосування теплової дії електричного струму</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	8 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Учимося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Теплова дія електричного струму

Учням уже відомо, що в провіднику під час протікання струму відбувається перетворення електричної енергії на внутрішню й провідник нагрівається. Вони неодноразово спостерігали теплову дію струму в побутових приладах. На досліді з лампою розжарення учні переконалися, що розжарення лампи зростало під час збільшення струму. Але нагрівання провідників залежить не тільки від

сили струму, але й від опору провідників. З цією метою корисно поставити дослід, що показує теплову дію струму в колі, що складається з трьох послідовно з'єднаних провідників різного опору: мідного, сталевого й нікелінового. Струм у всіх послідовно з'єднаних провідниках однаковий. Кількість же теплоти, що виділяється, в провідниках різна. З досліду можна зробити висновок:

► *при послідовному з'єднанні провідників нагрівання провідників залежить від їхнього опору. Чим більший опір провідника, тим більше він нагрівається.*

## 2. Закон Джоуля–Ленца

Учні знають уже формулу для роботи  $A = UI t$ . Крім того, їм відомо, що в нерухомих провідниках уся робота струму йде лише на нагрівання провідників, тобто на те, щоб збільшити їхню внутрішню енергію. Отже, кількість теплоти  $Q = A = I U t$ . Із закону Ома для ділянки кола  $U = IR$ . З урахуванням цього одержуємо:  $Q = I^2 R t$ .

Закон, що кількісно описує теплову дію струму, дослідним шляхом установив англійський фізик Джеймс Джоуль 1841 року і незалежно від нього російський учений Емілій Ленц 1842 року. Він називається законом Джоуля–Ленца й читається так:

► *кількість теплоти, що виділяється провідником зі струмом, прямо пропорційно квадрату сили струму, опору провідника і часу проходження по ньому струму.*

Необхідно визначити, що формули  $Q = I^2 R t$ ,  $Q = I U t$  і  $Q = \frac{U^2}{R} t$  не ідентичні. Річ у тім, що перша формула завжди визначає перетворення електричної енергії на внутрішню, тобто кількість теплоти. За іншими формулами у загальному випадку визначають витрату електричної енергії, що йде як на нагрівання, так і на виконання механічної роботи. Для нерухомих провідників ці формули збігаються.

## 3. Застосування теплової дії електричного струму

Прилади, що використовують теплову дію струму, дуже різноманітні. Важко уявити сучасне життя без електроплиток, електрочайників, прасок, фенів, паяльників тощо.

Зупинімося лише на кількох прикладах теплової дії струму:

- а) електричні лампи розжарення;
- б) електричні нагрівальні прилади;



- в) коротке замикання;
- г) плавкі запобіжники.

Особливу увагу на уроці варто приділити розгляду питань про коротке замикання, про призначення й будову запобіжників.

До розуміння питання про коротке замикання учні вже достатньо підготовлені. Їм уже зазначалося, що електричні кола розраховані на визначену силу струму. Якщо опір кола з якихось причин зменшиться, то сила струму зросте й може стати більше допустимої. Звичайно, при цьому будуть нагріватися проводи, можливе загоряння ізоляції проводів і навіть розплавлення проводів. Таке зменшення опору кола може виникнути при ввімкненні паралельно додаткових споживачів. При короткому замиканні струм може досягти дуже високих показників, внаслідок чого можливою є небезпека виникнення пожежі. Уникнути цього допомагають запобіжники.

Учитель повинен наполегливо роз'яснювати учням неприпустимість заміни запобіжників «дротиком» («жучком»), тому що це може призвести до загоряння проводів.

Будову й застосування різних нагрівальних приладів, на жаль, не вдається досить докладно розібрати на уроці через брак часу. Тому доцільно зазначеним питанням присвятити спеціальний позакласний захід, на якому:

- по-перше, можна показати фрагменти відеофільмів:
  - «З історії електричного освітлення»;
  - «Електрика служить людям»;
  - «Працює електричний струм»;
- по-друге, заслухати доповіді учнів:
  - «Перше електричне освітлення свічами П. Н. Яблочкова»;
  - «Лампи розжарення й історія їх винаходу».

### **Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ?** Чому при проходженні електричного струму провідник нагрівається?
- ?** З якого матеріалу необхідно виготовляти спіралі для лампочок розжарення?
- ?** Наведіть приклади використання теплової дії струму в побуті.
- ?** Якими властивостями має володіти метал, з якого виготовляють спіралі нагрівальних елементів?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Якісні питання

- 1) Два дроти однакових довжини та перерізу — залізний і мідний — з'єднані послідовно. У якому з них виділиться більша кількість теплоти?
- 2) Два дроти однакових довжини та перерізу — залізний і мідний — з'єднані паралельно. У якому з них виділиться більша кількість теплоти?
- 3) Спираль електричної плитки вкоротили. Як зміниться кількість теплоти, що виділяється в ній, якщо плитку ввімкнути до мережі з тією самою напругою?

### 2. Учимося розв'язувати задачі

- 1) Яка кількість теплоти виділиться протягом години в провіднику опором 10 Ом за сили струму 2 А?
- 2) Визначте кількість теплоти, що дає електроприлад потужністю 2 кВт за 10 хв роботи?
- 3) З якого матеріалу виготовлена спіраль нагрівного елемента, потужність якого 480 Вт, якщо його довжина дорівнює 16 м, переріз  $0,24 \text{ мм}^2$  і напруга в мережі 120 В?
- 4) Дві лампи потужністю 40 Вт і 60 Вт, розраховані на однакову напругу, ввімкнені в мережу з тією самою напругою послідовно. Які потужності вони споживають?

### Що ми дізналися на уроці

- Нагрівання провідників залежить від їхнього опору. Чим більший опір провідника, тим більше він нагрівається.
- Закон Джоуля–Ленца: кількість теплоти, що виділяється провідником зі струмом, прямо пропорційно квадрату сили струму, опору провідника і часу проходження по ньому струму.

$$Q = I^2 R t .$$

### Домашнє завдання

1. Підр.: §§ 16, 17.

2. 36.:

**рів1** — № 10.7; 10.8; 10.17; 10.19; 10.20.

**рів2** — № 10.30; 10.32; 10.33; 10.34, 10.35.

**рів3** — № 10.42, 10.46; 10.47; 10.48; 10.50.

3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 10.

**Задачі із самостійної роботи № 10****«Робота і потужність електричного струму. Закон Джоуля—Ленца»***Середній рівень*

1. При проходженні через провідник 40 Кл електрики струмом була виконана робота 200 Дж. Яка напруга була прикладена до цього провідника?
2. Яка кількість теплоти виділиться за 1 год у реостаті, опір якого 100 Ом, за сили струму в колі 2 А?

*Достатній рівень*

1. В електроприладі за 45 хв струмом 5 А виконана робота 162 кДж. Визначте опір приладу.
2. Два резистори опором 6 і 10 Ом ввімкнені в коло послідовно. Яка кількість теплоти виділиться в кожному резисторі за 2 хв, якщо напруга на другому дорівнює 20 В?

*Високий рівень*

1. а) Наявні дві лампи потужністю 60 Вт і 100 Вт, розраховані на напругу 220 В. Яка з них буде горіти яскравіше при ввімкненні в освітлювальну мережу?  
б) Дві лампи потужністю 40 Вт і 60 Вт, розраховані на однакову напругу, ввімкнені в мережу з тією же напругою послідовно. Які потужності вони споживають?
2. а) Дві однакові лампочки, розраховані на напругу 6,3 В, ввімкнені в електричне коло. Одна лампочка світила 1 хв, інша — 2 хв. У якій лампочці робота електричного струму була більшою? Чому?  
б) Визначте, на яку напругу розрахований електрокип'ятильник, що за 5 хв нагріває 0,2 кг води від 14 °С до кипіння, за умови, що по його обмотці протікає струм 2 А. Втратами енергії знехтувати.

## Урок 22/28

**Тема.** Узагальнюючий урок

**Мета уроку:** закріпити знання учнів про теплову дію струму; підготувати учнів до тематичного оцінювання знань.

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

**Контроль знань:** самостійна робота № 10 «Робота й потужність електричного струму. Закон Джоуля–Ленца».

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

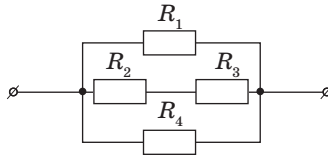
Глибокому засвоєнню й закріпленню знань про роботу й потужність електричного струму, про закон Джоуля–Ленца допомагає підбір якісних і розрахункових задач. Залежно від підготовки та здібностей учнів учитель здійснює диференційований підхід до кожного з них, для того, щоб школярам було цікаво працювати на уроці. Наводимо орієнтовний набір задач, з яких учитель може вибрати необхідні для даного уроку.

#### Якісні задачі

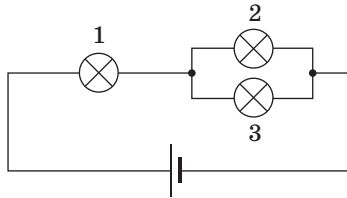
1. Сила струму в мережному шнурі й спіралі електроплитки однакова. Чому ж спіраль розжарюється, а шнур залишається холодним?
2. Чому в плавких запобіжниках зазвичай використовують дротик зі свинцю?
3. На одній лампі написано «220 В, 100 Вт», на іншій — «220 В, 40 Вт». У якій з них опір нитки розжарення в робочому стані більший?
4. На частину розпеченої спіралі електроплитки потрапила вода. Як змінилося розжарення тих ділянок спіралі, на які вода не потрапила? Під час розв'язання врахуйте залежність опору металу від температури.
5. Перегорілу нагрівальну спіраль замінили іншою, котра відрізняється тільки меншим діаметром дроту. Як змінилася потужність нагрівача?

#### Розрахункові задачі

1. У якому з резисторів, зображених на рисунку, виділиться за той самий час найбільша кількість теплоти, якщо  $R_1 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 24 \text{ Ом}$ .



2. У скільки разів зміниться потужність струму в лампах 1 і 2 (див. рисунок) і загальна споживана потужність, якщо лампа 3 перегорить? Усі лампи однакові. Напругу в колі вважайте постійною.



3. Визначте, на скільки градусів нагріються 100 г води, якщо на нагрівання води витрачена вся кількість теплоти, що виділяється при протіканні струму 5 А через провідник опором 10 Ом протягом 2 хв.
4. Транспортер піднімає за 1 хв вантаж масою 300 кг на висоту 8 м. ККД транспортера 60 %. Визначте силу струму в електродвигуні транспортера, якщо напруга в мережі 380 В.
5. Електричний нагрівач за 20 хв доводить до кипіння 3 кг води, початкова температура якої 10 °С. Сила струму в нагрівачі 7 А, напруга в мережі 220 В. Яка частина споживаної нагрівачем енергії передається навколишньому середовищу?

### Домашнє завдання

1. Підр.: §§ 16, 17.
2. Підготуватися до тематичного оцінювання знань за темою «Електричний струм».

## Урок 23/29

**Тема.** Тематичне оцінювання знань за темою: «Електричний струм»

**Мета уроку:** контроль та оцінювання знань, умінь і навичок учнів з вивченої теми.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

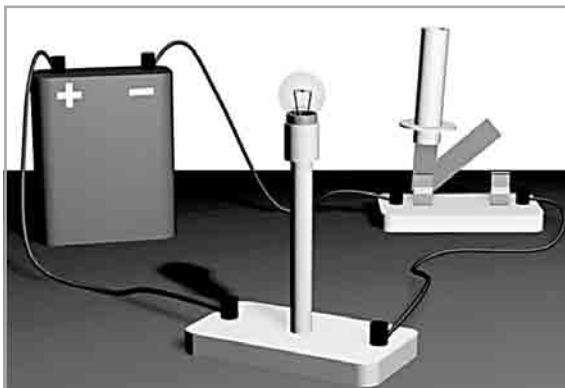
### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Підсумкове тематичне оцінювання можна провести у вигляді тестування або звичайної контрольної роботи. Тестування учнів можна виконати на уроці в класі, а контрольну роботу задати додому. Можна запропонувати учням виконати й контрольну роботу, і тестування на двох уроках (якщо у вчителя є така можливість).

Можна запропонувати учням на урок 24 тестових завдання. У кожному із завдань потрібно вибрати одну правильну відповідь з чотирьох запропонованих. За кожне правильно виконане завдання дається 0,5 бала (якщо сума набраних балів виявиться не цілою, оцінка округляється у бік збільшення до найближчого цілого числа).

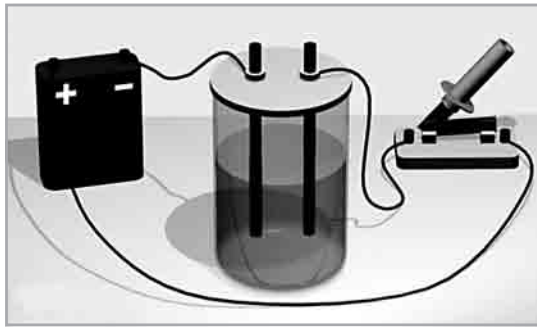
Як приклад наводимо кілька варіантів тестових завдань.

1. При замиканні ключа в колі буде протікати електричний струм. Електричний струм обумовлений рухом...



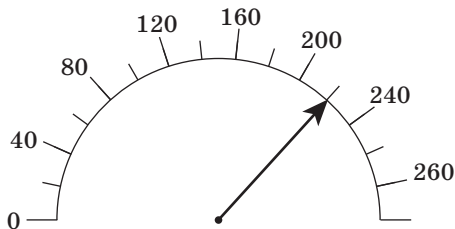
- А ...позитивних іонів.
- Б ...негативних іонів.
- В ...електронів.
- Г ...позитивних і негативних іонів.

2. На рисунку показано...

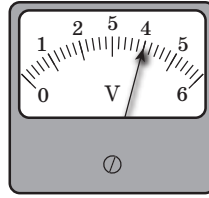
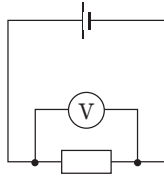


- А ...теплову дію струму.
- Б ...магнітну дію струму.
- В ...хімічну дію струму.
- Г ...механічну дію струму.

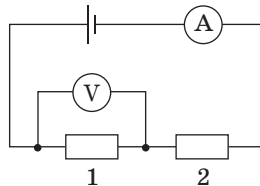
3. На рисунку показана шкала вольтметра, за допомогою якого вимірюють напругу на лампі.



- А Ціна поділки шкали дорівнює 40 В.
  - Б Вольтметр показує напругу 220 В.
  - В Вольтметр має бути підключений до лампи послідовно.
  - Г Опір вольтметра повинен бути дуже маленьким.
4. На рисунку наведена схема електричного кола й показання вольтметра.
- А Вольтметр і резистор ввімкнені послідовно.
  - Б Ціна поділки шкали дорівнює 1 В.
  - В Напруга на резисторі більше 5 В.
  - Г Вольтметр і резистор ввімкнені паралельно.



5. Який з наведених нижче виразів може бути визначенням поняття «електричний опір»?
- А** Фізична величина, що характеризує дію струму.
  - Б** Фізична величина, що характеризує напругу на ділянці кола.
  - В** Властивість провідника обмежувати силу струму в колі.
  - Г** Фізична величина, що характеризує силу струму в ділянці кола.
6. Наявні два дроти однакових розмірів. Перший дріт виготовлений з міді, другий — з нікеліну.
- А** Опір обох дротів однаковий.
  - Б** Опір мідного дроту менший.
  - В** Опір нікелінового дроту менший.
  - Г** Напруги на кожному із дротів будуть однаковим за однієї й тієї ж сили струму.
7. Через мідний провід пропускають електричний струм.
- А** Сила струму обернено пропорційна прикладеній напрузі.
  - Б** Опір проводу прямо пропорційний прикладеній напрузі.
  - В** Опір проводу залежить від величини сили струму.
  - Г** Якщо провід вкоротити, його опір зменшиться.
8. У показаному на рисунку колі амперметр показує 0,5 А, а вольтметр показує 3 В.



- А** Сила струму в першому резисторі менше, ніж у другому.
- Б** Сила струму в другому резисторі менше, ніж у першому.

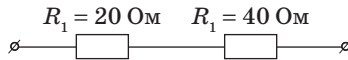


- В** Сила струму в першому резисторі дорівнює 0,25 А.  
**Г** Електричний опір першого резистора дорівнює 6 Ом.

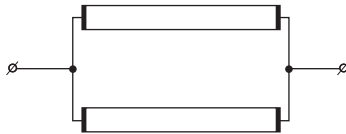
9. Сталевий та алюмінієвий провідники однакової довжини й однакового діаметра ввімкнені в коло так, як показано на рисунку.



- А** Сила струму в сталевому провіднику більше, ніж в алюмінієвому.  
**Б** Сила струму в алюмінієвому провіднику більше, ніж у сталевому.  
**В** Напруга на сталевому провіднику більше, ніж на алюмінієвому.  
**Г** Провідники з'єднані паралельно.
10. Два резистори ввімкнені в коло так, як показано на рисунку.

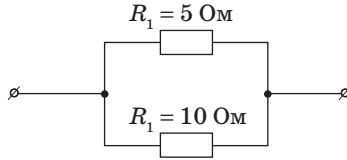


- А** Загальний опір резисторів менший за 20 Ом.  
**Б** Сила струму в обох резисторах однакова.  
**В** Напруга на обох резисторах однакова.  
**Г** Напруга на першому резисторі більша, ніж на другому.
11. Мідний та алюмінієвий провідники однакової довжини й однакового діаметра ввімкнені в коло так, як показано на рисунку.

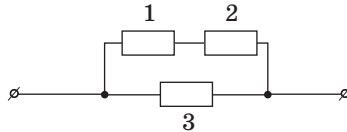


- А** Напруга на мідному провіднику менша, ніж на алюмінієвому.  
**Б** Напруга на алюмінієвому провіднику менша, ніж на мідному.  
**В** Провідники з'єднані послідовно.  
**Г** Сила струму в мідному провіднику більша, ніж в алюмінієвому.

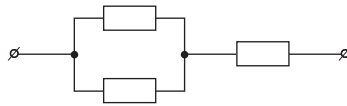
12. Два резистори ввімкнені в коло так, як показано на рисунку.



- А Загальний опір резисторів менший за 5 Ом.
  - Б Загальний опір резисторів більший за 5 Ом.
  - В Сила струму в обох резисторах однакова.
  - Г Напряга на другому резисторі вдвічі більша, ніж на першому.
13. Три однакових резистори з'єднані так, як показано на рисунку.



- А Перший і третій резистори з'єднані паралельно.
  - Б Перший і другий резистори з'єднані паралельно.
  - В Сила струму в резисторі 3 більша, ніж у резисторі 1.
  - Г Напряга на резисторах 1 і 3 однакова.
14. На рисунку зображена схема з'єднання провідників.



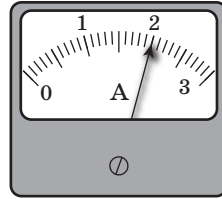
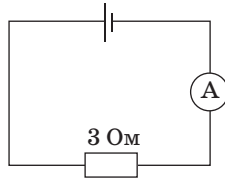
- А Резистори  $R_1$  і  $R_3$  ввімкнені послідовно.
  - Б Резистори  $R_2$  і  $R_3$  ввімкнені послідовно.
  - В Резистори  $R_1$  і  $R_3$  ввімкнені паралельно.
  - Г Загальний опір ділянки кола менший від опору резистора  $R_3$ .
15. Яку фізичну величину можна обчислити, використовуючи добуток  $IUt$ ?
- А Потужність електричного струму.
  - Б Роботу електричного струму.

- В** Кількість теплоти, що виділяється на ділянці кола.  
**Г** Енергію електричного струму.
16. Яку фізичну величину можна обчислити, використовуючи добуток  $I^2Rt$ ?
- А** Потужність електричного струму.  
**Б** Роботу електричного струму.  
**В** Кількість теплоти, що виділяється на ділянці кола.  
**Г** Енергію електричного струму.
17. Лампа, розрахована на напругу 6 В, підключена до джерела постійної напруги 18 В послідовно з реостатом. Лампа горить нормальним розжаренням.
- А** Потужність струму в реостаті в 2 рази більше, ніж у лампі.  
**Б** Напруга на лампі й на реостаті однакова.  
**В** Сила струму в лампі менша, ніж у реостаті.  
**Г** Опір лампи в 2 рази більший від опору реостата.
18. Потужність струму в нікеліновому дроті, підключеному до полюсів джерела постійної напруги, дорівнює 20 Вт.
- А** Якщо розрізати дріт на 5 рівних частин і підключити їх до того самого джерела паралельно, загальна потужність струму в них дорівнюватиме 0,5 кВт.  
**Б** Якщо нікеліновий дріт замінити ніхромовим таких самих розмірів, потужність струму в дроті збільшиться.  
**В** Якщо послідовно з дротом підключити резистор, потужність струму в дроті збільшиться.  
**Г** Якщо дріт вкоротити в 2 рази, потужність струму в ньому буде дорівнювати 10 Вт.

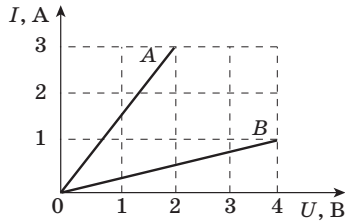
### Тематична контрольна робота

#### Варіант 1

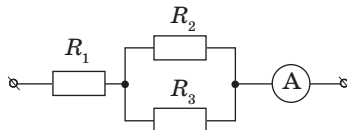
1. (1 бал) На рисунку наведена схема електричного кола й показання амперметра.
- А** Ціна поділки шкали амперметра 0,5 А.  
**Б** Напруга на резисторі дорівнює 1,5 В.  
**В** Сила струму в перерізі В менше, ніж у перерізі А.  
**Г** За 5 с у резисторі виділиться кількість теплоти, більша за 50 Дж.



2. (1 бал) На рисунку наведені графіки залежності сили струму від напруги для провідників  $A$  і  $B$ .



- А** Опір провідника  $A$  менший, ніж опір провідника  $B$ .  
**Б** Опір провідника  $A$  менший за  $0,5$  Ом.  
**В** Опір провідника  $B$  більший за  $5$  Ом.  
**Г** За той самий час за однакової напруги в провіднику  $A$  виділиться менша кількість теплоти, ніж у провіднику  $B$ .
3. (2 бали) Чому тепловий рух електронів у провіднику не може бути названо електричним струмом? Поясніть свою відповідь.
4. (2 бали) До кінців мідного й алюмінієвого провідників однако-вих розмірів прикладені однакові напруги. Чи однакові сили струму в них? Поясніть свою відповідь.
5. (3 бали) Знайдіть напругу на резисторах  $R_1 = 3$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 4$  Ом, якщо амперметр показує  $6$  А.



6. (3 бали) З якого матеріалу виготовлена спіраль нагрівного елемента, потужність якого  $480$  Вт, якщо його довжина дорівнює  $16$  м, переріз  $0,224$  мм<sup>2</sup> і напруга в мережі  $120$  В?

## Урок 24/30

**Тема.** Електричний струм у металах

**Мета уроку:** з'ясувати фізичну природу електричного струму в металах.

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

### План уроку

<b>Демонстрації</b>	10 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Залежність опору провідників від температури.</li> <li>2. Фрагменти відеофільмів «Електричний струм у металах» і «Надпровідність»</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	30 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електронна провідність металів.</li> <li>2. З'ясуємо, чому виникає електричний опір у металах.</li> <li>3. Переконаємося в тому, що опір металів залежить від температури.</li> <li>4. Знайомимося з явищем надпровідності</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Учимося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Електронна провідність металів

Класична електронна теорія так пояснює розходження властивостей провідників і діелектриків: в одних тілах наявні вільні носії зарядів, що можуть переміщатися в різних напрямках, а в інших тілах носії електричних зарядів зв'язані і можуть лише трохи зміщуватися в той чи інший бік.

З-поміж твердих тіл зустрічаються тіла однакові за хімічним складом, але різні за електричними властивостями (наприклад, алмаз і графіт). Електричні властивості залежать, мабуть, від типу зв'язку атомів у твердих тілах. За фізичною природою зарядів — носіїв електричного струму в даному середовищі електропровідність поділяється на такі види: електронну, іонну та змішану.

Між атомами в кристалах існує ковалентний зв'язок, за якого електрони слабо утримуються іонами кристалічних решіток. Ці так звані вільні електрони провідності можуть створювати струм у металах.

Природа носіїв зарядів у металах доведена класичними дослідями Рікке, Мандельштама–Папалексі та Толмена–Стюарта.

Досвід Рікке дозволяє зробити висновок, що струм у металах здійснюється не іонами, а електронами. У цьому досліді з трьох послідовно з'єднаних металевих циліндрів (мідного, алюмінієвого й мідного) однакового радіуса й довжини було утворене коло. Через нього протягом року пропускали струм. Загалом через циліндри пройшов заряд  $3,5 \cdot 10^6$  Кл. Ніяких слідів міді чи алюмінію при цьому не виявилось. Отже, електропровідність металів обумовлена переміщенням таких заряджених частинок, що, будучи загальними для всіх металів, не пов'язані з відмінностями їхніх фізичних і хімічних властивостей. Такими частинками є електрони.

Прямі свідчення електронної природи струму в металі дали досліді Мандельштама–Папалексі (1913) і Толмена–Стюарта (1916).

У цих дослідях було встановлене відношення заряду електрона до його маси:

$$\blacktriangleright \frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}},$$

що відповідає виявленому раніше з інших дослідів.

## 2. З'ясуємо, чому виникає електричний опір у металах

За відсутності електричного поля вільні електрони рухаються безладно. Поводження електронів при цьому нагадує поведження молекул у газі. Тому структуру металу можна уявити як іонний кістяк, поміщений в електронний газ.

*► Концентрація електронів провідності для більшості металів значна ( $10^{28}$ – $10^{29}$  м<sup>-3</sup>). Цим пояснюється гарна провідність металів.*

У зовнішньому електричному полі рух електронів уже не буде цілком хаотичним: вони одержують додаткову швидкість спрямованого руху в напрямку позитивного полюса джерела струму. Електрони починають спрямовано переміщатися між іонами, що знаходяться у вузлах кристалічних решіток, і виникає електричний струм.

Під час руху електрони зіштовхуються з іонами кристалічних решіток. Ці зіткнення гальмують спрямований рух елек-

тронів. Так спрощено можна пояснити причину електричного опору провідників. Під час зіткнення електрони передають іонам енергію, накопичену в електричному полі, що призводить до нагрівання провідника. Так звучить пояснення закону Джоуля–Ленца.

**3.** Переконаймося в тому, що опір металів залежить від температури.

Оскільки зі збільшенням температури зростає швидкість коливального руху йонів у кристалічних решітках металу, то ймовірність зіткнень електронів з іонами різко зростає. Можна припустити, що в разі підвищення температури опір металів збільшується.

Як показують досліди, опір  $R$  провідника лінійно залежить від його температури:

$$R = R_0(1 + \alpha t),$$

де  $R_0$  — опір за  $0^\circ\text{C}$ ,  $t$  — температура,  $\alpha$  — температурний коефіцієнт опору.

**4.** Знайомимося з явищем надпровідності

1911 року голландський учений Г. Камерлінг-Оннес експериментально досліджував опір ртуті за низької температури. Під час охолодження ртуті рідким гелієм до температури  $4,1\text{ K}$  (близько  $-269^\circ\text{C}$ ) її опір падав до нуля. Це явище одержало назву надпровідності.

Властивість надпровідності виявлена в багатьох металів (свинець, алюміній та ін.) і значній кількості сплавів. 1986 — 1987 рр. були відкриті високотемпературні надпровідники. Їхній опір перетворюється на нуль за температури  $100\text{ K}$ .

Явище надпровідності широко використовується в науці й техніці. Наприклад, надпровідні матеріали застосовують для одержання сильних магнітних полів. Якщо обмотку електромагніту виготовити з надпровідного провідника, то сила струму в обмотці досягає великих значень і, відповідно, електромагніт створює сильне магнітне поле.

Практичне застосування надпровідності безупинно розширюється. Особливо великі надії покладаються на використання високотемпературних надпровідників.

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Якісні питання

1. Як показати, що одні тіла є провідниками, а інші — непровідниками?
2. Як рухаються електрони провідності в металевому провіднику, коли в ньому: а) немає електричного поля; б) створене електричне поле?
3. Чому струм при замиканні кола починає текти одночасно по всіх провідниках?
4. З якою швидкістю поширюється в провіднику електричне поле?

### 2. Навчаємося розв'язувати задачі

1. Сила струму в провіднику 1 А. Скільки електронів проходить через поперечний переріз проводу за 1 нс? (Відповідь:  $6,25 \cdot 10^9$ .)
2. До якої температури треба охолодити мідний провід, щоб його опір зменшився на 20 %? Початкова температура дорівнює 0 °С. (Відповідь: -47 °С.)

### Що ми дізналися на уроці

- Електричний струм у металах являє собою спрямований рух вільних електронів.
- Будь-який провідник чинить опір електричному струму.
- Під час зіткнення електрони передають іонам енергію, накопичену в електричному полі, що призводить до нагрівання провідника.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 18.
2. Зб.: № 11.1; 11.2; 11.3; 11.18; 11.19; 11.36.



## Урок 25/31

**Тема.** Електричний струм у рідинах

**Мета уроку:** роз'яснити учням фізичну природу електропровідності рідин.

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

### План уроку

Контроль знань	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чому метали мають електропровідність?</li> <li>2. Як пояснити наявність опору у провідників?</li> <li>3. Поясніть закон Джоуля–Ленца з погляду електронної теорії?</li> <li>4. Поясніть, чому опір провідників залежить від температури</li> </ol>
Демонстрації	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Порівняння електропровідності води й розчину солі або кислоти.</li> <li>2. Електроліз розчину мідного купоросу.</li> </ol>
Вивчення нового матеріалу	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знайомимося з електролітами.</li> <li>2. Електричний струм в електролітах.</li> <li>3. Закон Фарадея</li> </ol>
Закріплення вивченого матеріалу	10 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

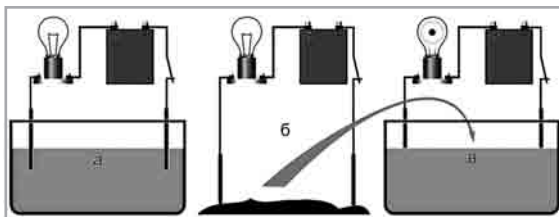
## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Знайомимося з електролітами

Чи проводять рідини електричний струм? Розглянемо дослід. У посудину з дистильованою водою опустимо два електроди. Зберемо коло із джерела струму, ключа, лампочки та чутливого амперметра. Якщо замкнути коло, то стрілка амперметра не відхилиться. Це означає, що дистильована вода не містить вільних носіїв заряду й у колі немає струму.

У такий же спосіб можна перекоонатися, що суха кам'яна сіль так само є діелектриком.

А тепер «об'єднаємо» ці два діелектрики: насиплемо у посудину з водою дві-три ложки кам'яної солі. Ми побачимо, що лампочка загориться, причому в міру розчинення солі розжарення лампи збільшується.



Цей дослід доводить, що підсолена вода є провідником, причому носії заряду з'являються під час розчинення солі у воді.

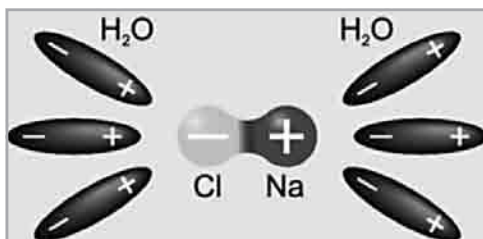
За допомогою подібних дослідів можна визначити, що практично усі водні розчини солей, кислот і лугів є провідниками електричного струму.

➤ *Електролітами називаються речовини, розчини яких проводять електричний струм.*

Чим же обумовлюється провідність електролітів?

## 2. Електричний струм в електролітах

Молекули солей, кислот і лугів утворені позитивними й негативними йонами, що утримуються силами електростатичного притягування. Наприклад, у молекулах кам'яної солі  $\text{NaCl}$  позитивно заряджений іон натрію  $\text{Na}^+$  притягується до негативного йона хлору  $\text{Cl}^-$ . У водяному розчині молекули води послаблюють зв'язок між йонами:



При зіткненнях, обумовлених тепловим рухом, молекула розпадається на позитивні й негативні йони, що стають носіями заряду в електроліті.

Таким чином, носіями заряду в електролітах є йони, тобто електроліти мають іонну провідність.

➤ *Розпад молекул на йони називають електролітичною дисоціацією.*

Зі збільшенням температури ступінь дисоціації зростає, а, отже, збільшується концентрація позитивно і негативно заряджених іонів.

У розчині може відбуватися також процес, що називається рекомбінацією.

➤ *Рекомбінація — процес з'єднання йонів у нейтральні молекули.*

Між процесами електролітичної дисоціації й рекомбінації йонів за незмінних умов установлюється динамічна рівновага, за якої число молекул, що розпадаються на йони за одиницю часу, дорівнює числу пар іонів, що за цей час з'єднуються в нейтральні молекули.

Йони в електролітах рухаються хаотично доти, поки в рідину не опускаються електроди. Тоді на хаотичний рух іонів накладається їхній упорядкований рух до відповідних електродів, і в рідині виникає електричний струм.

За йонної провідності проходження струму пов'язане з переносом речовини. На електродах відбувається виділення речовин, що входять до складу електролітів.

➤ *Процес виділення речовини на електродах при проходженні електричного струму через електроліт називають електролізом.*

На аноді негативно заряджені йони віддають свої зайві електрони (у хімії цей процес називається окисною реакцією), а на катоді позитивні йони одержують електрони, яких не вистачає (відновна реакція).

### 3. Закон Фарадея

Кожний іон, що в процесі електролізу нейтралізується на електроді й виділяється на ньому у вигляді нейтрального атома, має визначену масу. Але водночас він переносить через електроліт визначений заряд. Тому і маса речовини, що виділилася, і кількість електрики, що пройшла, пропорційні числу йонів, що підходять до даного електроду.

Кількісно закон електролізу був установлений дослідним шляхом Майклом Фарадеєм у першій половині XIX сторіччя. Фарадей виявив, що

➤ *маса речовини, яка виділилась на електроді при проходженні електричного струму, пропорційна заряду, що пройшов через електроліт.*

$$m = kq.$$

Оскільки  $q = It$ , де  $I$  — сила струму,  $t$  — час проходження струму, то  $m = kIt$ .

Сталу  $k$  називають електрохімічним еквівалентом речовини.

Зміст цього коефіцієнта можна з'ясувати з виразу:

$$k = \frac{m}{q}.$$

► *Електрохімічний еквівалент чисельно дорівнює масі речовини в кг, що виділяється при проходженні 1 Кл електрики.*

Як бачимо, електрохімічні еквіваленти неоднакові не тільки для різних речовин, але й для тієї самої речовини в різних сполуках, у яких вона має різну валентність (наприклад,  $\text{CuCl}$  і  $\text{CuSO}_4$ ).

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ❓ *Що являє собою електричний струм у рідинах?*
- ❓ *Які речовини є електролітами? Наведіть приклади.*
- ❓ *Чи відбувається дисоціація в розчині, у якому немає електричного струму?*
- ❓ *Яка умова необхідна для виникнення спрямованого руху йонів у електроліті?*

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  1. Які речовини є електролітами? Чому електроліт загалом електронейтральний?
  2. Що являє собою електричний струм в електролітах?
  3. Якими діями супроводжується проходження струму через електроліти?
  4. Чому при проходженні струму через розчин електроліту відбувається перенос речовини, а при проходженні через металевий провідник перенос речовини не відбувається?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. Виразіть електрохімічний еквівалент речовини через масу й заряд іона цієї речовини.

*Розв'язок.* Маса  $m$  речовини, що виділилася на електроді, пов'язана з масою  $m_0$  одного йона і числом іонів  $N$ , які досягли електрода, співвідношенням  $m = Nm_0$ . Заряд  $q$ , перенесений іонами, виразимо через кількість іонів  $N$  і заряд одного йона  $en$ , де  $e$  — модуль заряду електрона, а  $n$  — число зайвих (або тих, що не вистачає) електронів в іона (його валентність). Таким чином, одержуємо  $q = Nen$ . Таким чином, електрохімічний еквівалент дорівнює  $k = \frac{m}{q} = \frac{m_0}{en}$ .

2. За якої сили струму проводився електроліз розчину  $\text{CuSO}_4$ , якщо за 25 хв на катоді виділилося 2 г міді? (*Відповідь:* 4 А.)
3. У процесі електролізу з водного розчину срібної солі виділилося 500 мг срібла. Який заряд пройшов через електролітичну ванну? (*Відповідь:* 450 Кл.)

### Що ми дізналися на уроці

- Електролітами називаються речовини, розчини яких проводять електричний струм.
- Розпад молекул на йони називають електролітичною дисоціацією.
- Рекомбінація — процес з'єднання йонів у нейтральні молекули.
- Процес виділення речовини на електродах під час проходження електричного струму через електроліт називають електролізом.
- Маса речовини, що виділилась на електроді при проходженні електричного струму, пропорційна заряду, що пройшов через електроліт.

$$m = kq.$$

- Електрохімічний еквівалент чисельно дорівнює масі речовини в кг, що виділяється при проходженні 1 Кл електрики.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 19.
2. Зб.:

**рів1** — № 11.4; 11.5; 11.6; 11.20.

**рів2** — № 11.21; 11.22; 11.23; 11.24.

**рів3** — № 11.37, 11.38; 11.39; 11.40.

## Урок 26/32

**Тема.** Застосування електролізу

**Мета уроку:** ознайомити учнів з технічним застосуванням електролізу; навчити їх застосовувати закон електролізу Фарадея під час розв'язання задач.

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

### План уроку

Контроль знань	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рухом яких заряджених частинок створюється струм у рідинах?</li> <li>2. У чому полягає відмінність провідності електrolітів від провідності металів?</li> <li>3. Сформулюйте закон електролізу.</li> <li>4. Який фізичний зміст має електрохімічний еквівалент?</li> </ol>
Демонстрації	5 хв	Фрагменти відеофільму «Електроліз і його промислове застосування».
Вивчення нового матеріалу	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Застосування електролізу для одержання чистих металів.</li> <li>2. Знайомимося з гальваностегією.</li> <li>3. Вивчаємо гальванопластику</li> </ol>
Закріплення вивченого матеріалу	10 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Застосування електролізу для одержання чистих металів

Електролітичні процеси класифікуються в такий спосіб:

- одержання неорганічних речовин (водню, кисню, хлору, лугів тощо);
- одержання металів (літій, натрій, калій, берилій, магній, цинк, алюміній, мідь тощо);
- очищення металів (мідь, срібло тощо);
- одержання металевих сплавів;
- одержання гальванічних покриттів;
- одержання органічних речовин;
- нанесення плівок за допомогою електрофорезу.

Актуальність електролізу пояснюється тим, що багато речовин одержують саме в такий спосіб. Наприклад, такі метали, як нікель, натрій, чистий водень та інші, одержують тільки цим методом.

У промисловості алюміній і мідь у більшості випадків одержують саме шляхом електролізу. Перевага цього способу у відносній дешевизні й простоті.

## 2. Знайомимося з гальваностегією

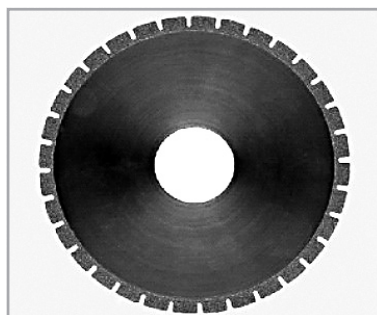
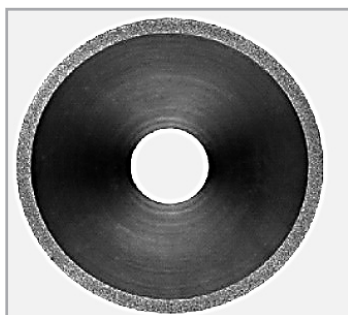
Гальванотехніка — галузь прикладної електрохімії, що займається процесами нанесення металевих покриттів на поверхню як металевих, так і неметалевих виробів при проходженні постійного електричного струму через розчини їхніх солей.

Гальванотехніка ділиться на гальваностегію та гальванопластику.

За допомогою електролізу можна покрити металеві предмети шаром іншого металу. Цей процес називається гальваностегією.

Особливе технічне значення мають покриття важкоокисними металами, зокрема нікелювання й хромування, а також сріблення й золочення, що часто застосовуються для захисту металів від корозії. Для одержання потрібних покриттів предмет ретельно очищають, добре знежирюють і поміщають як катод в електролітичну ванну, що містить сіль того металу, яким бажать покрити предмет. Для більш рівномірного покриття корисно застосовувати як анод дві пластини, поміщаючи предмет між ними.

На рисунку показані алмазні диски, виготовлені методом гальваностегії.



Фігурки з олова, покриті міддю:



### 3 Вивчаємо гальванопластику

За допомогою електролізу можна не тільки покрити предмети шаром того чи іншого металу, але й виготовити їхні рельєфні металеві копії (наприклад, монет, медалей). Цей процес був винайдений російським фізиком й електротехніком, членом Російської Академії наук Борисом Семеновичем Якобі (1801—1874) у 40-х роках ХІХ століття, і називається він гальванопластикою. Для виготовлення рельєфної копії предмета спочатку роблять зліпок з якогось пластичного матеріалу, наприклад, з воску. Цей зліпок натирають графітом і занурюють в електролітичну ванну як катод, де на ньому й осаджується шар металу. Такий метод застосовується в поліграфії під час виготовлення друкованих форм.

На рисунку показано кілька рельєфних копій, отриманих за допомогою гальванопластики.



### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

**?** Які особливості проходження електричного струму в рідинах можна використовувати для одержання чистих металів?



- ? Як можна захистити метали від корозії?
- ? Наведіть приклади металів, які можна одержувати електролітичним способом.
- ? У який спосіб можна покривати різні вироби шаром дорогоцінного металу?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  1. Чи можуть під час дисоціації утворитися йони якого-небудь одного знака? Чому?
  2. Чому не можна доторкатися до неізольованих електричних проводів великими руками?
  3. Для чого під час нікелювання як анод ставлять нікелеву пластинку? Чи буде відкладатися нікель з розчину нікелевої солі, якщо нікель на аноді замінити яким-небудь іншим металом?
  4. Чому для гальванічного покриття виробу найчастіше вживають нікель і хром?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. За допомогою електролізу зробили нікелювання пластинки площею  $200 \text{ см}^2$ . Електроліз робили за сили струму  $2 \text{ А}$ . Товщина шару нікелю  $0,02 \text{ мм}$ . Протягом якого часу відбувався електроліз? Електрохімічний еквівалент нікелю  $3 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$ , його густина  $8900 \text{ кг/м}^3$ .  
*Розв'язок.* Масу шару нікелю, отриманого за час  $t$ , одержимо із закону електролізу:  $m = kIt$ . З іншого боку, цю саму масу можна виразити через площу пластинки і товщину шару нікелю:  $m = \rho Sh$ .  
 Прирівнявши обидва вирази для маси, одержуємо:  $t = \frac{\rho Sh}{kI}$ . Перевіривши одиниці величин і підставивши числові значення, одержуємо  $t = 5900 \text{ с} \approx 1 \text{ год } 40 \text{ хв}$ .
  2. За допомогою електролізу, що відбувався за напруги  $5 \text{ В}$ , одержали  $4 \text{ кг}$  алюмінію. Який час світили б  $5$  енергозберігаючих ламп потужністю по  $18 \text{ Вт}$  за рахунок цієї енергії? Електрохімічний еквівалент алюмінію дорівнює  $0,93 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$ .

*Розв'язок.* Відповідно до закону збереження енергії витрати електроенергії дорівнюють роботі електричного струму при електролізі:  $A = UIt$ . Скористаємося також законом електролізу:

$m = kIt$ . Розділивши перший вираз на другий, одержуємо  $\frac{A}{m} = \frac{U}{k}$ , звідки  $A = \frac{mU}{k}$ . Оскільки  $A = 5Pt$ , де  $P$  — потужність кожної з ламп, одержуємо час світіння ламп:

$$t = \frac{mU}{5kP}.$$

Перевіривши одиниці величин і підставивши числові значення, одержуємо:  $t = 2,4 \cdot 10^6$  с, тобто близько 670 годин. Таким чином, лампи могли б світити день і ніч майже 28 діб.

3. За сили струму 5 А за 10 хв в електролітичній ванні виділився цинк масою 1,017 г. Визначте електрохімічний еквівалент цинку.
4. Під час електролізу розчину мідного купоросу за 1 год виділилася мідь масою 500 г. Визначте силу струму в колі. Електрохімічний еквівалент міді дорівнює  $3,29 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл.

### Що ми дізналися на уроці

- Гальванотехніка — галузь прикладної електрохімії, що займається процесами нанесення металевих покриттів на поверхню як металевих, так і неметалевих виробів при проходженні постійного електричного струму через розчини їхніх солей.
- Гальваностегією називається процес покриття металевих предметів шаром іншого металу за допомогою електролізу.
- Гальванопластиком називають процес виготовлення рельєфних металевих копій за допомогою електролізу.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 20.
2. 36.:

**рів1** — № 11.7; 11.8; 11.9; 11.25.

**рів2** — № 11.26; 11.27; 11.28; 11.41.

**рів3** — № 11.42, 11.43; 11.44.

## Урок 27/33

**Тема.** Лабораторна робота № 9 «Дослідження явища електролізу»

**Мета уроку:** експериментально перевірити виконання закону електролізу.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** електролітична ванна з водним розчином мідного купоросу ( $\text{CuSO}_4$ ) і мідними електродами, джерело струму, секундомір, амперметр, ваги з важком, фільтрувальний папір, ключ, з'єднувальні проводи.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. За допомогою ваг визначте масу катода  $m_1$ .
2. Зберіть електричне коло, використовуючи прилади, показані на рисунку.



3. Опустіть електроди у ванну з розчином, замкніть ключ й одночасно ввімкніть секундомір, установивши силу струму в колі 2 А. Через 15 хв розімкніть коло. Катод акуратно промокніть фільтрувальним папером.
4. Визначте масу катода  $m_2$  після електролізу.

5. Обчисліть масу міді  $m$ , яка виділилася на електроді.
6. Визначте заряд  $q$ , що пройшов за час електролізу через електрод.
7. Знову опустіть електрод у ванну з розчином, замкніть ключ й одночасно ввімкніть секундомір.
8. Повторіть вимірювання маси катода ще 4 рази через кожні 5 хвилин, обчислюючи щоразу масу міді, що виділилася на електроді, і заряд, що пройшов за цей час через електрод.
9. Результати вимірів та обчислень занесіть у таблицю до зошита для лабораторних робіт.

№ з/п	Маса катода $m_1$ , кг	Маса катода після дослідів $m_2$ , кг	Маса міді $m$ , кг	Час $t$ , с	Сила струму $I$ , А	Заряд $q$ , Кл
1						
2						
3						
4						
5						

10. Побудуйте графік залежності маси міді, що виділилася на катоді, від заряду, що пройшов через електрод.
11. Знайдіть на графіку середню точку, запишіть значення  $m_{\text{сер}}$  та  $q_{\text{сер}}$ . Обчисліть значення електрохімічного еквівалента міді.
12. Запишіть у зошиті для лабораторних робіт висновок: що ви вимірювали і який отримали результат.

### Домашнє завдання

1. Підр.: §§ 19, 20.
2. Зб.: № 11.45, 11.46; 11.47.

## Урок 28/34

**Тема.** Електричний струм у газах

**Мета уроку:** роз'яснити учням фізичну природу електропровідності газів.

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

### План уроку

Контроль знань	5 хв	1. Яка природа носіїв заряду в електролітах? 2. Що таке електролітична дисоціація? 3. Що таке електроліз? Сформулюйте закон електролізу. 4. Які вам відомі застосування електролізу?
Демонстрації	7 хв	1. Іонізація газів. 2. Несамостійний заряд. 3. Самостійний розряд у газах.
Вивчення нового матеріалу	25 хв	1. Іонізація газів. 2. Несамостійний і самостійний розряди. 3. Іонізація електронним ударом
Закріплення вивченого матеріалу	8 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Іонізація газів

Гази, на відміну від металів та електролітів, складаються з електрично нейтральних атомів і молекул і за нормальних умов не містять вільних носіїв струму (електронів і йонів). За звичайних умов гази є діелектриками.

Однак в окремих випадках можна помітно підвищити електропровідність газу. Достатньо, наприклад, піднести полум'я сірника до зарядженого електроскопа, як він відразу ж розряджається. З цього досліду доводить висновок, що під дією полум'я повітря втрачає свої ізоляційні властивості, тобто в ньому з'являються вільні заряди. Повітря, як і інші гази, можна зробити електропровідним, діючи на нього ультрафіолетовим, рентгенівським і радіоактивним випромінюванням.

Для відривання електрона від атома необхідна визначена енергія, що називається енергією йонізації.

➤ *Іонізація газів — відривання від їхніх атомів чи молекул електронів.*

Протилежним процесу іонізації газів є процес рекомбінації — возз'єднання протилежно заряджених частинок у нейтральні молекули.

Іонізатор щомиті створює в просторі між електродами певне число йонів і електронів. Стільки ж йонів і електронів, з'єднуючись між собою, утворюють нейтральні атоми. Така динамічна рівновага існує доти, поки між електродами немає електричного поля. Як тільки між електродами буде створене поле, відразу ж на частинки, що несуть заряди різного знака, почнуть діяти сили, спрямовані в протилежні боки. Тому, нарівні з безладним рухом, заряджені частинки будуть переміщатися в напрямку дії на них електричного поля. Це спрямований рух частинок під дією електричного поля й являє собою струм у газі.

➤ *Процес протікання електричного струму через газ називають газовим розрядом.*

## 2. Несамостійний і самостійний розряд

Іонізація газу може відбуватися під впливом різних зовнішніх впливів (сильне нагрівання газу, рентгенівське чи радіоактивне випромінювання, космічне випромінювання, бомбардування електронами або йонами, що швидко рухаються), що називаються зовнішніми йонізаторами.

Існує 2 види газового розряду: несамостійний і самостійний.

Якщо електропровідність газу виникає під дією іонізаторів, а з видаленням останнього зникає, то має місце несамостійний розряд.

➤ *Газовий розряд, який можна спостерігати тільки за наявності зовнішнього іонізатора, називають несамостійним газовим розрядом.*

За певних умов струм у газах може проходити і без зовнішнього іонізатора.

➤ *Газовий розряд, що продовжується після того, як припиняється дія зовнішнього іонізатора, називають самостійним газовим розрядом.*

Яка ж причина появи носіїв заряду в цьому випадку?

Електричне поле діє на заряджені частинки, що знаходяться в газі (електрони й іони). Якщо поле достатньо сильне, то електрони розганяються полем до такої швидкості, що внаслідок зіткнень з атомами чи молекулами, відбувається їхня іонізація.

Внаслідок іонізації з'являються нові заряджені частинки — іони й електрони. Вони так само розганяються полем, електрони іонізують нові атоми чи молекули, що, у свою чергу, створює додаткове збільшення кількості заряджених частинок.

У результаті кількість заряджених частинок різко зростає — це явище одержало назву електронної лавини. Саме нею і пояснюється самостійний розряд у газах.

### 3. Іонізація електронним ударом

Отже, вільний електрон, що з'явився завдяки дії зовнішнього іонізатора, починає рухатися до анода, а позитивний йон — до катода. У проміжках між двома послідовними зіткненнями енергія електрона збільшується за рахунок роботи сил електричного поля.

Щоб електрон зміг під час зіткнення вибити електрон з нейтрального атома, він повинен набрати достатню швидкість. Досягти значної швидкості електрон може у двох випадках: якщо розганятися або довго, або сильно.

За атмосферного тиску електрон зазнає багатьох зіткнень, тому поле, у якому він рухається, має бути дуже сильним, щоб електрон устиг набути необхідної швидкості за короткий проміжок часу між зіткненнями. Наприклад, самостійний газовий розряд в атмосфері — блискавка — виникає за напруги в сотні тисяч вольт.

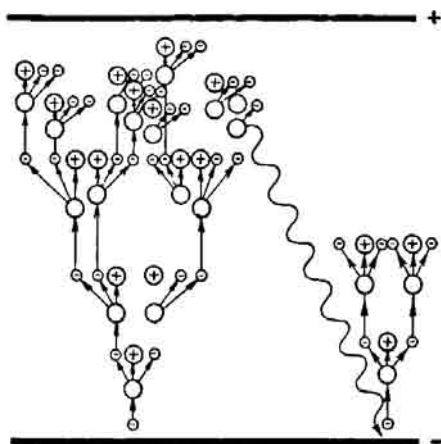
Якщо кінетична енергія електрона перевищує роботу, яку треба виконати, щоб іонізувати нейтральний атом, тобто

$$\frac{mv^2}{2} \geq A,$$

то під час зіткнення електрона з атомом відбувається йонізація. У результаті замість одного вільного електрона з'являються два. Ці електрони, у свою чергу, одержавши енергію в полі, іонізують зустрічні атоми тощо. Унаслідок цього число заряджених частинок різко зростає, виникає електронна лавина.

У газах за великих напруженостей електричних полів електрони досягають таких великих енергій, що починається йонізація

електронним ударом. Розряд стає самостійним і продовжується без зовнішнього іонізатора.



### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ? *Яка природа струму в газах?*
- ? *Наведіть приклади, що ілюструють відсутність провідності газу за звичайних умов.*
- ? *У чому подібність і відмінність провідності газів й електролітів?*
- ? *Чим відрізняється іонізація газу від електролітичної дисоціації?*

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  1. Чому при менших густинах повітря електричний розряд відбувається за нижчих напруг?
  2. Якщо балон неонові лампи потерти, то можна помітити, що лампа певний час світиться. Як пояснити це явище?
  3. Від чого залежить сила струму насичення в газі — від прикладеної напруги чи від дії іонізатора?
  4. Чи виконується закон Ома для струму в газах?



**2.** Навчаємося розв'язувати задачі

1. У чому відмінність провідності газів при самостійному та несамо­стійному розрядах?
2. Які умови виконуються для того, щоб несамо­стійний розряд став самостійним?
3. Іонізуюче випромінювання щосекунди створює в  $1 \text{ см}^3$  газу в трубці  $n = 5 \cdot 10^9$  пар однозарядних іонів. Яка сила струму насичення при несамо­стійному розряді, якщо об'єм трубки  $V = 600 \text{ см}^3$ ?

*Розв'язок.* Сила струму  $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{enV}{\Delta t}$ . Слід звернути увагу на те, що пара однозарядних іонів переносить з катода на анод один електрон.

Підставивши числові дані, одержуємо:  $I = 480 \text{ нА}$ .

**Що ми дізналися на уроці**

- Іонізація газів — відривання від їхніх атомів чи молекул елек­тронів.
- Процес протікання електричного струму через газ називають газовим розрядом.
- Газовий розряд, який можна спостерігати тільки за наявності зовнішнього іонізатора, називають несамо­стійним газовим роз­рядом.
- Газовий розряд, що продовжується після того, як припиняєть­ся дія зовнішнього іонізатора, називають само­стійним газовим розрядом.

**Домашнє завдання**

1. Підр.: § 21.
2. Зб.: № 11.10; 11.11; 11.12; 11.29.

## Урок 29/35

**Тема.** Різні види самостійного розряду

**Мета уроку:** ознайомити учнів із видами самостійного розряду та їх технічним застосуванням.

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

### План уроку

Контроль знань	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Що таке газовий розряд?</li> <li>2. Який розряд у газах називають несамостійним?</li> <li>3. Який розряд у газах називають самостійним?</li> <li>4. Поясніть іонізацію електронним ударом</li> </ol>
Демонстрації	8 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Іскровий розряд.</li> <li>2. Коронний розряд.</li> <li>3. Електрична дуга.</li> <li>4. Тліючий розряд</li> </ol>
Вивчення нового матеріалу	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Іскровий розряд.</li> <li>2. Коронний розряд.</li> <li>3. Дуговий розряд.</li> <li>4. Тліючий розряд</li> </ol>
Закріплення вивченого матеріалу	7 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Іскровий розряд

При дуже сильному електричному полі в повітрі виникають зигзагоподібні лінії, що дуже яскраво світяться. Це іскровий розряд. Його характерною ознакою є переривчастість.



Іскровий розряд у невеликих масштабах виникає, наприклад, у звичайних вимикачах, коли ми вимикаємо світло. А в гігантських масштабах — це блискавка. Головний її канал має діаметр від 10 до 25 см, а його довжина може досягати кількох кілометрів, причому сила струму в блискавці досягає декількох сотень тисяч ампер.

Блискавка переважно влучає в місця, що мають гарну провідність. Так, ріка, сира глина, болотисті місця уражаються блискавкою частіше, ніж сухий пісок чи кам'янистий ґрунт. Тому під час грози небезпечно знаходитися у воді чи на березі.



Крім того, блискавка часто уражає відокремлений предмет, що стоїть на уввишші. Тому в грозу не можна підходити до високих предметів і блискавковідводів і тим більше тулитися до них.

На застосуванні іскрового розряду засновані методи електроіскрової обробки металів. Потужні, потужноструміві розряди у водні були першими кроками на шляху до керованого термоядерного синтезу.

## 2. Коронний розряд

За атмосферного тиску в газах, що знаходяться в сильно неоднорідному електричному полі (поблизу вістря, біля проводів ліній електропередачі високої напруги і т. ін.), спостерігається коронний розряд.

У часи середньовіччя коронний розряд, що виникає на верхівках корабельних щогл, копій, алебард, називали вогнями святого Ельма.

Яка ж їхня природа?

Справа в тому, що у досить сильному полі йонізація електронним ударом відбувається вже за атмосферного тиску. Саме така ситуація виникає перед грозою чи під час грози. Але в міру віддалення від вістря поле швидко зменшується, тому далі від вістря електронна лавина не виникає.

Коронний розряд застосовують в електрофільтрах для очищення повітря. Іони, зіштовхуючись з часточками диму, заряджають їх, після чого заряджені частинки притягуються до електродів й осідають на них.

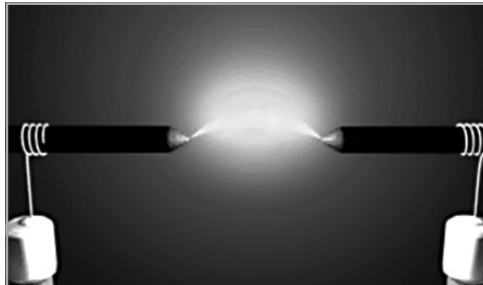
### 3. Дуговий розряд

Якщо вугільними електродами, до яких прикладена напруга в кілька десятків вольтів, доторкнутися один до одного, то в колі виникне великий струм. При цьому в місці контакту електродів (де опір максимальний) електроди нагріваються настільки, що з катода починають вилітати електрони. Це явище називають термоелектронною емісією.

Завдяки термоелектронній емісії струм у повітрі не припиняється, і після роз'єднання електродів виникає самостійний розряд. Його називають дуговим розрядом.

Температура при дуговому розряді досягає  $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$  (така температура на поверхні Сонця).

Дуговий розряд був відкритий 1802 р. російським фізиком В. В. Петровим.



Дуговий розряд використовують для електрозварювання металів. Значний внесок у розробку методів електрозварювання зробили українські вчені під керівництвом академіка А. Е. Патона — організатора й першого директора Інституту електрозварювання в Києві.

1876 р. російський інженер П. Н. Яблочков уперше застосував електричну дугу для освітлення. Дуговий розряд також використовують у прожекторах, проєкційних апаратах і в маяках. У металургії широко застосовують дугові електропечі, джерелом теплоти в яких є дуговий розряд. У таких печах виплавляють сталь, чавун, бронзу й інші метали.

#### 4. Тліючий розряд

За низького тиску (близько декількох паскалей) виникає розряд, що називається тліючим.

При зменшенні тиску газу відстань, яку пролітає електрон між послідовними зіткненнями, збільшується. Завдяки цьому навіть невелике поле встигає розігнати електрони між зіткненнями, так що електрони одержують енергію, достатню для йонізації атомів і молекул газу.

Тліючий заряд використовують у люмінесцентних лампах і газонаповнених рекламних трубках.

#### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** Чому розрідження газу поліпшує його провідність? Чи за будь-яких умов це справедливо?
- ?** Чому при менших густинах повітря електричний розряд відбувається при більш низьких напругах?
- ?** Як потрібно змінити тиск газу, щоб тліючий розряд починався за меншої напруги?
- ?** Наведіть приклади використання різних видів самостійного розряду.

#### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
1. Якої шкоди завдають іскри й електрична дуга ножам рубильників, контактам вимикачів, струмоміромникам трамваїв, тролейбусів та електропоїздів?

2. Чому в альпіністів існує таке правило: під час ночівлі високо в горах усі металеві предмети потрібно класти подалі від табору?
  3. Як зміниться дуговий розряд, якщо сильно остудити анод? Катод?
  4. Про які фізичні явища йдеться в загадці: «Блисне, мигне, когось покличе»?
- 2. Навчаємося розв'язувати задачі**
1. Чому збільшення діаметра проводу у високовольтних лініях передач електроенергії призводить до зменшення втрат на коронний розряд?
  2. Що відбудеться з палаючою електричною дугою, якщо сильно остудити негативний електрод? Позитивний?
  3. Який фізичний зміст прислів'їв?
    - а) У грозу парасолька не захист.
    - б) Блискавка вдаряє у високе дерево.
    - в) Від грози у воді не сховаєшся.
    - г) Гроза застала в полі — сідай на землю.
  4. Напруга 40–50 В підтримує дуговий розряд у газовому проміжку. Іскровий розряд у тому самому проміжку вимагає напруги в кілька тисяч вольт. Поясніть цей факт.

### Що ми дізналися на уроці

- Види самостійного розряду: іскровий, коронний, дуговий, тліючий.
- На застосуванні іскрового розряду засновані методи електроіскрової обробки металів. Потужні, потужноструміві розряди у водні служили першими кроками на шляху до керованого термоядерного синтезу.
- Коронний розряд використовують в електрофільтрах для очищення повітря.
- Дуговий розряд використовують для електрозварювання, освітлення, плавлення металів.
- Тліючий розряд використовують для освітлення й реклами.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 22.
2. Зб.: № 11.13; 11.14; 11.30; 11.31.

## Урок 30/36

**Тема.** Електричний струм у напівпровідниках

**Мета уроку:** сформувати уявлення про вільних носіїв електричного заряду в напівпровідниках і про природу електричного струму в напівпровідниках.

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

### План уроку

Контроль знань	5 хв	1. Іскровий розряд і його застосування. 2. Дуговий розряд і його застосування. 3. Коронний розряд і його застосування. 4. Тліючий розряд і його застосування.
Демонстрації	5 хв	Фрагменти відеофільму «Струм у напівпровідниках»
Вивчення нового матеріалу	30 хв	1. Що таке напівпровідники? 2. Носії зарядів у напівпровідниках. 3. Домішкова провідність напівпровідників. 4. Використання напівпровідників
Закріплення вивченого матеріалу	5 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Що таке напівпровідники?

Для того, щоб пояснити учням походження назви «напівпровідники» розглянемо спочатку таблицю питомих опорів ( $\text{Ом} \cdot \text{м}$  за  $20^\circ\text{C}$ ):

Метал	Питомий опір	Напівпровідник	Питомий опір	Діелектрик	Питомий опір
Срібло	$1,6 \cdot 10^{-8}$	Телур	$2,5 \cdot 10^{-3}$	Скло	$2 \cdot 10^{11}$
Мідь	$1,7 \cdot 10^{-8}$	Германій	$5,0 \cdot 10^{-2}$	Порцеляна	$3 \cdot 10^{12}$
Сталь	$1,2 \cdot 10^{-7}$	Селен	$10^2 - 10^4$	Ебоніт	$2 \cdot 10^{13}$
Ніхром	$1,1 \cdot 10^{-6}$	Закис міді	$1 \cdot 10^7$	Сірка	$3 \cdot 10^{15}$

Як видно з таблиці, питомі опори напівпровідників за кімнатної температури мають значення, що перебувають у широкому інтервалі, тобто від  $10^{-3}$  до  $10^7 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , і є проміжною ланкою між металами й діелектриками.

➤ *Напівпровідники — речовини, питомий опір яких стрімко зменшується з підвищенням температури.*

До напівпровідників належать багато хімічних елементів (бор, кремній, германій, фосфор, миш'як, селен, телур та ін.), величезна кількість мінералів, сплавів і хімічних сполук. Майже всі неорганічні речовини навколишнього світу — напівпровідники.

## 2. Носії зарядів у напівпровідниках

За досить низьких температур і відсутності зовнішніх впливів (наприклад, освітлення чи нагрівання) напівпровідники не проводять електричний струм: за цих умов всі електрони в напівпровідниках є зв'язаними.

Однак зв'язок електронів зі своїми атомами в напівпровідниках не такий міцний, як у діелектриках. І при підвищенні температури, а так само при яскравому висвітленні деякі електрони відриваються від своїх атомів і стають вільними зарядами, тобто можуть переміщатися через увесь зразок.

Завдяки цьому в напівпровідниках з'являються негативні носії заряду — вільні електрони.

➤ *Провідність напівпровідника, обумовлену рухом електронів, називають електронною.*

Коли електрон відривається від атома, позитивний заряд цього атома стає некомпенсованим, тобто в цьому місці з'являється зайвий позитивний заряд. Цей позитивний заряд називають «діркою». Атом, поблизу якого утворилася дірка, може відібрати зв'язаний електрон у сусіднього атома — при цьому дірка переміститься до сусіднього атома, а той атом, у свою чергу, може «передати» дірку далі.

Таке «естафетне» переміщення зв'язаних електронів можна розглядати як переміщення дірок, тобто позитивних зарядів.

➤ *Провідність напівпровідника, обумовлену рухом дірок, називають дірковою.*

Таким чином, відмінність діркової провідності від електронної полягає в тому, що електронна провідність обумовлена переміщенням у напівпровідниках вільних електронів, а діркова — переміщенням зв'язаних електронів.

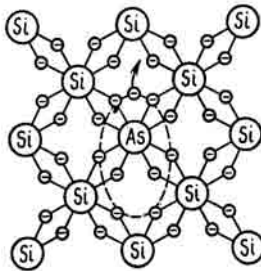


У чистому напівпровіднику (без домішок) електричний струм створює однакову кількість вільних електронів і дірок. Таку провідність називають власною провідністю напівпровідників.

### 3. Домішкова провідність напівпровідників

Якщо додати в чистий розплавлений кремній невелику кількість миш'яку (приблизно  $10^{-5}$  %), після затвердіння утворюються звичайні кристалічні решітки кремнію, але в деяких вузлах решіток замість атомів кремнію будуть знаходитися атоми миш'яку.

Миш'як, як відомо, п'ятивалентний елемент. Чотири валентних електрони утворюють парні електронні зв'язки із сусідніми атомами кремнію. П'ятому ж, валентному, електрону зв'язку не вистачить, при цьому він буде так слабо зв'язаний з атомом миш'яку, що легко стає вільним. У результаті кожен атом домішки дасть один вільний електрон.



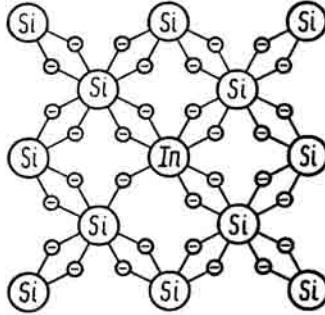
➤ *Домішки, атоми яких легко віддають електрони, називаються донорними.*

Електрони з атомів кремнію можуть ставати вільними, утворити дірку, тому в кристалі можуть одночасно існувати й вільні електрони й дірки. Однак вільних електронів буде значно більше, ніж дірок.

➤ *Напівпровідники, у яких основними носіями зарядів є електрони, називають напівпровідниками n-типу.*

Якщо в кремній додати невелику кількість тривалентного індію, то характер провідності напівпровідника зміниться. Оскільки індій має три валентних електрони, то він може встановити ковалентний зв'язок тільки з трьома сусідніми атомами. Для встанов-

лення зв'язку з четвертим атомом електрона не вистачить. Індій «позичить» електрон у сусідніх атомів, у результаті кожен атом індію утворить одне вакантне місце — дірку.



► *Домішки, що «захоплюють» електрони атомів кристалічних решіток напівпровідників, називаються акцепторними.*

У випадку акцепторної домішки основними носіями заряду при проходженні електричного струму через напівпровідник є дірки.

► *Напівпровідники, у яких основними носіями зарядів є дірки, називають напівпровідниками р-типу.*

Практично всі напівпровідники містять і донорні й акцепторні домішки. Тип провідності напівпровідника визначається домішкою з більш високою концентрацією носіїв заряду — електронів і дірок.

#### 4. Використання напівпровідників

Широке використання напівпровідників обумовлене кількома причинами.

По-перше, опір напівпровідників залежить від температури — зі збільшенням температури опір напівпровідників різко зменшується, тому сила струму в колі при цьому збільшується. Залежність опору напівпровідників від температури використовують у терморезисторах (чи термісторах).

Термістори використовуються для вимірювання температури, для підтримки постійної температури в автоматичних пристроях.

По-друге, опір напівпровідників зменшується у випадку збільшення освітленості. Напівпровідникові прилади, у яких використовується властивість змінювати свій опір залежно від освітленості, називають фоторезисторами. Фоторезистори використовуються для вимірювання освітленості, для контролю якості поверхні тощо.

По-третє, у місці контакту двох напівпровідників  $p$ - і  $n$ -типу спостерігається ряд цікавих явищ. Наприклад, електричний струм через такий контакт добре проходить в одному напрямку і практично не проходить у зворотному. Це явище називається однією провідністю. Властивості  $p$ - $n$ -переходу використовують для виготовлення напівпровідникових діодів і транзисторів, без яких не обходиться жодний сучасний пристрій; фотоелементів, у яких енергія падаючого світла перетворюється в електричну енергію.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** Чому опір напівпровідникових матеріалів залежить від температури?
- ?** Як змінюється питомий електричний опір напівпровідників:  
а) при нагріванні; б) при освітленні?
- ?** Чому опір напівпровідників суттєво залежить від наявності домішок?

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  1. Як можна змінювати тип носіїв у напівпровіднику?
  2. Чому вимоги до чистоти напівпровідникових матеріалів дуже високі (у ряді випадків не допускається наявність навіть одного атома домішки на мільйон атомів)?
  3. Після введення в германій домішки миш'яку концентрація електронів провідності збільшилася. Як змінилася при цьому концентрація дірок?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. Яку провідність (електронну чи діркову) має кремній з домішкою галію? Індію? Фосфору? Сурми?
  2. Яка провідність (електронна чи діркова) буде в кремнії, якщо до нього додати фосфор? Бор? Алюміній? Миш'як?

3. Як зміниться опір зразка кремнію з домішкою фосфору, якщо ввести в нього домішку галію? Концентрація атомів фосфору і галію однакова. (Відповідь: збільшиться)

### Що ми дізналися на уроці

- Напівпровідники — речовини, питомий опір яких дуже швидко зменшується з підвищенням температури.
- Провідність напівпровідника, обумовлену рухом електронів, називають електронною.
- Провідність напівпровідників, обумовлену рухом дірок, називають дірковою провідністю.
- Домішки, атоми яких легко віддають електрони, називаються донорними.
- Напівпровідники, у яких основними носіями зарядів є електрони, називають напівпровідниками *n*-типу.
- Домішки, що «захоплюють» електрони атомів кристалічних решіток напівпровідників, називаються акцепторними.
- Напівпровідники, у яких основними носіями зарядів є дірки, називають напівпровідниками *p*-типу.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 23.
2. Зб.:  
    рів1 — № 11.15; 11.16; 11.17; 11.32.  
    рів2 — № 11.33; 11.34; 11.35; 11.48.
3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 11.

### Задачі із самостійної роботи № 11

#### «Електричний струм у різних середовищах»

#### Середній рівень

1. а) Чиста дистильована вода і кам'яна сіль є ізоляторами. Чому ж розчин солі у воді є провідником?  
б) Рухом яких заряджених частинок створюється електричний струм у газах?
2. а) Чим відрізняється електропровідність розчинів чи розплавів електролітів від електропровідності металів?  
б) Наведіть приклади практичного використання газового розряду.

**Достатній рівень**

1. а) У чому відмінність провідності газів при самостійному і не-самостійному розрядах?  
б) Визначте, яка маса алюмінію відкладеться на катоді за 10 год під час електролізу  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , якщо сила струму через електроліт дорівнює 1 А. Електрохімічний еквівалент алюмінію дорівнює  $0,093 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл.
2. а) Як відрізняються за питомим опором провідники, напівпровідники і діелектрики?  
б) У процесі електролізу з водяного розчину срібної солі виділилося 500 мг срібла. Який заряд пройшов через електролітичну ванну? Електрохімічний еквівалент срібла дорівнює  $1,12 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл.

**Високий рівень**

1. Визначте масу срібла, що виділилося на катоді при електролізі азотнокислого срібла за 2 год, якщо до розчину прикладена напруга 2 В, а його опір 5 Ом. ( $k = 1,12 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл)
2. Які витрати енергії на одержання 1 кг алюмінію, якщо електроліз солі алюмінію ведеться під напругою 5,5 В ( $k = 0,093 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл).

## Урок 31/37

**Тема.** Узагальнюючий урок

**Мета уроку:** закріпити знання учнів про електричний струм у різних середовищах.

**Тип уроку:** урок закріплення знань.

**Контроль знань:** самостійна робота № 11 «Електричний струм у різних середовищах».

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На цьому уроці вчитель має узагальнити вивчений матеріал по темі: «Електричний струм у різних середовищах».

З'ясуємо загальну характеристику істотну для всіх середовищ. Для цього згадуємо визначення електричного струму, умови його протікання і разом перелічуємо всі середовища, у яких може протікати струм. Обговорюємо питання про наявність носіїв струму у середовищі, про спосіб їх утворення й поведження. У бесіді (її можна назвати мозковим штурмом) ми разом вибудовуємо план повторення цієї теми:

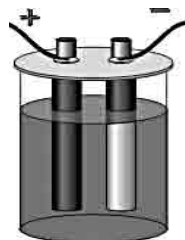
1. Носії струму і спосіб їх утворення.
2. Поведження носіїв за відсутності і наявності електричного поля.
3. Залежність сили струму від напруги в даному середовищі.
4. Залежність провідності від температури й інших умов.
5. Особливості протікання струму в даному середовищі.
6. Застосування електричного струму в даному середовищі в побуті, науці й техніці.

Наступну частину уроку можна присвятити розв'язанню тестових завдань.

### Тренувальні тести

1. На рисунку показаний розчин мідного купоросу. Рух яких частинок створює електричний струм у рідинах? Виберіть правильну відповідь.

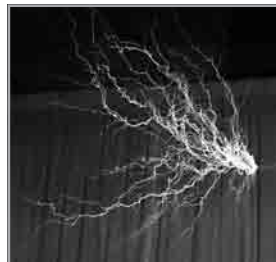
- А Молекул.
- Б Атомів.
- В Електронів.
- Г Позитивних і негативних іонів.



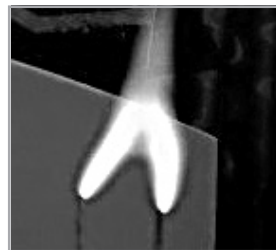
2. Який тип розряду відбувається в газоподібній трубці при зниженому тиску? Виберіть правильну відповідь.



- А Іскровий.  
 Б Тліючий.  
 В Коронний.  
 Г Дуговий.
3. На рисунку зображений один з видів самостійного розряду. Виберіть правильну відповідь.



- А Це дуговий розряд.  
 Б Це тліючий розряд.  
 В Це іскровий розряд.  
 Г Це коронний розряд.
4. На рисунку зображений один з видів самостійного розряду. Виберіть правильну відповідь.



- А Це коронний розряд.  
 Б Це тліючий розряд.  
 В Це дуговий розряд.  
 Г Це іскровий розряд.
5. У якому з приладів, зображених на рисунках, можна створити напрямлений рух заряджених частинок тільки в одному напрямку?



А



Б



В



Г

- А** У резисторі.
- Б** У конденсаторі.
- В** У напівпровідниковому діоді.
- Г** У лампі денного світла.

Далі можна запропонувати учням підбор якісних і розрахункових задач (складність задач залежить від рівня підготовки класу). Наприклад:

1. Чому за допомогою іскрового розряду можна обробляти деталі зі сталі й тугоплавких металів? До якого полюса джерела струму слід приєднати деталь?
2. Якого типу буде провідність германія, якщо до нього додати: а) фосфор; б) цинк?
3. До кінців кола, що складається з послідовно ввімкнених термістора та фоторезистора опором  $1\text{ кОм}$ , подана напруга  $20\text{ В}$ . За кімнатної температури сила струму в колі була  $5\text{ мА}$ . Коли термістор опустили в гарячу воду, сила струму в колі стала  $10\text{ мА}$ . У скільки разів змінився в результаті нагрівання опір термістора? (*Відповідь*: опір термістора зменшився в 3 рази.)

На завершення уроку можна провести самостійну роботу № 11 «Електричний струм у різних середовищах».



## ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ЯВИЩА

### 3. Магнітне поле

- Постійні магніти. Взаємодії магнітів
- Магнітне поле Землі. Магнітна дія струму
- Дія магнітного поля на провідник зі струмом
- Явище електромагнітної індукції

### Тематичне планування

№ з/п	Тема Уроку	Дата проведення
1	Магнітні взаємодії	
2	Магнітне поле Землі	
3	Магнітне поле провідника зі струмом	
4	Дія магнітного поля на провідник зі струмом	
5	Електромагніти	
6	Лабораторна робота № 10 «Збирання електромагніта й дослідження його дії»	
7	Електровимірювальні прилади	
8	Явище електромагнітної індукції	
9	Застосування електромагнітної індукції	
10	Підсумкова контрольна робота	

## Урок 1/38

**Тема.** Магнітні взаємодії

**Мета уроку:** роз'яснити учням фізичну природу електропровідності рідин.

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

### План уроку

Демонстрації	8 хв	1. Взаємодія постійних магнітів. 2. Дослід Ерстеда. 3. Магнітні спектри провідників зі струмом
Вивчення нового матеріалу	30 хв	1. Постійні магніти. 2. Магнітне поле. 3. Силкові лінії магнітного поля
Закріплення вивченого матеріалу	7 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Постійні магніти

Магнетизм як явище відомий, принаймні, з V ст. до н. е., але вивчення його сутності просувалося дуже повільно. Ще давні греки знали, що існує особливий мінерал — камінь з Магнесії (область у давньогрецькій Фессалії), здатний притягувати невеликі залізні предмети.

Однак уперше властивості магніту були описані лише 1269 року. А першою великою роботою, присвяченою дослідженню магнітних явищ, стала книга Вільяма Гільберта «Про магніт», що вийшов 1600 року.

У будь-якого магніту є два полюси (полюсами магніту називають ті його частини, поблизу яких найбільше сильно виявляється дія магніту). Дослід показує, що однойменні полюси магнітів відштовхуються, а різнойменні — притягаються.



Виявилось, що взаємодія полюсів магніту дуже схоже на взаємодію електричних зарядів. Більше того, було встановлено, що, так само як і для електричних зарядів, сила взаємодії полюсів зменшується обернено пропорційно квадрату відстані між ними.

Однак одержати «одиначні» магнітні полюси (тільки північний чи тільки південний), подібні до позитивного і негативного електричних зарядів, виявилось неможливим: якщо розпилити магніт, виходять два менших магніти, у кожного з яких є знову два полюси — північний і південний. Вже в ХХ столітті було встановлено, що навіть елементарні частинки, такі як протон і електрон, є малюсінкими магнітами, що мають по два полюси.

## 2. Магнітне поле

Під час вивчення електричних явищ ми з'ясували, що поблизу заряджених тіл існує електричне поле. Магнітна взаємодія так само, як і електрична, здійснюється за допомогою поля.

Важливо звернути увагу учнів на те, що зв'язок між електричними і магнітними явищами відзначався ще до відомих дослідів Ерстеда й Ампера. Було помічено, що блискавка перемагнічує компаси на кораблях, намагнічує сталеві предмети.

Пряме експериментальне виявлення зв'язку між електричними й магнітними явищами відбулося завдяки щасливому збігу: коли Ерстед читав лекцію про постійні струми, він звернув увагу на те, що магнітна стрілка, що знаходиться поблизу провідника, повернулася під час ввімкнення струму.

Так була відкрита орієнтуюча дія провідника зі струмом на постійний магніт.

Відзначимо, що ця взаємодія провідників зі струмами не обумовлена електричною взаємодією, тому що провідники електрично нейтральні.

На підставі дослідів підводимо учнів до наступного висновку:

➤ у просторі навколо провідника зі струмом виникають сили, що діють на заряди, які рухаються, і на магнітну стрілку.

Ці сили називаються магнітними. Таким чином,

➤ магнітним полем ми будемо називати той стан простору, що проявляє себе під дією магнітних сил.

Визначальні властивості магнітного поля такі:

- магнітне поле породжується магнітами і струмами;
- магнітне поле виявляється за дією на магніти і струми.

### 3. Силкові лінії магнітного поля

Дослідним шляхом визначаємо, що магнітна стрілка, яка може вільно обертатися навколо своєї осі, завжди встановлюється, орієнтуючись певним чином, у даній області магнітного поля. Виходячи з цього, можна ввести поняття про напрямок магнітного поля в даній точці.

Необхідно звернути увагу учнів на те, що напрямок, на який вказує північний полюс магнітної стрілки, є напрямком магнітного поля в даній точці.

Використовуючи залізні ошурки, варто показати спектр магнітного поля прямого струму і ввести поняття про лінії магнітного поля.

➤ *Лініями магнітного поля є лінії, проведені так, що дотичні до них у кожній точці вказують на напрямок поля в цій точці.*

Необхідно звернути особливу увагу на відмінність ліній магнітного поля від силових ліній електричного поля: лінії магнітного поля або замкнені, або починаються і закінчуються на нескінченності.

Відзначаємо, що лінії магнітного поля реально не існують, вони лише зручний спосіб його опису.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

**?** *Які явища спостерігаються в колі, у якому існує електричний струм?*

**?** *Чи існує зв'язок між електричними й магнітними явищами?*

**?** *Які взаємодії називають магнітними?*

**?** *У чому виявляється магнітна дія електричного струму?*

**?** *Чи можна розрізати магніт так, щоб один з отриманих магнітів мав тільки північний полюс, а інший — тільки південний?*

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Якісні питання

1. У який спосіб можна дізнатися, чи є струм у проводі, не користуючись амперметром?

2. Чи відхилиться магнітна стрілка, якщо її розмістити поблизу пучка рухомих: а) електронів; б) атомів; в) позитивних іонів?
3. Чи діє магнітне поле на нерухомий електрон?

## 2. Навчаємося розв'язувати задачі

1. Північний полюс магніту підносять до позитивно зарядженої тенісної кульки, що висить на нитці. Що можна спостерігати — притягування чи відштовхування? Як зміниться відповідь, якщо кулька заряджена негативно?

*Розв'язок.* В обох випадках буде спостерігатися притягування, обумовлене поділом заряджених частинок у нейтральному тілі (магніті) під дією електричного поля. Заміна позитивного заряду кульки на негативний і (чи) північного магнітного полюса на південний ніяк не вплине на результат: магнітне поле взагалі не діє на нерухомі заряджені частинки або тіла.

## Що ми дізналися на уроці

- Полюсами магніту називають ті його частини, поблизу яких найбільш сильно виявляється дія магніту.
- Магнітне поле є видом матерії, основною особливістю якого є дія на заряджені частинки, що рухаються, і магніти.
- Напрямок, на який вказує північний полюс магнітної стрілки, називають напрямком магнітного поля в даній точці.
- Лініями магнітного поля є лінії, проведені так, що дотичні до них у кожній точці вказують напрямком поля в цій точці.

## Домашнє завдання

1. Підр.: § 24.

### 2. Зб.:

**рів1** — № 12.1; 12.2; 12.3; 12.4; 12.5.

**рів2** — № 12.11; 12.12; 12.13; 12.14, 12.16.

**рів3** — № 12.26, 12.27; 12.28; 12.29; 12.30.

## Урок 2/39

**Тема.** Магнітне поле Землі

**Мета уроку:** пояснити походження магнітного поля Землі, ознайомити учнів з магнітними бурями й магнітними аномаліями.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	6 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Якими властивостями володіють постійні магніти?</li> <li>2. Що таке магнітне поле?</li> <li>3. Що приймають за напрямок магнітного поля в даній точці?</li> <li>4. Що розуміють під силовими лініями магнітного поля?</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	10 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Магнітне поле Землі.</li> <li>2. Фрагменти відеофільму «Магнітні бурі й магнітні аномалії»</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	23 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доведемо, що Земля має магнітне поле.</li> <li>2. Магнітні бурі.</li> <li>3. Магнітні аномалії.</li> <li>4. Користь магнітного поля Землі</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	6 хв	Контрольні питання

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Доведемо, що Земля має магнітне поле

Орієнтація шматків залізної руди і постійних магнітів у напрямку з півдня на північ свідчить про те, що наша планета Земля має магнітні властивості.

Наприкінці XVI століття англійський учений Вільям Гілберт зробив припущення: якщо «північний» кінець стрілки компаса вказує завжди на північ, значить, Земля є величезним магнітом. Поводження магнітів здавна представлялося людям загадковим, тому книга Гілберта «Про магніт, магнітні тіла і великий магніт — Земля» відразу стала популярною.

Північний полюс магніту притягується до південного полюса іншого магніту, отже, з того, що північний кінець магнітної стріл-

ки вказує на північ, ми доходимо висновку, що поблизу Північного географічного полюса Землі знаходиться її південний магнітний полюс.

Північний же магнітний полюс Землі розташований поблизу її Південного географічного полюса.

Однак так було не завжди: розкопки, за якими можна простежити намагнічування копалин у різні геологічні епохи, свідчать, що магнітні полюси Землі рухаються. А колись Земля навіть була «намагнічена навпаки».

Хоча земний магнетизм відкритий понад чотири століття тому, він дотепер залишається загадкою: учені висловлюють різні припущення про походження земного магнетизму, але єдиної думки вони поки не виробили.

## 2. Магнітні бурі

Ретельне вивчення магнітного поля Землі показало, що сили, які діють з боку магнітного полюса Землі на магнітну стрілку, можуть змінюватися як за модулем, так і за напрямком. Протягом доби магнітна стрілка робить невеликі коливання. Невеликі періодичні зміни магнітного поля Землі ми можемо спостерігати й протягом року. Але іноді трапляються й дуже різкі зміни магнітного поля Землі. Часом магнітне поле Землі сильно спотворюється, що було виявлено шляхом спостерігання за магнітною стрілкою (вона дуже швидко переміщається і не вказує на північ) німецьким фізиком А. Гумбольдтом. Це явище називається магнітною бурею.

Помічено, що магнітні бурі спостерігаються одночасно з дуже сильними полярними сьйвами та зі збільшенням площі темних плям на Сонці. Темні плями на Сонці збільшуються з ростом сонячної активності, коли з поверхні Сонця в навколишній простір викидаються величезні потоки заряджених частинок. Ці частинки утворюють магнітне поле, що взаємодіє з магнітним полем Землі. У результаті магнітне поле Землі змінюється — починається магнітна буря.

Магнітні бурі не топлять кораблі, не мають руйнівної сили, але й не проходять безслідно. Вони порушують радіозв'язок, призводять до появи полярних сьйв; сприяють виникненню циклонів; негативно позначаються на самопочутті хворих, що страждають гі-

пертонією й серцево-судинними захворюваннями. Тому за станом геомагнітного поля постійно спостерігають і про його зміну повідомляють у прогнозах погоди.

### 3. Магнітні аномалії

На земній поверхні зустрічаються місця, у яких дія магнітного поля помітно відрізняється від сусідніх. Такі області називаються областями магнітних аномалій. Розрізняють магнітні аномалії континентальні (площа 10–100 тис. км<sup>2</sup>, наприклад Східно-Сибірська), регіональні (1–10 тис. км<sup>2</sup>) і локальні (останні часто пов'язані із заляганням залізних руд, наприклад, Криворізька, Курська).

Причиною магнітних аномалій, як правило, є неглибокі підземні поклади магнітної залізної руди. Вивчення магнітної аномалії може дати цінну інформацію про обсяг і розташування цих покладів. Добре відома Курська магнітна аномалія, відкрита за допомогою компаса, стрілка якого в цьому районі «поводилася» дуже незвичайно.

### 4. Користь магнітного поля Землі

Однією з особливостей нашої планети є її магнітне поле. Ми не будемо обговорювати досить складне питання про причини його наявності, але підкреслимо, що воно є однією з необхідних умов існування життя на нашій планеті. Усі живі істоти Землі мільйони років еволюціонували саме в умовах магнітного поля і без нього існувати не можуть.

Канадський учений Я. Крейн досліджував живі організми, що знаходилися в спеціальній камері з меншим, ніж земне, магнітним полем. Після 72-годинного перебування в таких умовах різко (у 15 разів) зменшувалася здатність бактерій до розмноження, знижувалася нейромоторна активність птахів, у мишей прискорювався обмін речовин. У випадку більш тривалого перебування в умовах ослабленого магнітного поля в тканинах виникали необоротні зміни і розвивалася безплідність.

Крім того, магнітне поле Землі оточує нашу планету і захищає її від потужного потоку електрично заряджених частинок (сонячного вітру). Якби на Землі не було магнітного поля, то життя в тій формі, що існує зараз, було б просто неможливим.



Магнітне поле допомагає визначити місце свого перебування мандрівникам (і не тільки їм). Доведено, що риби та птахи під час своїх міграцій орієнтуються за магнітним полем Землі.

Навіть кішки в пошуках шляху додому орієнтуються за ним же.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** *На підставі яких дослідів і спостережень можна зробити висновки про існування в Землі магнітного поля?*
- ?** *Де знаходяться магнітні полюси Землі і чим це підтверджується?*
- ?** *Як спрямована стрілка компаса поблизу магнітних полюсів?*
- ?** *Чим пояснити, що магнітна стрілка встановлюється в даному місці Землі у визначеному напрямку?*

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. У якому місці Землі магнітна стрілка обома полюсами показує на південь?
2. Чому сталеві віконні ґрати з часом намагнічуються?
3. Чому науково-дослідні кораблі для вивчення магнітного поля Землі будують не зі сталі, а з дерева, а для кріплення деталей корабля використовують шурупи з латуні й бронзи?
4. При підготовці польотів на Північний полюс значна увага приділялася забезпеченню правильної орієнтації літака поблизу полюса, тому що там звичайні магнітні компаси можуть давати похибку й практично непридатні. Чому?

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 25.
2. Зб.:

**рів1** — № 12.6; 12.7; 12.8; 12.9; 12.10.

**рів2** — № 12.19; 12.22; 12.23; 12.24, 12.25.

**рів3** — № 12.31, 12.32; 12.33; 12.34; 12.35.

## Урок 3/40

**Тема.** Магнітне поле провідника зі струмом

**Мета уроку:** ознайомити учнів з магнітними полями провідника зі струмом і котушки зі струмом; розглянути графічне зображення магнітних полів і навчити знаходити напрямок силових ліній магнітного поля.

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

### План уроку

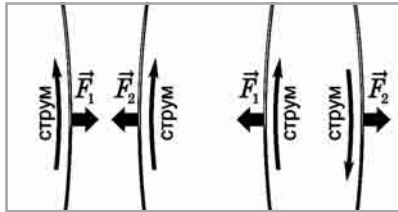
<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. На підставі чого можна зробити висновок про існування магнітного поля Землі?</li> <li>2. Де знаходяться магнітні полюси Землі і чим це підтверджується?</li> <li>3. Що таке магнітні бурі і чому вони виникають?</li> <li>4. Які причини магнітних аномалій?</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	7 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Взаємодія прямолінійних проводів зі струмами.</li> <li>2. Магнітне поле прямого проводу зі струмом.</li> <li>3. Магнітне поле котушки зі струмом.</li> <li>4. Спектри магнітних полів прямого проводу й котушки зі струмом</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	25 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Взаємодія прямолінійних провідників зі струмами.</li> <li>2. Гіпотеза Ампера.</li> <li>3. Магнітне поле прямого проводу зі струмом.</li> <li>4. Магнітне поле котушки зі струмом</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	8 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Взаємодія прямолінійних провідників зі струмами

Після досліду Ерстеда наступний крок у зближенні «електрики» і «магнетизму» зробив французький фізик Андре Марі Ампер. Він здогадався, що якщо провідники зі струмами взаємодіють з магнітами, то ці провідники повинні взаємодіяти й один з одним, причому фізична природа цієї взаємодії така сама, як і природа взаємодії магнітів.

Досліди, поставлені Ампером, підтвердили його здогад. Виявилось, що провідники зі струмами дійсно взаємодіють один з одним — наприклад, паралельні провідники зі струмом притягуються, якщо струми в провідниках течуть в одному напрямку, і відштовхуються, якщо струми течуть у протилежних напрямках.



Необхідно звернути увагу учнів на те, що взаємодія провідників, по яких течуть струми, обумовлена не електричною взаємодією, тому що ці провідники електрично нейтральні.

Взаємодію провідників, по яких течуть струми, використовували для визначення одиниці сили струму в системі СІ.

Одиницю струму на честь Ампера назвали ампером (позначається А).

➤ 1 А — це сила такого постійного струму, що при проходженні по двох паралельних прямолінійних нескінченно довгих провідниках дуже малого перерізу, розташованих у вакуумі на відстані 1 м один від одного, викликає між провідниками силу взаємодії, що дорівнює  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на кожен метр довжини.

Досліджуючи взаємодію котушок, по яких течуть струми, однієї з одною і з постійними магнітами, Ампер помітив, що торці котушок зі струмами подібні до полюсів магніту.

## 2. Гіпотеза Ампера

Спостерігаючи подібність у взаємодії котушок, по яких течуть струми, і магнітів, Ампер припустив, що всі магнітні взаємодії обумовлені взаємодією електричних струмів. Це припущення одержало назву гіпотези Ампера. Відповідно до цієї гіпотези

➤ властивості постійних магнітів обумовлені циркулюючими в них однаково спрямованими незатухаючими «молекулярними» струмами.

У внутрішніх частинах магніту «сусідні» молекулярні струми спрямовані протилежно і тому компенсують один одного. Але поблизу поверхні магніту ці струми течуть в одному напрямку, утворюючи ніби струм, що обтікає поверхню магніту.

Цей «поверхневий струм», як вважав Ампер, і надає постійному магніту його магнітні властивості.

Гіпотеза Ампера пояснює також, чому не вдається роз'єднати полюса магніту: адже кожна половинка магніту знову подібна колушці зі струмом.

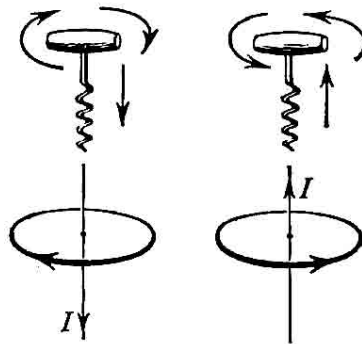
### 3. Магнітне поле прямого проводу зі струмом

За допомогою залізних ошурок можна виявити основні особливості магнітного поля, що створюється проводом зі струмом. Можна помітити, що поблизу проводу ошурки утворюють концентричні кола. Якщо замість ошурок помістити кілька маленьких магнітних стрілок, то вони розташуються уздовж уявних кіл.

► *Силкові лінії магнітного поля прямого проводу зі струмом мають вид концентричних кіл.*

Напрямок силових ліній магнітного поля можна визначити за допомогою правила свердлика:

► *якщо обертати свердлик так, щоб напрямок його поступального руху збігся з напрямком струму, то напрямок обертання ручки буравчика покаже напрямок ліній магнітної індукції.*



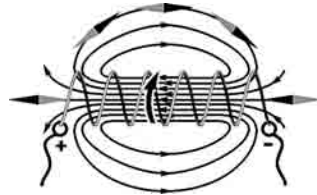
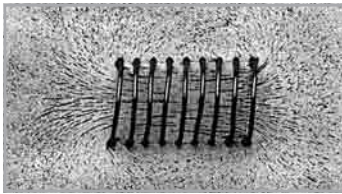
Для знаходження напрямку силових ліній магнітного поля можна скористатися і правилом «обхвату» правою рукою:

- якщо правою рукою «обхопити» провідник так, щоб великий палець був спрямований у напрямку струму, то чотири пальці покажуть напрямок силових ліній магнітного поля.



#### 4. Магнітне поле котушки зі струмом

Насипавши на скло залізни ошурки й підключивши котушку до джерела струму, можна побачити картину магнітного поля котушки зі струмом.



Як видно з рисунка, магнітне поле котушки зі струмом подібне до поля смугового магніту. Усередині котушки магнітне поле практично однорідне.

Для знаходження напрямку силових ліній магнітного поля можна скористатися і правилом «обхвату» правою рукою для котушки зі струмом:

- якщо правою рукою «обхопити» котушку зі струмом, розташували чотири пальці у напрямку струму, то відігнутий великий палець укаже напрямок силових ліній усередині котушки.

Силкові лінії магнітного поля є уявними лініями, і тому побачити їх безпосередньо не можна. Дрібні залізни ошурки намагнічуються в магнітному полі, перетворюючись на маленькі магнітні стрілки. А ці малюсінькі стрілки орієнтуються уздовж ліній магнітної індукції, роблячи їх теж видимими.

**Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

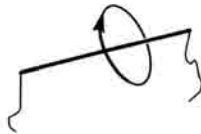
- ?** Як взаємодіють паралельні провідники зі струмом?
- ?** У чому полягає гіпотеза Ампера?
- ?** Як розташовуються залізні ошурки (магнітні стрілки) у магнітному полі прямого проводу зі струмом?
- ?** Як можна визначити напрямок силових ліній магнітного поля, створеного прямим проводом зі струмом?
- ?** Як розташовуються залізні ошурки (магнітні стрілки) у магнітному полі котушки зі струмом?
- ?** Як можна визначити напрямок силових ліній магнітного поля, створеного котушкою зі струмом?

**ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ****1. Якісні питання**

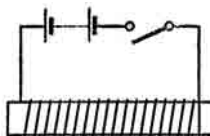
1. Як на досліді показати, що напрямок силових ліній магнітного поля пов'язаний з напрямком струму?
2. Як використовувати правило «обхвату» правою рукою для визначення напрямку струму в котушці, якщо відоме положення її полюсів?

**2. Навчаємося розв'язувати задачі**

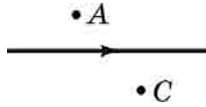
1. На рисунку зображена силова лінія магнітного поля, утвореного провідником зі струмом. Визначте напрямок струму.



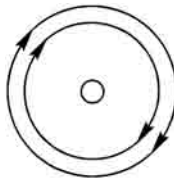
2. Намалуйте силові лінії магнітного поля котушки зі струмом. Укажіть їхній напрямок.



3. Через провід (див. рисунок) іде електричний струм. У якому напрямку повернеться магнітна стрілка, поміщена в точку  $A$ ? У точку  $C$ ? (Відповідь: Північним полюсом до нас; північним полюсом від нас.)



4. Визначте напрямок струму в провіднику, переріз якого і магнітне поле показані на рисунку.



### Що ми дізналися на уроці

- Паралельні провідники зі струмом притягуються, якщо струми в провідниках течуть в одному напрямку, і відштовхуються, якщо струми течуть у протилежних напрямках.
- 1 А — це сила такого постійного струму, що при проходженні по двох паралельних прямолінійних нескінченно довгих провідниках дуже малого перерізу, розташованих у вакуумі на відстані 1 м один від одного, викликає між провідниками силу взаємодії, рівну  $2 \cdot 10^{-7}$  Н на кожен метр довжини.
- Гіпотеза Ампера: властивості постійних магнітів обумовлені циркулюючими в них однаково спрямованими незатухаючими «молекулярними» струмами.
- Силкові лінії магнітного поля прямого проводу зі струмом мають вид концентричних кіл.
- Якщо обертати свердлик так, щоб напрямок його поступального руху збігся з напрямком струму, то напрямок обертання ручки буравчика покаже напрямок ліній магнітної індукції.
- Якщо правою рукою «обхопити» провідник так, щоб великий палець був спрямований у напрямку струму, то чотири пальці покажуть напрямок силових ліній магнітного поля.

- Якщо правою рукою «обхопити» котушку зі струмом, розташувачи чотири пальці у напрямку струму, то відігнутий великий палець укаже напрямок силових ліній усередині котушки.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 26.

2. 36.:

**рів1** — № 13.1; 13.2; 13.3; 13.4; 13.5.

**рів2** — № 13.9; 13.10; 13.11; 13.12, 13.13.

**рів3** — № 13.14, 13.15; 13.16; 13.17; 13.18.

3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 12.

### Задачі із самостійної роботи № 12

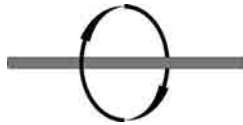
#### «Магнітні взаємодії. Магнітне поле»

#### *Середній рівень*

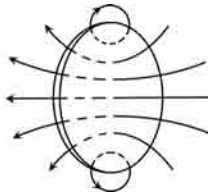
1. У чому виявляється магнітна дія електричного струму? Пояснить свою відповідь.
2. Як за допомогою компаса можна визначити полюси магніту? Пояснить свою відповідь.

#### *Достатній рівень*

1. а) Де розташовані полюси смугового магніту; дугоподібного?  
б) Який напрямок має струм у провіднику, напрямок силових ліній магнітного поля якого зазначено стрілками на рисунку?



2. а) Як взаємодіють різнойменні й однойменні полюси магнітів?  
б) За напрямком магнітних силових ліній, зображених на рисунку, визначте напрямок кругового струму в кільці.





**Високий рівень**

1. а) У затисків акумулятора не виявилось позначок про те, який з них «плюсовий», а який — «мінусовий». Чи можна визначити полюси, маючи компас?  
б) Як пояснити наявність магнітного поля навколо постійного магніту на основі молекулярної теорії будови речовини?
2. а) Чи діятиме магніт на магнітну стрілку, якщо між ними помістити руку? Залізний лист?  
б) Чи відхилиться магнітна стрілка, якщо її розмістити поблизу пучка рухомих частинок: а) електронів; б) атомів; в) позитивних іонів?

## Урок 4/41

**Тема.** Дія магнітного поля на провідник зі струмом

**Мета уроку:** розглянути дію магнітного поля на провідник зі струмом; ознайомити учнів з дією сили Ампера.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	12 хв	Самостійна робота № 12 «Магнітні взаємодії. Магнітне поле».
<b>Демонстрації</b>	5 хв	1. Дія магнітного поля на прямолінійний провідник зі струмом. 2. Дія магнітного поля на рамку зі струмом. 3. Будава й принцип дії електродвигуна постійного струму
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	20 хв	1. Дія магнітного поля на прямолінійний провідник зі струмом. 2. Рамка зі струмом у магнітному полі. 3. Будава електродвигуна постійного струму
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	8 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Дія магнітного поля на прямолінійний провідник зі струмом

Дослід Ерстеда довів, що електричний струм породжує магнітне поле, що діє на магнітну стрілку, і повертає її так, що вона розташовується перпендикулярно провіднику, по якому йде струм. Вивчимо це явище ретельніше. Зберемо установку, зображену на рисунку.

Поки струму в провіднику немає, магнітне поле на нього не діє, у чому неважко переконатися, переміщаючи магніти. Отже, магнітне поле не діє на нерухомі електричні заряди. При замиканні ключа провідник починає виштовхуватися



з магнітного поля, при розмиканні — повертається у вихідне положення.

Робимо висновок:

➤ *на провідник зі струмом з боку магнітного поля діє сила. Ця сила називається силою Ампера.*

Досліди показують, що сила Ампера пропорційна силі струму в провіднику і довжині активної частини провідника. Вона збільшується при збільшенні інтенсивності магнітного поля і залежить від розташування провідника в магнітному полі.

У випадку, коли провідник зі струмом розташований перпендикулярно до вектора магнітної індукції, напрямок сили Ампера можна знайти за правилом лівої руки:

➤ *якщо розкрити долоню лівої руки розташувати так, щоб силові лінії магнітного поля входили в долоню, а чотири витягнуті пальці вказували напрямок струму в провіднику, то відігнутий у площині долоні великий палець покаже напрямок сили, що діє на провідник з боку магнітного поля.*

При зміні напрямку електричного струму в провіднику змінюється і напрямок руху провідника, а значить, і сили, що на нього діє.

## 2. Рамка зі струмом у магнітному полі

Ми вже знаємо, що магнітне поле чинить орієнтовну дію на магнітну стрілку. Доведемо, що подібну дію магнітне поле чинить і на рамку зі струмом.

Поворот рамки пояснюємо, застосовуючи правило лівої руки до кожної вертикальної ділянки рамки. При зміні напрямку струму в рамці вона буде повертатися у зворотному напрямку. Те саме ми спостерігаємо, помінявши місцями полюси магніту.

Магнітне поле, діючи на вертикальні сторони рамки, змушує її повертатися так, що її площина розташовується перпендикулярно до силових ліній поля. При цьому за інерцією рамка щоразу проходить трохи далі від положення рівноваги. Якщо в момент проходження рамкою положення рівноваги щоразу змінювати напрямок струму в ній, то вона буде безупинно обертатися.

Необхідно звернути увагу учнів на те, що обертання рамки відбувається в результаті дії магнітного поля на провідники зі струмом і що в цьому процесі відбувається перетворення електричної

енергії на механічну. Принцип будови електродвигунів базується саме на даному явищі.

### 3. Будова електродвигуна постійного струму

В електродвигунах обмотка складається з великої кількості витків дроту. Магнітне поле, у якому обертається якір такого двигуна, створюється сильним електромагнітом. Електромагніт живиться струмом від того самого джерела, що й обмотка якоря.

Двигуни постійного струму знайшли широке застосування у транспорті (електровози, трамваї, тролейбуси).

Корисно буде розповісти про перший електродвигун і його винахідника — російського вченого Б. С. Якобі.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- Як показати, що магнітне поле діє на провідник зі струмом, який знаходиться в цьому полі?
- Від чого залежить напрямок сили, що діє на провідник зі струмом у магнітному полі?
- Чим пояснюється оберտальна дія магнітного поля на поміщену в нього рамку зі струмом?
- Якими способами створюється магнітне поле в електродвигуні?

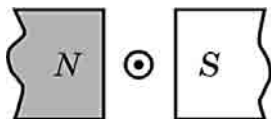
### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Якісні питання

1. У тролейбусах встановлені електродвигуни постійного струму. Притягуються чи відштовхуються проводи тролейбусної лінії? (Відповідь: відштовхуються, оскільки струми течуть по них у протилежних напрямках.)
2. Від чого залежить сила, що діє на прямолінійний провідник зі струмом у магнітному полі?
3. Як можна змінити напрямок руху провідника зі струмом у магнітному полі?

#### 2. Навчаємося розв'язувати задачі

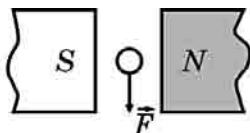
1. На рисунку показані полюси магнітів і провідник, у якому сила струму спрямована перпендикулярно до площини креслення до нас. Визначте напрямок сили Лоренца.



2. На рисунку показані полюси магнітів і провідник, у якому сила струму спрямована перпендикулярно до площини креслення від нас. Визначте напрямок сили Лоренца.



3. На рисунку показані полюси магнітів і провідник, на який діє сила Ампера. Визначте напрямок сили струму в провіднику.



### Що ми дізналися на уроці

- На провідник зі струмом з боку магнітного поля діє сила. Ця сила називається силою Ампера.
- Правило лівої руки: якщо розкрити долоню лівої руки розташувати так, щоб силові лінії магнітного поля входили в долоню, а чотири витягнуті пальці вказували напрямком струму в провіднику, то відігнутий у площині долоні великий палець покаже напрямок сили, що діє на провідник з боку магнітного поля.

### Домашнє завдання

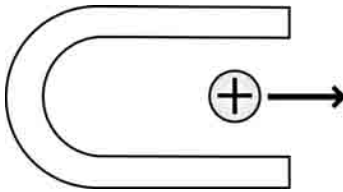
1. Підр.: § 28.
2. Зб.:
  - рів1 — № 13.6; 13.7; 13.8; 14.1; 14.2.
  - рів2 — № 13.19; 13.20; 13.21; 13.25, 14.3.
  - рів3 — № 14.5, 14.6; 14.7; 14.8; 14.19.
3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 13.

**Задачі із самостійної роботи № 13****«Дія магнітного поля на провідник з током»****Середній рівень**

1. У якому випадку магнітне поле не діє на провідник зі струмом? Поясніть схематично свою відповідь.
2. Чи залежить напрямок сили Ампера від напрямку сили струму в провіднику? Наведіть приклади.

**Достатній рівень**

1. Визначте полюси магніту, якщо відомо, що в разі напрямку струму від спостерігача провідник переміщується вправо.



До задачі 1

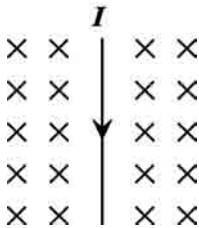


До задачі 2

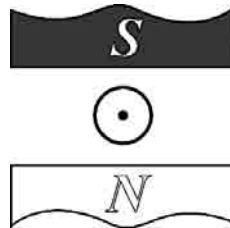
2. У якому напрямку буде рухатися провідник зі струмом у даному магнітному полі?

**Високий рівень**

1. На рисунку зображений провідник зі струмом, що знаходиться в магнітному полі, спрямованому від нас. Сформулюйте й розв'яжіть задачу.



До задачі 1



До задачі 2

2. На рисунку зображений провідник зі струмом, що знаходиться в магнітному полі. Сформулюйте й розв'яжіть задачу.

## Урок 5/42

**Тема.** Електромагніти

**Мета уроку:** познайомити учнів із пристроєм електромагнітів і їх застосуванням.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	12 хв	Самостійна робота № 13 «Дія магнітного поля на провідник зі струмом»
<b>Демонстрації</b>	5 хв	1. Будова й принцип дії електромагніту. 2. Використання електромагнітів в електричному дзвоніку; електромагнітному реле; телеграфі
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	20 хв	1. Будова електромагніту. 2. Застосування електромагніту. 3. Гучномовець
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	8 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Пристрій електромагніта

Дослід Ерстеда став початком досліджень електромагнітних явищ. Котушка, по якій тече електричний струм, є магнітом, має два полюси — північний і південний. Було виявлено, що біля торців котушки магнітне поле значно сильніше, ніж у прямого проволу зі струмом, з якого згорнута котушка. При збільшенні сили струму магнітне поле котушки підсилюється. Підсилити магнітне поле котушки можна й іншим способом: достатньо ввести усередину котушки залізне осердя.

➤ *Пристрій, що складається з котушки, усередині якої знаходиться залізне осердя, називається електромагнітом.*

Дослідження довели, що сила притягування електромагніту прямо пропорційна силі струму і числу витків у котушці, а також залежить від магнітних властивостей осердя.

1828 року американський фізик Джозеф Генрі, застосувавши багат шарові котушки, створив електромагніт, що піднімав залізни й сталеві предмети масою до однієї тонни.

## 2. Застосування електромагніту

Електромагніт — одна з основних деталей багатьох технічних приладів: дзвоника, електричного телеграфу, телефону, мікрофону, електромагнітного реле тощо.

Електромагнітами для перенесення сталевих деталей і залізного брухту обладнують піднімальні крани.

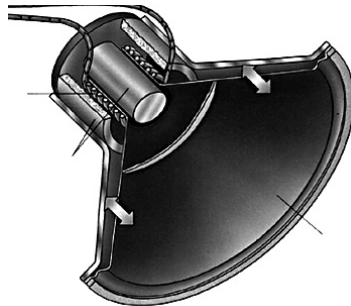
Магнітні властивості котушки зі струмом використовують у навушниках і гучномовцях. Основними елементами навушника є котушка зі струмом і сталеною мембраною. Якщо сила струму в котушці змінюється, змінюється й сила, з якою котушка притягує мембрану. Унаслідок цього мембрана коливається, створюючи згущення й розрідження повітря, що до неї прилягає, тобто породжуючи звукові хвилі.

Терміном «реле» позначають велике число приладів, що дозволяють за допомогою слабких струмів керувати роботою потужних пристроїв. До складу будь-якого електромагнітного реле входить електромагніт і контакти, що замикаються чи розмикаються під час руху якоря — залізної пластинки, що притягується до електромагніту.

## 3. Гучномовець

Напевно, кожен учень представляє, який вигляд має гучномовець і навіщо він використовується. Гучномовець убудований у радіо, телевізор й інші побутові прилади, якими користуємося щодня, тож відомий нам не з чуток.

▶ *Гучномовець — це пристрій, що служить для голосного відтворення звукового сигналу.*





Гучномовці перетворюють електричний сигнал на звукові хвилі, що поширюються в повітряному середовищі, за допомогою механічної рухливої системи (дифузора).

Основним робочим вузлом електродинамічного гучномовця є дифузор, що виконує перетворення механічних коливань на акустичні. Дифузор гучномовця приводиться в рух силою, що діє на жорстко скріплену з ним котушку, яка знаходиться в магнітному полі. У котушці тече змінний струм, що відповідає аудіосигналу, що має відтворити гучномовець. Магнітне поле в гучномовці створюється кільцевим постійним магнітом. Котушка під дією сили Ампера вільно рухається в межах кільцевого зазору, а її коливання передаються дифузору, що, у свою чергу, створює акустичні коливання, які поширюються в повітряному середовищі.

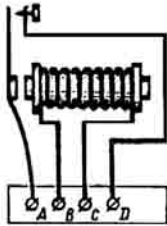
### **Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ?** Від чого і як залежить магнітна дія котушки зі струмом?
- ?** З яких основних частин складається електромагніт?
- ?** Від чого залежить сила, з якою електромагніт притягує сталеві деталі?
- ?** Чому електромагніти набули широкого застосування в техніці?
- ?** Який принцип покладений в основу роботи гучномовця?

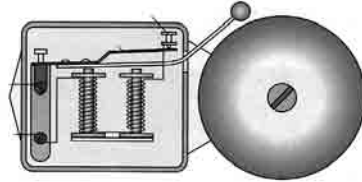
### **ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

1. Якісні питання
  1. Іноді після вимикання струму частина предметів залишається притягнутою до електромагніту підйомного крана. Що треба зробити для того, щоб ці предмети упали?
  2. Чи звучатиме електричний дзвоник і навушник у безповітряному просторі?
  3. Як можна регулювати піднімальну силу електромагніта, що використовується в підйомному крані?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. Електромагнітне реле служить для підключення сильного струму за допомогою невеликого регулюючого струму. До яких клем реле слід приєднати джерело струму?

2. На рисунку показана схема будови електричного дзвоника. Використовуючи рисунок, поясніть, як працює дзвоник.

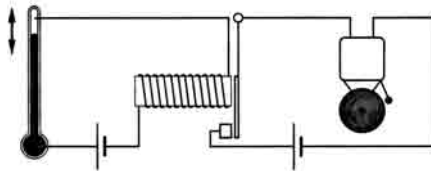


До задачі 1



До задачі 2

3. На рисунку дана схема будови автомата, що працює за визначеної температури. Назвіть основні частини цього пристрою і поясніть принцип його роботи. Де рекомендується встановлювати такі автомати?



### Що ми дізналися на уроці

- Пристрій, що складається з котушки, усередині якої знаходиться залізне осердя, називається електромагнітом.
- Гучномовець — це пристрій, що служить для голосного відтворення звукового сигналу.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 27, 29.
2. 36.:

**рів1** — № 13.22; 13.23; 13.24.

**рів2** — № 13.26; 13.27; 13.28; 13.29, 13.30.

## Урок 6/43

**Тема.** Лабораторна робота № 10 «Збирання електромагніту й дослідження його дії»

**Мета уроку:** навчитися збирати найпростіший електромагніт і з'ясувати, від чого залежить його дія.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

**Обладнання:** штатив, мідний провід, джерело постійного струму, залізни стрижні (чи великі цвяхи), магнітна стрілка (чи смуговий магніт), ошурки, реостат, ключ, амперметр, з'єднувальні проводи.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Ознайомтеся з приладами для лабораторній роботі (див. рисунок).



2. Виготовте 2 котушки з різним числом витків, намотавши мідний провід на залізни стрижні.
3. Зберіть електричне коло.
4. Замкніть коло і переконайтеся по притягуванню ошурок, що котушка із осердяма виявляє магнітні властивості, тобто є електромагнітом.

5. Закріпіть котушку на проводах у штативі.
6. Визначте за допомогою магнітної стрілки (чи смугового магніту) полюсу електромагніту, що ви отримали.
7. З'ясуйте, як залежить магнітна дія котушки зі струмом від різних параметрів.
8. Усі дослідження запишіть у таблицю в зошиті для лабораторних робіт.
9. Запишіть у зошит для лабораторних робіт, що ви вимірювали та який отримали результат.

## Урок 7/44

**Тема.** Електровимірювальні прилади

**Мета уроку:** ознайомити учнів із принципом дії електровимірювальних приладів.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	1. Будова і принцип роботи електромагніту. 2. Застосування електромагнітів у техніці й на виробництві. 3. Принцип роботи гучномовця.
<b>Демонстрації</b>	8 хв	1. Будова і принцип дії електровимірювальних приладів. 2. Фрагменти відеофільму «Електровимірювальні прилади»
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	25 хв	1. Типи електровимірювальних приладів. 2. Вимірювальні прилади магнітоелектричної системи. 3. Вимірювальні прилади електромагнітної системи. 4. Вимірювальні прилади електродинамічної системи
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	7 хв	Контрольні питання

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Типи електровимірювальних приладів

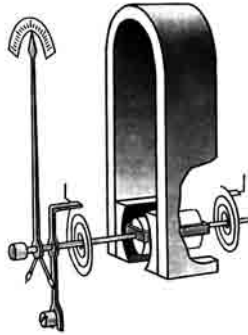
Явище обертання рамки зі струмом у магнітному полі використовується для створення електровимірювальних приладів.

Для вимірювання електричних величин використовуються різні електровимірювальні прилади. Так, наприклад, сила струму вимірюється амперметром, напруга — вольтметром, опір — омметром, потужність — ватметром, електричну енергію вимірюють за допомогою лічильника.

Існує багато систем електровимірювальних приладів. Наприклад, прилади магнітоелектричної системи, електромагнітної й електродинамічної.

## 2. Вимірювальні прилади магнітоелектричної системи

Вимірювальний механізм приладів магнітоелектричної системи складається з двох частин.



Нерухома частина складається з постійного магніту, його полюсних наконечників і нерухомого осердя. У зазорі між полюсними наконечниками і осердям існує сильне магнітне поле.

Рухлива частина вимірювального механізму складається з легкої рамки, обмотка якої навивається на алюмінієвий каркас, і двох півосей, нерухомо зв'язаних з каркасом рамки. Кінці обмотки припаяні до двох спіральних пружин, через які до рамки підводиться вимірюваний струм. До рамки прикріплені стрілка й противаги. У зазорі між полюсними наконечниками й осердям установлена рамка. Її півосі вставляються в підшипники.

Коли в рамці протікає струм, сили, що діють на рамку з боку магнітного поля, повертають рамку разом зі стрілкою — вона рухається уздовж шкали. Чим більша сила струму в рамці, тим на більший кут повертається рамка зі стрілкою. Іншими словами, кут повороту рамки пропорційний силі струму.

Оскільки кут повороту стрілки пропорційний силі струму, то шкала вимірювального приладу магнітоелектричної системи рівномірна.

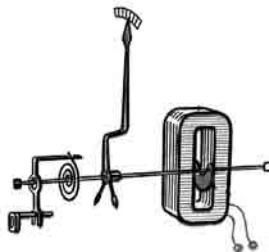
В амперметрів і вольтметрів вимірювальні механізми в принципі однакові. Їхня відмінність полягає лише в електричному опорі рамок. В амперметра опір рамки значно менший, ніж у вольтметра.



### 3. Вимірювальні прилади електромагнітної системи

Деяко простіше улаштовані прилади електромагнітної системи.

Нерухома частина приладу являє собою котушку, по обмотці якої протікає струм. За рахунок цього в зазорі котушки виникає магнітне поле.



У зазор утягується яр, виготовлений з м'якої сталі, що складає рухливу частину приладу. На осі ярка наявна спіральна пружина, що протидіє втягуванню ярка в зазор котушки. У результаті стрілка, що сидить на осі, повертається на визначений кут, що залежить від сили струму.

Електромагнітні прилади менш чутливі порівняно з магнітоелектричними. Однак вони не настільки бояться перевантаження й більш надійні в роботі. Крім того, вони придатні для вимірювання у колах не тільки постійного, але й змінного струму. Їхні шкали нерівномірні.

#### 4. Вимірювальні прилади електродинамічної системи

В електродинамічних вимірювальних приладах рухлива частина практично не відрізняється від рухливої частини приладів магнітоелектричної системи, тобто в них теж наявна рухлива рамка. Нерухомою ж частиною служить не постійний магніт, а котушка, по обмотці якої протікає струм.

Сила взаємодії між рамкою і котушкою пропорційна добутку сили струму в рамці і сили струму в котушці.

Вамперметрах і вольтметрах електродинамічної системи обидві обмотки з'єднуються послідовно, тому сила, що повертає рухливу рамку, пропорційна квадрату сили струму. У результаті в приладів даного типу шкала нерівномірна.

Електродинамічний прилад може служити і ватметром.

#### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** *Яка дія струму використовується в електровимірювальних приладах?*
- ?** *Як би поводитися котушка зі струмом у механізмі амперметра, якби її не утримували спіральні пружини?*
- ?** *Чому необхідно підключати амперметр і вольтметр відповідно до зазначених на них знаках «+» і «-»?*
- ?** *Які умови мають задовольняти внутрішні опори амперметра і вольтметра?*

#### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
1. Які переваги чи недоліки мають прилади магнітоелектричної системи?
2. Які переваги чи недоліки мають прилади електромагнітної системи?
3. Чи відрізняється будова й принцип дії амперметра й вольтметра? Якщо так, то чим саме?
4. Поясніть, чому шкала вимірювальних приладів магнітоелектричної системи рівномірна, а шкала приладів електродинамічної системи — нерівномірна?

#### Домашнє завдання

1. Підр.: § 29.
2. Зб.: № 14.4; 14.10; 14.11; 14.15.



## Урок 8/45

**Тема.** Явище електромагнітної індукції

**Мета уроку:** ознайомити учнів з явищем електромагнітної індукції; навчитися знаходити напрямок індукційного струму.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Будова й принцип роботи приладів магнітоелектричної системи.</li> <li>2. Будова й принцип роботи приладів електромагнітної системи.</li> <li>3. Будова й принцип роботи приладів електродинамічної системи</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	7 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Явище електромагнітної індукції (3–4 досліди).</li> <li>2. Відеофрагмент: «Явище електромагнітної індукції».</li> </ol>
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	27 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Історія відкриття явища електромагнітної індукції.</li> <li>2. Досліди Фарадея.</li> <li>3. Явище електромагнітної індукції.</li> <li>4. Напрямок індукційного струму.</li> <li>5. Причини виникнення індукційного струму</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	6 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Історія відкриття явища електромагнітної індукції

Виявлена Ерстедом 1820 р. дія електричного струму на магнітну стрілку показала, що електричні та магнітні явища, які вважалися до цього ізольованими, взаємозалежні. Однак дослід Ерстеда показав тільки один бік цього зв'язку — породження магнітного поля електричним струмом. Англійський фізик Майкл Фарадей, довідавшись про дослід Ерстеда, почав пошуки зв'язку магнітних явищ з електричними. Він поставив собі на меті дослідити: «Якщо електричний струм створює магнітне поле, то чи не можна за допомогою магнітного поля одержати електричний струм?» Пошуки

Фарадея тривали з 1821 р. по 1831 р. Він провів велику роботу і виявив винахідливість, наполегливість і завзятість, поки, нарешті, не одержав електричний струм за допомогою магнітного поля. Відкривши явище електромагнітної індукції, Фарадей довів, що магнітне поле може породжувати електричний струм. На основі цього явища заснована сьогодні дія генераторів електричного струму на всіх електростанціях Землі.

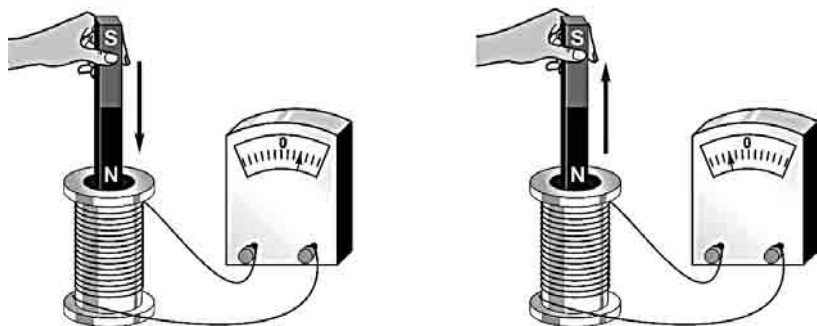
Час довів, наскільки велике значення мало відкриття Фарадея. Повторюючи слова Гельмгольца, можна з впевненістю сказати: «Поки люди користуватимуться благами електрики, вони будуть пам'ятати ім'я Фарадея».

## 2. Досліди Фарадея

Повторити досліди Фарадея, що стали відомими, сьогодні може кожний. Зупинімося на двох основних серіях дослідів:

- виникнення індукційного струму в котушці під час вставляння магніту;
- виникнення індукційного струму в одній котушці під час зміни струму в іншій котушці.

Перша серія дослідів пов'язана з виникненням індукційного струму в котушці під час вставляння й висування магніту.



Дослід показує, що струм у котушці виникає й у тому випадку, коли магніт нерухомий, а котушка надвіається чи знімається з нього. Таким чином, індукційний струм виникає під час руху магніту й котушки відносно одне одного.

У другій серії дослідів з виникнення індукційного струму постійний магніт можна замінити котушкою зі струмом: адже котушка зі струмом має властивості магніту. Однак при заміні магніту котушкою зі струмом з'являється додаткова можливість: змінюючи струм у котушці, можна змінювати створюване нею магнітне поле, не рухаючи котушки одну відносно іншої.

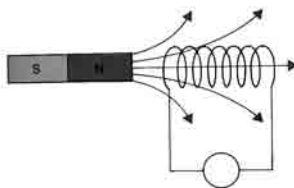
### 3. Явище електромагнітної індукції

На підставі виконаних дослідів можна зробити висновок: для порушення електричного струму в замкненому контурі необхідно змінювати магнітне поле, що пронизує цю котушку. Відкрите Фарадеєм явище назвали явищем електромагнітної індукції (від латинського слова «*induction*» — наведення).

➤ *Явище виникнення електричного струму в замкненому провідному контурі внаслідок зміни магнітного поля, що пронизує контур, називають електромагнітною індукцією, а струм, що виникає при цьому, — індукційним.*

### 4. Напрямок індукційного струму

Щоб визначити напрямок індукційного струму, скористаємося замкнутою котушкою. Якщо змінювати магнітне поле, що пронизує котушку, то в котушці виникатиме індукційний струм. У результаті котушка сама стає магнітом.



Як відомо, два магніти взаємодіють: вони відштовхуються або притягуються.

Дослід показує, що при наближенні магніту до котушки вона відштовхуватиметься від магніту (незалежно від полюса магніту). Це означає, що в котушці виникає індукційний струм такого напрямку, що вона виявляється поверненою до магніту однойменним полюсом.

Якщо ж магніт віддаляти від котушки, то котушка буде притягтися до магніту. Це означає, що в цьому випадку індукційний струм має такий напрямок, що котушка виявляється поверненою до магніту протилежним полюсом.

Знаючи напрямок магнітного поля котушки, можна визначити напрямок індукційного струму, скориставшись правилом свердлика.

Для успішного розв'язання задач учням може бути запропоноване таке формулювання для знаходження напрямку індукційного струму:

➤ *поля, струми й сили, що виникають у процесах індукції, завжди перешкоджають тому процесу, що викликає явище електромагнітної індукції.*

Ця закономірність називається правилом Ленца.

## 5. Причини виникнення індукційного струму

Отже, індукційний струм виникає тільки у разі зміни магнітного поля, що пронизує контур. Якщо провідний контур (наприклад, котушка з проводом) перетинає силові лінії магнітного поля, то в контурі виникає індукційний струм. При цьому вільні заряди в контурі рухаються під дією сили з боку магнітного поля.

Розглянемо тепер виникнення індукційного струму в нерухомому контурі (котушці). Виникнення індукційного струму в нерухомому провіднику не можна пояснити дією магнітного поля на вільні заряди, адже на нерухомі частки магнітне поле не діє.

Значить, виникнення індукційного струму в нерухомому провіднику можна пояснити тільки тим, що на вільні заряди діє сила з боку електричного поля.

Отже, змінне магнітне поле породжує електричне поле.

Саме електричне, а не магнітне поле діє на вільні заряджені частки в провіднику і створює, таким чином, індукційний струм.

➤ *Явище електромагнітної індукції полягає в тому, що змінне магнітне поле породжує (індукує) електричне поле.*

Замкнута ж на гальванометр котушка дозволить це поле знайти.

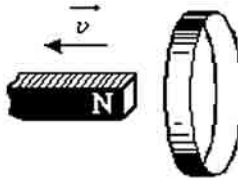
## Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

? *Що спільного у всіх дослідах, що дозволяють знайти індукційний струм?*

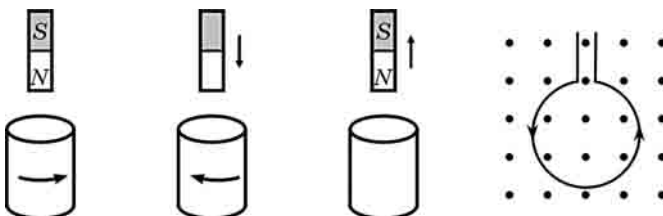
- ? У чому полягають розбіжності в одержанні індукційного струму в дослідах Фарадея?
- ? За якого руху магніту всередині котушки індукційний струм не виникає?
- ? Як потрібно рухати магніт або котушку, щоб у них виник індукційний струм?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

- Якісні питання
  - Замкнене металеве кільце рухається в однорідному магнітному полі поступально. Чи виникає індукційний струм у кільці? Чому?
  - Чому іноді неподалік від місця удару блискавки можуть розплавитися запобіжники в освітлювальній мережі та вийти з ладу чутливі електровимірювальні прилади?
  - Котушка замкнена на гальванометр. За яких дослідів можливе відхилення стрілки приладу? Наведіть приклади.
- Навчаємося розв'язувати задачі
  - Північний полюс магніту віддаляється від металевого кільця, як показано на рисунку. Визначте напрямок індукційного струму в кільці.



- На рисунку показані різні ситуації, у яких спостерігається явище електромагнітної індукції. Сформулюйте й розв'яжіть задачу для кожного випадку.



### Що ми дізналися на уроці

- Явище виникнення електричного струму в замкненому провідному контурі внаслідок зміни магнітного поля, що пронизує контур, називають електромагнітною індукцією, а струм, що виникає при цьому, — індукційним.
- Поля, струми й сили, що виникають у процесі індукції, завжди перешкоджають тому процесу, що викликає явище електромагнітної індукції.
- Явище електромагнітної індукції полягає в тому, що змінне магнітне поле породжує (індукує) електричне поле.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 30.

2. 36.:

рів1 — № 15.1; 15.2; 15.3; 15.4.

рів2 — № 15.6; 15.7; 15.8; 15.9, 15.10.

рів3 — № 15.15, 15.16; 15.17; 15.18; 15.21.

3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 14.

### Задачі із самостійної роботи № 14 «Електромагнітна індукція»

#### *Середній рівень*

1. Дротяна рамка знаходиться в однорідному магнітному полі. У яких випадках у ній може виникнути індукційний струм?
2. Котушка з проводом замкнена на гальванометр. За яких умов можливе відхилення стрілки приладу? Наведіть приклади.

#### *Достатній рівень*

1. Як треба переміщати в магнітному полі Землі замкнений дротяний прямокутник, щоб у ньому виник індукційний струм?
2. Рама автомобіля являє собою замкнений контур. Чи буде в ній виникати індукційний струм під час руху автомобіля в магнітному полі Землі? Поясніть свою відповідь.

#### *Високий рівень*

1. Чи буде виникати індукційний струм у круговому витку, що знаходиться в однорідному магнітному полі, якщо: а) переміщати виток поступально; б) обертати виток навколо осі, що проходить через його центр перпендикулярно до площини витка; в) обертати виток навколо осі, що лежить у його площині?
2. Між полюсами сильного електромагніту швидко обертають кільце, зроблене з мідного дроту. При цьому кільце нагрівається. Чому?

## Урок 9/46

**Тема.** Застосування електромагнітної індукції

**Мета уроку:** показати учням значення явища електромагнітної індукції для фізики й техніки.

**Тип уроку:** комбінований Урок.

### План уроку

Контроль знань	12 хв	Самостійна робота № 14 «Електромагнітна індукція»
Демонстрації	6 хв	1. Модель генератора змінного струму. 2. Відеофрагмент: «Пристрій і принцип дії генератора змінного струму». 3. Мікрофон
Вивчення нового матеріалу	17 хв	1. Генератор змінного струму. 2. Мікрофон
Закріплення вивченого матеріалу	10 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Генератор змінного струму

Відкриття явища електромагнітної індукції призвело до створення електричних генераторів — перетворювачів механічної енергії на електричну. Перший такий генератор був сконструйований 1832 року.

Пристрій генератора майже не відрізняється від пристрою електродвигуна. У генераторі теж є статор, що представляє собою постійний магніт (чи електромагніт), а також ротор, на який намотана котушка.

Виникнення струму в рамці обумовлено явищем електромагнітної індукції: при обертанні рамки між полюсами магніту періодично змінюється кількість силових ліній магнітного поля, що пронизують рамку, унаслідок чого в рамці й виникає індукційний струм.

Якщо в генераторі одна рамка й одна пара полюсів магніту, то частота змінного струму дорівнює частоті обертання рамки. Струм

у рамці виникає внаслідок того, що рамка й магніт обертаються одне відносно одного.

У двигуні та генераторі ротор і статор ніби міняються місцями.

Електродвигун	Генератор струму
Рамки, у які подається струм, розташовані на обертовому роторі. Нерухомий статор являє собою магніт	Рамки, у яких індукується струм, розташовані на нерухомому статорі. Обертвий ротор являє собою магніт

Таким чином, обидва пристрої оборотні, тобто у двигуні електрична енергія використовується для обертання ротора, а обертовий ротор виконує механічну роботу. У генераторі ж відбувається зворотний процес: його ротор приводиться в примусове обертання, а в котушці ротора виникає індукційний струм, що виконує роботу в зовнішньому колі генератора.

## 2. Мікрофон

Своєрідним генератором електричного струму є мікрофон — пристрій, що перетворює звуки у змінний струм. Конструкція мікрофона дуже схожа на конструкцію гучномовця.

Якщо говорити перед мікрофоном, то під дією звукових хвиль мембрана і разом з нею котушка здійснюватимуть коливання відносно постійного магніту. Магнітне поле в котушці буде мінятися, і в ній виникне індукційний струм.

Якщо гучномовець перетворить електричну енергію на енергію звукових хвиль, то мікрофон перетворить механічну енергію коливань повітря на електричну енергію.

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

Як підготовку до контрольної роботи можна виконати розв'язання кількох тестових завдань, що базуватимуться на вивченому матеріалі.

Учитель може підібрати до цієї частини уроку й якісні, й розрахункові задачі. Складність задач залежить від здібностей учнів кожного конкретного класу.

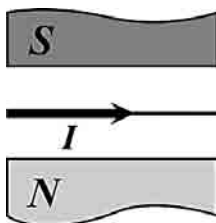
У кожній із запропонованих задач учні вибирають один правильний розв'язок.



1. Металевий стрижень підвешений за кінці на двох пружинах між полюсами дугоподібного магніту.



- А** Коли через стрижень потече струм, як показано на рисунку, стрижень почне переміщатися вгору.
- Б** Магнітні лінії спрямовані згори донизу.
- В** У разі зменшення сили струму в стрижні сила Ампера збільшується.
- Г** Коли через стрижень потече струм, як показано на рисунку, стрижень почне переміщатися вниз.
2. Провідник зі струмом поміщений між полюсами постійного магніту, як показано на рисунку.

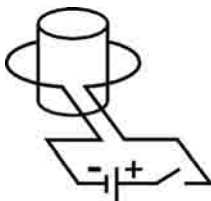


- А** Магнітне поле між полюсами магніту спрямовано донизу.
- Б** На провідник діятиме сила, спрямована перпендикулярно площині креслення до нас.
- В** Якщо силу струму в провіднику збільшити вдвічі, сила, що діє на провідник, зменшиться вдвічі.
- Г** На провідник діятиме сила, спрямована перпендикулярно площині креслення від нас.

3. Що доводить дослід Ерстеда?



- А Те, що біля провідника зі струмом існує електричне поле.  
 Б Те, що біля провідника зі струмом існує магнітне поле.  
 В Те, що біля провідника зі струмом відсутнє магнітне поле.  
 Г Те, що між стрілкою й провідником діє гравітаційна сила.
4. На рисунку наведено схематичне зображення короткозамкненої котушки, що охоплює дрововий виток із джерелом струму та ключем.



- А Індукційний струм у котушці буде існувати увесь час, поки ключ замкнеть.  
 Б Під час замикання ключа в котушці на короткий час виникає індукційний струм.  
 В Якщо розімкнути ключа, магнітне поле навколо дровового витка не змінюється.  
 Г Якщо розімкнути ключа, в котушці індукційний струм виникати не буде.

### Домашнє завдання

- Підр.: §§ 24 — 30.
- 36.:

**рів1** — № 15.11; 15.12; 15.13.

**рів2** — № 15.14; 15.19; 15.20; 15.22, 15.23.

**рів3** — № 15.24, 15.25; 15.26; 15.27; 15.28.

- Д.: підготуватися до контрольної роботи № 3.

## Урок 10/47

**Тема.** Тематичне оцінювання знань по темі: «Магнітне поле»

**Мета уроку:** контроль та оцінювання знань, умінь і навичок учнів по вивченій темі.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

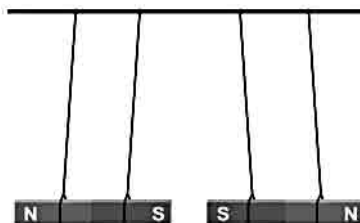
### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Підсумкове тематичне оцінювання можна провести у вигляді тестування або звичайної контрольної роботи. Тестування учнів можна виконати на уроці в класі, а контрольну роботу задати додому. Можна запропонувати учням виконати й контрольну роботу і тестування на двох уроках (якщо у вчителя є така можливість).

Як приклад наводимо два варіанти контрольної роботи.

#### Варіант 1

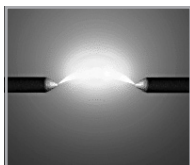
1. (1 бал) Два магніти підвішені на нитках на невеликій відстані один від одного.



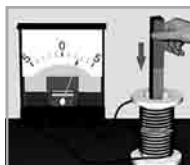
- А Північний полюс магніту пофарбований червоним кольором і позначений буквою *S*.
  - Б Південний полюс магніту пофарбований синім кольором і позначений буквою *N*.
  - В Якщо розпилити смуговий магніт, то вийде два маленьких магніти, у яких знову буде два полюси.
  - Г Якщо розпилити смуговий магніт, то вийде два маленьких магніти, один із яких матиме тільки північний полюс, інший — тільки південний.
2. (1 бал) Укажіть, у якому випадку спостерігається явище електромагнітної індукції.



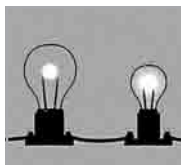
А



Б

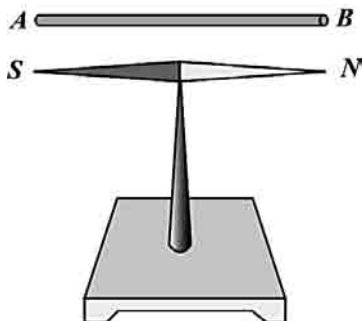


В

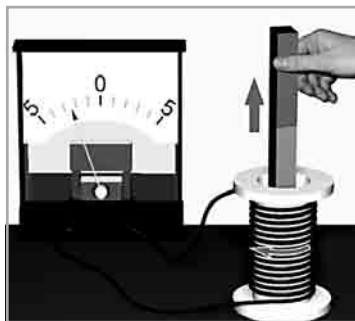


Г

- А** При електричному розряді між кульками електрофорної машини.
- Б** При дуговому розряді між вугільними електродами.
- В** У разі внесення смугового магніту в замкнуту котушку.
- Г** При протіканні електричного струму через нитки розжарення лампочок.
3. (2 бали) Бліскавка вдарила в шухляду зі сталевими ножами й розбила її. Після цього ножі виявилися намагніченими. Поясніть це явище.
4. (2 бали) Чи зміниться поведінка магнітної стрілки, що знаходиться поблизу проводу зі струмом, якщо напрямок струму в проводі змінити? Чому?
5. (3 бали) У якому напрямку треба пропустити струм через провідник  $AB$ , щоб магнітна стрілка  $SN$  повернулася північним полюсом до спостерігача?



До задачі 5

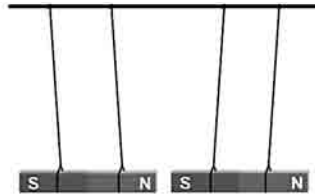


До задачі 6

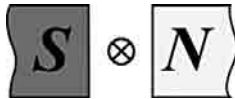
6. (3 бали) Від чого залежить величина індукційного струму в котушці при введенні постійного магніту всередину котушки? Напрямок індукційного струму?

**Варіант 3**

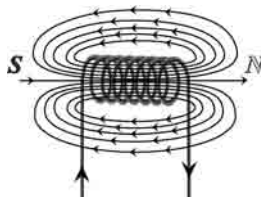
1. (1 бал) Два магніти підвішені на нитках на невеликій відстані один від одного.



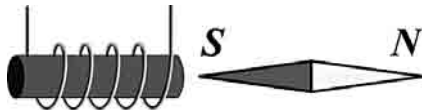
- А** Частину магніту, поблизу якої найбільше виявляється дія магніту, називають полюсом магніту.  
**Б** Різнойменні полюси відштовхуються.  
**В** Однойменні полюси притягуються.  
**Г** Взаємодія полюсів магнітів являє собою електричну взаємодію.
2. (1 бал) На рисунку показаний провідник зі струмом, що знаходиться в магнітному полі. Струм у провіднику спрямований від спостерігача.



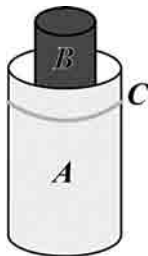
- А** Магнітне поле між полюсами магніту спрямовано зліва направо.  
**Б** Сила, що діє на провідник, спрямована вгору.  
**В** Сила, що діє на провідник, спрямована донизу.  
**Г** Сила, що діє на провідник, спрямована вправо.
3. (2 бали) На рисунку зображена котушка зі струмом. За розташуванням магнітних ліній визначте полюси котушки. Поясніть свою відповідь.



4. (2 бали) Між полюсами сильного електромагніту швидко обертають кільце, зроблене з мідного дроту. При цьому кільце нагрівається. Чому?
5. (3 бали) Укажіть напрямок електричного струму в котушці.



6. (3 бали) На вставлене у котушку *A* вертикальне осердя *B* надягнуто мідне кільце *C* (див. рисунок). При підключенні котушки до джерела струму кільце підстрибує. Поясніть це явище.



## ЯДЕРНА ФІЗИКА

### 4. Атомне ядро. Ядерна енергетика

- Будова атома. Атомне ядро
- Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду
- Ядерна енергетика

### Тематичне планування

№ з/п	Тема уроку	Дата проведення
1	Атом та атомне ядро	
2	Склад радіоактивного випромінювання	
3	Радіоактивні перетворення атомних ядер	
4	Закон радіоактивного розпаду	
5	Експериментальне вивчення структури атома	
6	Експериментальні методи реєстрації заряджених частинок	
7	Ядерний реактор	
8	Ядерна енергетика	
9	Біологічна дія радіоактивних випромінювань	
10	Лабораторна робота № 11 «Вивчення будови побутового дозиметра й проведення дозиметричних вимірювань на місцевості»	
11	Екологічні проблеми атомної енергетики	
12	Боротьба за ліквідацію загрози ядерної війни	
13	Узагальнюючий урок	
14	Тематичне оцінювання знань	

## Урок 1/48

**Тема.** Атом і атомне ядро

**Мета уроку:** ознайомити учнів з відкриттям явища природної радіоактивності.

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

### План уроку

Демонстрації	5 хв	1. Відеофрагмент: «Відкриття природної радіоактивності»
Вивчення нового матеріалу	30 хв	1. Історична довідка. 2. Будова атома. 3. Радіоактивність як свідчення складної будови атомів
Закріплення вивченого матеріалу	10 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі.

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Історична довідка

Відкриття, зроблені наприкінці 19-го і на початку 20-го століття, заклали основу нових і зовсім несподіваних уявлень про будову нашого світу. Для фізики найбільш важливим з них було відкриття радіоактивності 1896 року.

Послідовне вивчення радіоактивності дозволило вченим «зазирнути» усередину атомів, відкрити закони, що діють у світі атомів, і запропонувати наочні моделі, що дають уявлення про склад і будову атома. У результаті відкрилася можливість створити нові джерела енергії, матеріали з незвичайними властивостями та сучасні комп'ютери; установити вік Землі, хімічний склад зірок і причину їхнього тривалого випромінювання; висунути гіпотези про походження й майбутнє Всесвіту.

У сучасній фізиці є рік, що називають «роком чудес». Це 1932-й рік. Одним з таких «чудес» цього року було відкриття нейтрона й створення нейтронно-протонної моделі атомного ядра. У результаті відбулося виділення з атомної фізики самостійного напрямку, що й досі бурхливо розвивається, — ядерної фізики.

Ядерна фізика вивчає структуру й властивості атомних ядер. Вона досліджує також взаємоперетворення атомних ядер, що від-



буваються в результаті як радіоактивних розпадів, так і різних ядерних реакцій. З ядерною фізикою тісно пов'язана фізика елементарних частинок, фізика і техніка прискорювачів заряджених частинок, ядерна енергетика.

## 2. Будова атома

Історію виникнення найзагальніших уявлень про атом зазвичай ведуть з часів грецького філософа Демокрита (близько 460—370 до н.е.), що багато розмірковував про найменші частинки, на які можна було б поділити будь-яку речовину.

Атоми, що спочатку вважалися неподільними, являють собою складні системи. Вони мають масивне ядро, що складається з протонів і нейтронів, навколо якого в порожньому просторі рухаються електрони. Атоми дуже малі — їхні розміри близько  $10^{-10}$ – $10^{-9}$  м, а розміри ядра приблизно ще в 100 000 разів менше ( $10^{-15}$ – $10^{-14}$  м). Тому атоми можна «побачити» тільки у непрямий спосіб, на зображенні з дуже великим збільшенням (наприклад, за допомогою автоелектронного проектора). Але й у цьому випадку атоми не вдається розглянути детально. Наші знання про їхню внутрішню будову засновані на величезній кількості експериментальних даних, що опосередковано, але переконливо свідчать на користь сказаного вище.

Атомне ядро складається з нуклонів — позитивно заряджених протонів і нейтральних нейтронів, що зв'язані між собою сильною взаємодією.

Для характеристики атомних ядер вводиться ряд позначень. Число протонів, що входять до складу атомного ядра, позначають символом  $Z$  і називають зарядовим числом або атомним номером (це порядковий номер у періодичній таблиці Менделєєва). Заряд ядра дорівнює  $Ze$ , де  $e$  — елементарний заряд. Число нейтронів позначають символом  $N$ .

Загальне число нуклонів (тобто протонів і нейтронів) називають масовим числом  $A$ :  $A = Z + N$ .

## 3. Радіоактивність як свідчення складної будови атомів

Наприкінці XIX століття з'явилися факти, які свідчили про те, що атом має складну будову. Особливо це стало очевидно після того, як французький вчений Анрі Беккерель 1896 р. знайшов,

що солі урану є джерелом невідомого на той час випромінювання. Випробувавши різні хімічні сполуки урану, він установив, що солі урану випускають невидимі промені, які сильно іонізують повітря, діють на фотопластинку, проникають через папір, картон і навіть метал і викликають деякі інші явища.

1898 р. учені П'єр Кюрі та Марія Кюрі-Склодовська відкрили два нових хімічних елементи (Радій і Полоній), у яких випромінювання, аналогічне випромінюванню урану, було значно сильнішим.

► *Радіоактивність — здатність атомів деяких хімічних елементів до мимовільного випромінювання.*

Хімічні елементи, що володіють радіоактивністю, називаються радіоактивними елементами.

Явище радіоактивності завжди супроводжується виділенням енергії. Виявилось, що 1 г радію виділяє 600 Дж енергії.

Експериментальні дослідження довели, що на явище радіоактивності не мають впливу такі зовнішні чинники, що могли б подіяти на електронну оболонку атома (нагрівання, електричні й магнітні поля, хімічні сполуки, агрегатний стан і т. ін.). Отже, радіоактивність обумовлена лише структурою атома. З'ясувалося, що радіоактивність — властивість деяких атомних ядер мимоволі перетворюватися в інші ядра з випускненням частинок.

1903 р. Є. Резерфорд і його співробітник Ф. Содді відзначили, що явище радіоактивності супроводжується перетворенням одного хімічного елемента на інший, наприклад, Радію на Радон.

### **Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

❓ *Перелічіть факти й явища, що підтверджують складність будови атома.*

❓ *Як стали називати здатність атомів деяких хімічних елементів до мимовільного випромінювання?*

❓ *Про що свідчило явище радіоактивності?*

### **ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

1. Якісні питання

1. Як пояснити той факт, що кілька однойменно заряджених частинок утримуються в складі одного ядра на дуже близькій відстані?

2. Чому на радіоактивність не впливають зовнішні факти?
  3. Що є головною характеристикою визначеного хімічного елемента?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
1. У ядрі атома Карбону міститься 12 частинок. Навколо ядра рухаються 6 електронів. Скільки в ядрі цього атома протонів і нейтронів?
  2. У ядрі атома Бору 5 протонів і 6 нейтронів. Скільки електронів у цьому атомі?
  3. У ядрі атома певного хімічного елемента 31 протон і 39 нейтронів. Що це за елемент?

### Що ми дізналися на уроці

- Атоми дуже малі — їхні розміри близько  $10^{-10}$ – $10^{-9}$  м, а розміри ядра ще приблизно в 100 000 разів менше ( $10^{-15}$ – $10^{-14}$  м).
- Атомне ядро складається з нуклонів — позитивно заряджених протонів і нейтральних нейтронів, що зв'язані між собою за допомогою сильної взаємодії.
- Радіоактивність — здатність атомів деяких хімічних елементів до мимовільного випромінювання.
- Хімічні елементи, що мають радіоактивність, називаються радіоактивними елементами.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 31.

2. Зб.:

**рів1** — № 16.1; 16.3; 16.4; 16.5; 16.6.

**рів2** — № 16.13; 16.15; 16.16; 16.19, 16.20.

**рів3** — № 16.34, 16.35; 16.36; 16.37; 16.38.

## Урок 2/49

**Тема.** Склад радіоактивного випромінювання

**Мета уроку:** ознайомити учнів із властивостями радіоактивного випромінювання.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	1. Які частинки входять до складу атома? Атомного ядра? 2. Як визначити число нуклонів у ядрі? Число протонів? Число нейтронів? 3. Про що свідчило явище радіоактивності?
<b>Демонстрації</b>	7 хв	1. Таблиця «Альфа-, бета- і гамма-промені». 2. Відеофрагмент «Відкриття природної радіоактивності»
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	27 хв	1. $\alpha$ -випромінювання. 2. $\beta$ -випромінювання. 3. $\gamma$ -випромінювання
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	6 хв	Контрольні питання

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. $\alpha$ -випромінювання

Після відкриття радіоактивних елементів почалося дослідження фізичної природи їхнього випромінювання.

Коли в руках дослідників виявилися потужні джерела радіації, у мільйони разів сильніші, ніж уран (це були препарати радію, полонію, актинію), можна було більш докладно ознайомитися з властивостями радіоактивного випромінювання. У перших дослідженнях з цієї теми найактивнішу участь узяли Ернест Резерфорд, подружжя Марія і П'єр Кюрі, А. Беккерель, інші учені.

1899 р. Резерфорд, вивчаючи йонізуючу здатність радіоактивного випромінювання, знайшов, що воно неоднорodne й складається з двох частин, які він назвав  $\alpha$ - і  $\beta$ -променями.

1900 р. французький фізик П. Віллард установив, що до складу радіоактивного випромінювання входить і третя складова, котру він назвав  $\gamma$ -променями.

Таким чином,

► було встановлено, що радіоактивне випромінювання складається з  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -променів.

Альфа-частинка — позитивно заряджена частинка, утворена 2 протонами й 2 нейтронами, ідентична ядру атома Гелію.

Альфа-частинки, утворені під час розпаду ядра, мають початкову кінетичну енергію в діапазоні 1,8—15 МеВ. Під час руху альфа-частинки в речовині вона створює сильну йонізацію й у результаті дуже швидко втрачає енергію. Енергії альфа-частинок, що виникають у результаті радіоактивного розпаду, не вистачає навіть для подолання шару шкіри, тому радіаційний ризик у разі зовнішнього опромінення такими альфа-частинками відсутній. Однак проникнення альфа-активних радіонуклідів усередину тіла, коли опроміненню піддаються безпосередньо тканини організму, дуже небезпечно для здоров'я. Небезпечно для здоров'я також зовнішнє опромінення високоенергетичними альфа-частинками, джерелом яких є прискорювач.

Альфа-частинки складають істотну частину первинних космічних променів; більшість з них є прискореними ядрами гелію (із зоряних атмосфер і міжзоряного газу), деякі виникли в результаті ядерних реакцій сколювання з більш важких ядер космічних променів. Альфа-частинки високих енергій можуть бути отримані за допомогою прискорювачів заряджених частинок.

Маса альфа-частинки складає  $6,64 \cdot 10^{-27}$  кг.

## 2. $\beta$ -випромінювання

Негативно заряджені бета-частинки є потоком електронів, які швидко летять.

Бета-промені під дією електричних і магнітних полів відхиляються від прямолінійного напрямку. Швидкість частинок у бета-променях близька до швидкості світла. Бета-промені здатні іонізувати гази, викликати хімічні реакції, люмінесценцію, діяти на фотопластинки.

Значні дози бета-випромінювання можуть викликати променево-опіки шкіри й призвести до променевої хвороби. Ще більш небезпечно опромінення від бета-активних радіонуклідів, що потрапили всередину організму.

Бета-випромінювання має значно більшу проникну здатність, ніж альфа-випромінювання.

### 3. $\gamma$ -випромінювання

Гамма-випромінювання, ( $\gamma$ -промені) — вид електромагнітного випромінювання з надзвичайно маленькою довжиною хвилі.

Гамма-промені, на відміну від  $\alpha$ -променів і  $\beta$ -променів, не відхиляються електричними й магнітними полями і характеризуються більшою проникною здатністю за рівних енергій та інших рівних умов. Гамма-промені викликають іонізацію атомів речовини.

Опромінення гамма-променями залежно від дози й тривалості може викликати хронічну й гостру променевою хворобу, спричинити виникнення різних видів онкологічних захворювань. У той же час гамма-опромінення пригнічує зростання ракових та інших клітин, що швидко діляться.

#### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** Як стали називати здатність атомів деяких хімічних елементів до мимовільного випромінювання?
- ?** Чому для з'ясування складу радіоактивного випромінювання використовувалося магнітне поле?
- ?** Яке з трьох  $\alpha$ - ,  $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінювань не відхиляється магнітним та електричним полями?

#### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

##### 1. Якісні питання

1. Назвіть види радіоактивного випромінювання в порядку зростання їхньої проникної здатності?
2. Яка особливість радіоактивного випромінювання здавалася фізикам найбільш загадковою?
3. На що витрачається кінетична енергія  $\alpha$ -частинок, що пролітають через речовину?
4. Порівняйте  $\alpha$ - і  $\beta$ -випромінювання: що між ними спільного й у чому відмінності цих видів випромінювання?
5. Порівняйте  $\alpha$ - і  $\gamma$ -випромінювання: що між ними спільного й у чому відмінності?
6. Порівняйте  $\beta$ - і  $\gamma$ -випромінювання: що між ними спільного й у чому відмінності?

**Що ми дізналися на уроці**

- ?** Було встановлено, що радіоактивне випромінювання складається з  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -променів.
- ?** Альфа-промені являють собою потік позитивно заряджених частинок.
- ?** Бета-промені являють собою потік електронів, що швидко летять.
- ?** Гамма-промені — електромагнітні хвилі високої частоти, що не змінюють у магнітному полі свого первинного напрямку.

**Домашнє завдання**

1. Підр.: §§ 32.

2. **Зб.:**

**рів1** — № 17.1; 17.2; 17.3; 17.4; 17.5.

**рів2** — № 17.6; 17.7; 17.10; 17.11, 17.12.

**рів3** — № 17.26, 27.35; 17.28; 17.29.

## Урок 3/50

**Тема.** Радіоактивні перетворення атомних ядер

**Мета уроку:** розкрити природу радіоактивного розпаду та його закономірності.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	6 хв	1. Які властивості $\alpha$ -випромінювання? 2. Які властивості $\beta$ -випромінювання? 3. Які властивості $\gamma$ -випромінювання?
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	32 хв	1. Радіоактивний розпад. 2. Масове й зарядове числа. 3. $\alpha$ -розпад. 4. $\beta$ -розпад
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	7 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Радіоактивний розпад

Чим же пояснюється радіоактивність? Яке походження радіоактивних променів? І, нарешті, що ж відбувається з речовиною під час радіоактивного розпаду?

У 1902–1903 рр. Ернест Резерфорд і його співробітник, англійський хімік Фредерик Содді, припустили, що радіоактивність пов'язана з перетвореннями атомів радіоактивної речовини на інші атоми. Розрахунки показували, що радіоактивні речовини безупинно протягом тисячоліть випромінюють незначні кількості енергії, практично не змінюючись. Так, 1903 р. П'єр Кюрі визначив, що 1 г радію виділяє за 1 рік близько 582 Дж енергії.

Звідки ж береться енергія, на виділення якої не здійснюють жодного впливу всі відомі чинники? Очевидно, радіоактивна речовина зазнає якихось глибоких зміни, цілком відмінних від звичайних хімічних перетворень. Було зроблене припущення, що перетворень зазнають самі атоми.

Після того як 1911 р. Резерфордом була запропонована ядерна модель атома, стало очевидним, що саме ядро зазнає змін під



час радіоактивних перетворень. Дійсно, якби зміни стосувалися тільки електронної оболонки атома (наприклад, втрата одного чи кількох електронів), то атом перетворювався б на йон того ж самого хімічного елемента, а зовсім не на атом іншого елемента з іншими фізичними й хімічними властивостями. До того ж  $\alpha$ -частинок узагалі немає в електронній оболонці.

Таким чином, було виявлено, що в результаті атомного перетворення утворюється речовина абсолютно нового виду, цілком відмінна за своїми фізичними й хімічними властивостями від первинної речовини. Ця нова речовина, однак, сама також нестійка і зазнає перетворень з випускненням характерного радіоактивного випромінювання.

➤ *Радіоактивність являє собою мимовільне перетворення одних атомних ядер на інші, що супроводжується випускненням різних частинок.*

## 2. Масове й зарядове числа

Як одиниця маси в атомній і ядерній фізиці використовується атомна одиниця маси (а. о. м.).

Атомна одиниця маси дорівнює  $1/12$  маси атома вуглецю атомною масою 12.

$$1 \text{ а. о. м.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Ціле число, найближче до атомної маси, вираженої в а. о. м., називається масовим числом і позначається буквою  $A$ .

Наприклад, для заліза  $A = 56$ , для азоту  $A = 14$ .

Число протонів у ядрі називається зарядовим числом і позначається буквою  $Z$ .

Наприклад, для заліза  $Z = 26$ , для азоту  $Z = 7$ .

Зарядове число чисельно дорівнює заряду ядра, вираженому в елементарних електричних зарядах. Для кожного хімічного елемента зарядове число дорівнює атомному (порядковому) номеру в таблиці Д. І. Менделєєва.

Якщо під  $X$  мається на увазі символ хімічного елемента, то ядро будь-якого хімічного елемента в загальному вигляді позначається так:  ${}^A_Z X$ .

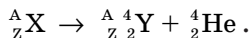
Наприклад, для заліза:  ${}^{56}_{26} \text{Fe}$ , для азоту:  ${}^{14}_7 \text{N}$ , для урану:  ${}^{235}_{92} \text{U}$   
і т. ін.

Число нейтронів у ядрі позначають буквою  $N$ . Оскільки масове число  $A$  являє собою загальне число протонів і нейтронів у ядрі, то число нейтронів у ядрі можна знайти в такий спосіб:  $N = A - Z$ .

### 3. $\alpha$ -розпад

Перетворення атомних ядер, що супроводжується випускненням  $\alpha$ -часток, називаються  $\alpha$ -розпадом.

Схема  $\alpha$ -розпаду така:



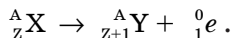
➤ *Альфа-розпад зменшує масове число на 4, а зарядове число на 2, тобто переміщує елемент на дві клітинки до початку періодичної системи.*



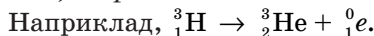
### 4. $\beta$ -розпад

Перетворення атомних ядер, що супроводжуються випускненням  $\beta$ -часток, називаються  $\beta$ -розпадом.

При  $\beta$ -розпаді:



➤ *Бета-розпад не змінює масового числа, а зарядове число збільшує на 1, тобто зміщує елемент на одну клітинку ближче до кінця періодичної системи.*



Правило зміщення для  $\alpha$ - і  $\beta$ -розпадів сформулювали незалежно один від одного американський фізик Казиміж Фаянс і англійський хімік Фредерик Содді 1913 р.

$\alpha$ -розпад і  $\beta$ -розпад є наслідками двох законів збереження, що виконуються під час радіоактивних перетворень, — збереження електричного заряду і масового числа:

➤ *сума зарядів (масових чисел) продуктів розпаду дорівнює заряду (масовому числу) вихідного ядра.*

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

? *Яка частина атома — ядро чи електронна оболонка — зазнає змін під час радіоактивного розпаду? Чому ви так вважаєте?*

- ❓ Як пов'язані між собою масове число, зарядове число та число нейтронів у ядрі?
- ❓ Які з відомих вам законів збереження виконуються під час радіоактивного розпаду?
- ❓ Яким видом випромінювання часто супроводжується  $\alpha$ - і  $\beta$ -розпад?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

- Якісні питання
  - Чому атомний номер Радону на дві одиниці менше за атомний номер Радію?
  - Чи змінюється масове число ядра при  $\beta$ -розпаді? Чому?
  - Яким видом випромінювання часто супроводжується  $\alpha$ - і  $\beta$ -розпади?
  - Як визначити масове число ядра атома, користуючись Періодичною системою елементів Д. І. Менделєєва?
- Навчаємося розв'язувати задачі
  - Визначте масу (в а. о. м. з точністю до цілих чисел) і заряд (в елементарних зарядах) ядер атомів таких елементів: Кальцію  ${}_{20}^{40}\text{Ca}$  і Літійу  ${}_{3}^6\text{Li}$ .
  - Визначте, ядро якого хімічного елемента X утвориться в результаті такої реакції  $\beta$ -розпаду:
 
$${}_{6}^{14}\text{C} \rightarrow \text{X} + {}_{-1}^0\text{e}?$$
  - Ядро ізотопу  ${}_{83}^{211}\text{Bi}$  вийшло з іншого ядра після послідовних  $\alpha$ - і  $\beta$ -розпадів. Що це за ядро?
  - Скільки  $\alpha$ - і  $\beta$ -розпадів відбувається в результаті перетворення Радію-226 у Плюмбум-206?

## Що ми дізналися на уроці

- Радіоактивність являє собою мимовільне перетворення одних атомних ядер на інші, що супроводжується випускненням різних частинок.
- Альфа-розпад зменшує масове число на 4, а зарядове число на 2, тобто переміщає елемент на дві клітинки до початку періодичної системи.

- Бета-розпад не змінює масового числа, а зарядове число збільшує на 1, тобто зміщує елемент на одну клітинку ближче до кінця періодичної системи.
- Сума зарядів (масових чисел) продуктів розпаду дорівнює заряду (масовому числу) вихідного ядра.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 33.

2. Зб.:

рів1 — № 17.8; 17.9; 17.13; 17.14.

рів2 — № 17.19; 17.21; 17.23; 17.25, 17.26.

рів3 — № 17.30, 17.31; 17.32; 17.33; 17.34.

3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 15.

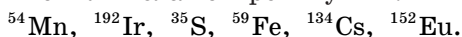
### Задачі із самостійної роботи № 15 «Будова атома. Атомне ядро»

#### *Середній рівень*

1. У ядрі атома Цинку 65 частинок, з них 30 протонів. Скільки нейтронів у ядрі й скільки електронів обертається навколо ядра цього атома?
2. Який склад ядра атома Алюмінію  $^{27}_{13}\text{Al}$ ?

#### *Достатній рівень*

1. Ядро атома й електрони мають різні знаки зарядів, отже, притягуються один до одного. Чому ж електрони не падають на ядра атомів?
2. Розташуйте перераховані нижче атомні ядра: а) по мірі збільшення масового числа; б) по мірі збільшення заряду ядра; в) по мірі збільшення числа нейтронів у них.



#### *Високий рівень*

1. Яким числом — зарядовим чи масовим — визначаються хімічні властивості елемента? Чим це пояснюється?
2. З огляду на співвідношення розмірів ядра й електронної оболонки, атом часто називають «ажурним». Що більш ажурне — Сонячна система чи атом?

## Урок 4/51

**Тема.** Закон радіоактивного розпаду

**Мета уроку:** ознайомити учнів із законом радіоактивного розпаду.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

Контроль знань	12 хв	Самостійна робота № 15 «Будова атома. Атомне ядро»
Вивчення нового матеріалу	25 хв	1. Причини радіоактивного розпаду. 2. Період напіврозпаду. 3. Закон радіоактивного розпаду
Закріплення вивченого матеріалу	8 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Причини радіоактивного розпаду

Було встановлено, що під час радіоактивного випромінювання реалізується мрія алхіміків: випромінювання супроводжується перетворенням одних хімічних елементів на інші.

Намагаючись пояснити явища, що спостерігаються, Е. Резерфорд і його співробітник Ф. Содді висунули гіпотезу, відповідно до якої причиною радіоактивного випромінювання є мимовільний розпад атомів.

З гіпотези Резерфорда й Содді випливало, що кожен атом радіоактивної речовини — це «сховище» енергії. Під час розпаду атома частина енергії зі «сховища» несеться  $\alpha$ - і  $\beta$ -частками і  $\gamma$ -променями, а енергія, що залишилася, зберігається в новому атомі, що утворився в результаті розпаду. Стало очевидним, що енергія, що вивільнюється під час радіоактивного розпаду, міститься не просто в атомах, а в атомних ядрах.

#### 2. Період напіврозпаду

Резерфорд, досліджуючи перетворення радіоактивних речовин, установив дослідним шляхом, що їхня активність зменшується з часом. Так, активність радону зменшується вдвічі вже за 1 хв.

Для кожної радіоактивної речовини існує визначений інтервал часу, протягом якого активність зменшується вдвічі.

► *Період напіврозпаду  $T$  — це час, протягом якого розпадається половина наявного числа радіоактивних атомів.*

Наприклад, для ядра  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  період напіврозпаду складає близько 1600 років. Отже, якщо взяти 1 г радію, то через 1600 років його буде 0,5 г, а через 3200 років — 0,25 г. Таким чином, вихідна кількість радію повинна перетворитися на нуль через нескінченний проміжок часу.

У різних речовин період напіврозпаду дуже різний: від мільйонних часток секунди до мільярдів років. Чим менше період напіврозпаду, тим активніше протікає розпад.

Радіоактивна речовина	Період напіврозпаду	Радіоактивна речовина	Період напіврозпаду
Полоній	$3 \cdot 10^{-7}$ с	Стронцій	27 років
Радон	52 с	Радій	1622 роки
Каліфорній	55 діб	Уран	$4,5 \cdot 10^9$ років
Кобальт	5,26 року	Торій	$1,4 \cdot 10^{10}$ років

З таблиці видно, що активність полонію зменшується вдвічі майже миттєво, стронцію — за 27 років, а активність радію, урану і торію не змінюється протягом людського життя.

### 3. Закон радіоактивного розпаду

Нехай число радіоактивних атомів у початковий момент часу ( $t=0$ ) дорівнює  $N_0$ . Через час  $t_1 = T$  число ядер, що не розпалися,

дорівнює  $N_1 = \frac{N_0}{2}$ , через  $t_2 = 2T$  залишиться  $\frac{N_0}{2^2}$ , через  $t_3 = 3T$  та-

ких ядер виявиться  $\frac{1}{2} \frac{N_0}{2^2} = \frac{N_0}{2^3}$  і т. ін. Отже, наприкінці проміж-

ку часу  $t = nT$  ядер, що не розпалися, залишиться  $\frac{N_0}{2^n}$ . Оскільки

$n = \frac{t}{T}$ , то закон радіоактивного розпаду набуває вигляду:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

За цією формулою знаходять число атомів, що не розпалися, у будь-який момент часу. Період напіврозпаду — стала величина, що не може бути змінена такими доступними впливами, як охолодження, нагрівання, тиск тощо.

Закон розпаду атомів не є законом, що керує розпадом одного атома, тому що не можна вгадати, коли відбудеться цей розпад.

Розпад атома не залежить від його віку, тобто атоми «не старіють».

Розпад будь-якого атомного ядра — це, так би мовити, не «смерть від старості», а «нещасливий випадок» у його житті. Для радіоактивних атомів не існує поняття віку. Можна визначити лише середню тривалість життя  $\tau$ .

$$\tau = \frac{T}{\ln 2} = \frac{T}{0,7} \approx 1,44T .$$

Середня тривалість життя — це просто середнє арифметичне тривалості життя досить великої кількості атомів даного виду. Передбачити, коли відбудеться розпад даного атома, неможливо. Закон радіоактивного розпаду визначає середнє число атомів, що розпадаються за певний інтервал часу. Закон радіоактивного розпаду є статистичним законом.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** Чим відрізняються радіоактивні атоми від нерадіоактивних?
- ?** Яка причина радіоактивного розпаду?
- ?** Що розуміють під періодом напіврозпаду?
- ?** Чи існує вік у радіоактивних атомів?

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  1. Чому не визначають час повного розпаду всіх ядер?
  2. Чи правильним є твердження, що чим довше існує атом, тим більше ймовірність його розпаду?
  3. Лічильник реєструє  $\beta$ -частки радіоактивного препарату. Чи спрацьовує лічильник через однакові інтервали часу?

2. Навчаємося розв'язувати задачі
1. Дві різні речовини містять однакове число  $N$  радіоактивних атомів. Період напіврозпаду першої з них 1 рік, другої — 4 роки. Яка з речовин більш активна?
2. Існує певна кількість радіоактивного ізотопу срібла. Маса радіоактивного срібла зменшилася у 8 разів за 810 діб. Визначте період напіврозпаду радіоактивного срібла.

Розв'язання:  $m = m_0 2^{-t/T}$ , звідки  $2^{-t/T} = \frac{m}{m_0}$  або  $2^{-810/T} = \frac{1}{8}$ .

Тоді  $2^{-810/T} = 2^{-3}$ , звідки  $T = \frac{810}{3} = 270$  (діб).

3. Скільки за масою радіоактивної речовини залишиться через три доби, якщо спочатку її було 100 г? Період напіврозпаду речовини дорівнює дві доби. (Відповідь: 35,4 г.)

### Що ми дізналися на уроці

- ?** *Період напіврозпаду  $T$  — це час, протягом якого розпадається половина наявного числа радіоактивних атомів.*
- ?** *Закон радіоактивного розпаду:*

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}.$$

- ?** *Розпад атома не залежить від його віку, тобто атоми «не старіють».*

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 33, конспект уроку.
2. 36.:

**рів1** — № 17.20; 17.21; 17.22; 17.23; 17.24.

**рів2** — № 17.25; 17.35; 17.36; 17.37, 17.38.

**рів3** — № 17.40, 17.41; 17.42; 17.44; 17.45.



## Урок 5/52

**Тема.** Експериментальне вивчення структури атома

**Мета уроку:** дати учням знання про будову атома, ознайомити їх із планетарною моделлю атома по Резерфорду.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	5 хв	1. Яка причина радіоактивного розпаду? 2. Що розуміють під періодом напіврозпаду? 3. Закон радіоактивного розпаду
<b>Демонстрації</b>	6 хв	1. Таблиці зі схемою досліду Резерфорда і схемою планетарної моделі атома. 2. Відеофільм «Дослід Резерфорда»
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	28 хв	1. Модель атома Томсона. 2. Досліди Резерфорда. 3. Ядерна модель атома Резерфорда. 4. Ядерні перетворення
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	6 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Модель атома Томсона

До 1902 р. було проведено достатньо експериментів, що переконливо довели, що електрон є однією з основних складових частин будь-якої речовини.

Джозеф Джон Томсон показав на основі класичної електромагнітної теорії, що розміри електрона повинні бути порядку  $10^{-15}$  м. Крім того, було відомо, що розміри атомів дорівнюють кільком ангстремам (один ангстрем дорівнює  $10^{-10}$  м). На цій підставі Томсон 1903 р. запропонував модель атома, відповідно до якої атоми являють собою однорідні кулі з позитивно зарядженої речовини, у якій знаходяться електрони. Сумарний заряд електронів дорівнює позитивному заряду атома. Тому атом у цілому електрично нейтральний.

Ця модель одержала назву «пудинг», тому що електрони були вкраплені в позитивно заряджене середовище, як родзинки в пудингу.

Відхилення електрона в атомі від положення рівноваги призводить до виникнення повертальної сили. Тому електрон, виведений певним чином з положення рівноваги, здійснює коливання, а тому є джерелом електромагнітного випромінювання.

Модель Томсона здавалася привабливою з тої точки зору, що припускала наявність електронів в атомі. Однак вона проіснувала тільки до 1911 року.

## 2. Досліди Резерфорда

1911 р. Резерфорд запропонував своїм співробітникам експериментально перевірити переконливість моделі атома Томсона. Ідея досліду була проста. Якщо модель атома Томсона відповідає дійсності, то, пропускаючи через дуже тонку металеву плівку вузький пучок швидких  $\alpha$ -частинок, експериментатори не повинні знайти скільки-небудь помітного відхилення цих частинок.

Резерфорд установив, що кожна  $\alpha$ -частинка, потрапляючи на екран із сірчистого цинку, викликає спалах світла. Зазнавши розсіювання в золотій фользі,  $\alpha$ -частинки вдарялися потім об екран і реєструвалися за допомогою мікроскопа.

Слід було очікувати, що пучок  $\alpha$ -частинок, проходячи через тонку фольгу, злегка розпливеться на невеликі кути. Таке розсіювання на малі кути дійсно спостерігалось, але зовсім неочікувано виявилося, що приблизно одна  $\alpha$ -частинка з 20 000, що падають на золоту фольгу завтовшки лише  $4 \cdot 10^{-5}$  см, повертається назад у бік джерела.

Резерфорду знадобилося кілька років, щоб остаточно зрозуміти настільки несподіване розсіювання  $\alpha$ -частинок на великі кути. Він дійшов висновку, що позитивний заряд атома зосереджений у дуже малому об'ємі в центрі атома, а не розподілений по всьому атому, як у моделі Томсона.

## 3. Ядерна модель атома Резерфорда

Резерфорд запропонував ядерну («планетарну») модель атома:

- атоми будь-якого елемента складаються з позитивно зарядженої частини, що одержала назву ядра;
- до складу ядра входять позитивно заряджені елементарні частинки — протони (пізніше було встановлено, що і нейтральні нейтрони);

- навколо ядра обертаються електрони, що утворюють так звану електронну оболонку.

Користуючись схемою, учитель може пояснити спочатку будову атома Гідрогену, що має тільки один протон і один електрон. Потім розглядаємо ядерну модель будови більш складних атомів — Гелію і Літію. Як вправу можна запропонувати розглянути будову атомів ряду більш складних елементів.

Необхідно відзначити, що атом, який втратив (чи здобув) один чи кілька електронів, уже не є нейтральним, а буде мати позитивний (чи негативний) заряд. Його називають позитивним (чи негативним) іоном.

### 3. Ядерні перетворення

Винайдений Резерфордом спосіб подарував ученим чудовий інструмент для вивчення властивостей атомного ядра. Можна використовувати  $\alpha$ -частинки як «снаряди» для бомбардування атомних ядер. При спробі зруйнувати ядро можна одержати його «уламки», що розлітаються в різні боки, і по цих «уламках» більше дізнатися про будову ядра.

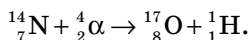
Власне кажучи, тут мова йде про штучну радіоактивність. Потік  $\alpha$ -частинок може бути використаний для штучних радіоактивних перетворень.

➤ *Штучною радіоактивністю називають радіоактивність ізотопів, отриманих у результаті ядерних реакцій.*

Штучна радіоактивність пов'язана з порушенням умови стійкості (стабільності) атомного ядра.

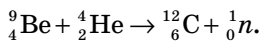
1919 р. Резерфорд вивчав проходження  $\alpha$ -частинок через різні речовини. Виявилось, що під час удару  $\alpha$ -частинок, які швидко летять, об ядра легких елементів, наприклад, Нітрогену, з них зрідка можуть вибиватися протони (ядра Гідрогену), при цьому сама  $\alpha$ -частинка входить до складу ядра, що збільшує свій заряд на одиницю.

Таким чином, у результаті реакції



з Нітрогену утвориться інший хімічний елемент — Оксиген. Це була перша штучно проведена реакція перетворення одного елемента на іншій.

1932 року сталася найважливіша для всієї ядерної фізики подія: англійським фізиком Д. Чедвиком був відкритий нейтрон. Під час бомбардування берилію  $\alpha$  – частинками відбувалася така реакція:



Тут  ${}^1_0\text{n}$  — символ нейтрона, заряд його дорівнює нулю, а відносна маса — одиниця.

Нейтрон — нестабільна частинка, що розпадається за час близько 15 хв на протон, електрон і нейтрино.

Відразу ж після відкриття нейтрона видатний італійський фізик Енріко Фермі припустив, що ця частинка є ідеальним інструментом для одержання штучних радіоактивних елементів. Справді, адже позитивно заряджену  $\alpha$ –частинку ядро відштовхує. А нейтрону, що не має заряду, легше проникнути всередину ядра. Це дозволило Е. Фермі за кілька місяців одержати більше інформації про структуру ядра, ніж за десятиліття роботи багатьох наукових колективів.

Найважливішим практичним результатом методу бомбардування ядер нейтронами стало відкриття реакції розподілу ядер урану. 1939 року було встановлено, що в результаті бомбардування ядер урану нейтронами утворюється нове нестійке ядро Урану, що ділиться на два приблизно рівних за масою уламки, що розлітаються з великою швидкістю.

Ця ядерна реакція супроводжується інтенсивним  $\gamma$ –випромінюванням. Крім уламків і  $\gamma$ –випромінювання, ця ядерна реакція супроводжується випромінюванням нейтронів (від 1 до 3). Породжені цією реакцією нейтрони руйнують наступні ядра Урану, потім цикл повторюється. Цей процес одержав назву ланцюгової реакції.

Ланцюгова ядерна реакція є основою для перетворення ядерної енергії на інші види енергії (теплову, електричну).

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** Чим приваблива модель атома Томсона?
- ?** Чому негативно заряджені частки атома не чинять помітного впливу на розсіювання  $\alpha$ –частинок?
- ?** Чому  $\alpha$ –частинки не могли б розсіюватися на великі кути, якби позитивний заряд атома був розподілений по всьому об'єму?
- ?** Як утворюються позитивні й негативні йони?

- ?** Яке припущення (щодо складу ядер) дозволяли зробити результати дослідів щодо взаємодії  $\alpha$ -частинок з ядром атомів різних елементів?

## ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  1. Чому маса атома Гідрогену ненабагато відрізняється від маси протона? Чи набагато відрізняються розміри атома Гідрогену від розмірів протона?
  2. На що перетвориться атом Натрію, якщо «забрати» з його ядра один протон, не змінюючи кількості електронів?
  3. Що має більшу масу: атом літію чи позитивний іон літію? Атом хлору чи негативний іон хлору?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. Скільки протонів, нейтронів і електронів у позитивному йоні літію?
  2. У ядрі атома Карбону міститься 12 частинок. Навколо ядра рухаються 6 електронів. Скільки в ядрі цього атома протонів і нейтронів?
  3. Запишіть ядерну реакцію, що відбувається під час бомбардування ядер Бору  ${}^{11}_5\text{B}$   $\alpha$ -частинками і супроводжується вибиванням нейтронів.

### Що ми дізналися на уроці

- Планетарна (ядерна) модель атома Резерфорда:
  - \* атоми будь-якого елемента складаються з позитивно зарядженої частини, що одержала назву ядра;
  - \* до складу ядра входять позитивно заряджені елементарні частинки — протони;
  - \* навколо ядра обертаються електрони, що утворюють так звану електронну оболонку.
- Штучною радіоактивністю називають радіоактивність ізотопів, отриманих у результаті ядерних реакцій.

### Домашнє завдання

Підр.: § 31.

## Урок 6/53

**Тема.** Експериментальні методи реєстрації заряджених частинок

**Мета уроку:** ознайомити учнів із сучасними методами виявлення й дослідження заряджених частинок і ядерних перетворень.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	6 хв	1. Модель атома Томсона. 2. Планетарна модель атома Резерфорда. 3. Що таке штучна радіоактивність? 4. Відкриття нейтрона
<b>Демонстрації</b>	7 хв	1. Спостереження треків частинок у камері Вільсона. 2. Пристрій і принцип дії лічильника йонізуючих частинок
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	25 хв	1. Будова й принцип дії камери Вільсона. 2. Будова й принцип дії лічильника Гейгера
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	7 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Будова і принцип дії камери Вільсона

Усі сучасні реєстрації ядерних частинок і випромінювань умовно можна розбити на дві групи:

- а) трекові методи, що дозволяють відтворити слід частинки;
- б) лічильні методи, засновані на використанні приладів, що підраховують число частинок того чи іншого типу.

Завдяки пристроям, що реєструють ядерні частинки й випромінювання, виникла й почала розвиватися фізика атомного ядра й елементарних частинок. Саме вони подають необхідну інформацію про події в мікросвіті.

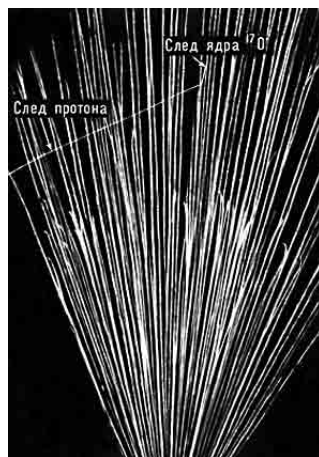
Реєструвальний прилад — це складна система, що може перебувати в нестійкому стані. У разі незначного збурювання, спричиненого частинкою, що пролетіла, починається процес переходу системи в новий, більш стійкий стан. Цей процес і дозволяє реєструвати частинку.

1912 року Вільсон запропонував пристрій, у якому швидка заряджена частинка залишає слід, який можна спостерігати або навіть безпосередньо фотографувати.

Дія камери Вільсона заснована на конденсації перенасиченої пари на йонах з утворенням крапельок води. Ці йони створює уздовж своєї траєкторії заряджена частка, що рухається. Крапельки утворюють видимий слід частинки, що пролетіла, — трек. За довжиною треку можна визначити енергію частинки, а за числом крапельок на одиницю довжини треку оцінюється її швидкість.

Російські фізики П. Л. Капіца і Д. В. Скобельцин запропонували поміщати камеру Вільсона в однорідне магнітне поле. Магнітне поле діє на заряджену частинку, що рухається, з певною силою. Ця сила викривляє траєкторію частинки, не змінюючи модуля її швидкості. За кривизною треку можна визначити відношення заряду частки до її маси.

Зазвичай треки частинок у камері Вільсона не тільки спостерігають, але й фотографують.



1952 р. американським ученим Д. Глейзером було запропоновано використовувати для виявлення треків частинок перегріту рідину. У цій рідині на йонах, що утворюються під час руху швидкої зарядженої частинки, виникають бульбашки пари, що дають видимий трек. Камери такого типу були названі бульбашковими.

Перевага бульбашкової камери порівняно з камерою Вільсона обумовлена більшою густиною робочої речовини. Пробіги частинок унаслідок цього виявляються досить короткими, і частинки навіть великих енергій «застрягають» у камері. Це дозволяє спостерігати серію послідовних перетворень частинки й реакції, що нею зумовлюються.

Треки в камері Вільсона і бульбашковій камері — одне з головних джерел інформації про поведінку й властивості частинок.

## 2. Будова та принцип дії лічильника Гейгера

Лічильник Гейгера — один з найважливіших приладів для автоматичного підрахунку частинок. Дія лічильника заснована на ударній іонізації. Заряджена частинка пролітає в газі, відриваючи від атомів електрони, і створює позитивні йони та вільні електрони. Електричне поле між анодом і катодом прискорює електрони до енергій, за яких починається іонізація.

Лічильник Гейгера застосовується в основному для реєстрації електронів і  $\gamma$ -випромінювань.

Широке застосування лічильника Гейгера — Мюллера пояснюється високою чутливістю, можливістю реєструвати різного роду випромінювання, порівняною простотою і невисокою вартістю установки. Лічильник було винайдено 1908 року Гейгером й удосконалено Мюллером.

Циліндричний лічильник Гейгера–Мюллера складається з металеві трубки або металізованої зсередини скляної трубки й тонкої металеві нитки, натягнутої по осі циліндра. Нитка служить анодом, трубка — катодом. Трубка заповнюється розрідженим газом, у більшості випадків використовують благородні гази аргон і неон. Між катодом й анодом створюється напруга близько 1500 В.

Робота лічильника заснована на ударній іонізації. Гамма-кванти, що випускаються радіоактивним ізотопом, потрапляючи на стінки лічильника, вибивають із нього електрони. Електрони, рухаючись у газі і зіштовхуючись з атомами газу, вибивають з атомів електрони й створюють позитивні йони й вільні електрони. Електричне поле між катодом та анодом прискорює електрони до енергій, за яких починається ударна йонізація. Виникає лавина йонів, і струм через лічильник різко зростає. При цьому на опорі  $R$  утворюється імпульс напруги, що подається в реєструвальний пристрій.



**Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ?** Чи можна за допомогою камери Вільсона реєструвати незаряджені частинки?
- ?** Які характеристики частинок можна визначити за допомогою камери Вільсона, яку помістили в магнітне поле?
- ?** Чому не реєструються альфа-частинки за допомогою лічильника Гейгера?
- ?** Які фізичні явища лежать в основі дії камери Вільсона й лічильника Гейгера?

**ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

1. Якісні питання
1. Які особливості повинні мати прилади для реєстрації заряджених частинок?
2. Які характеристики частинок можна визначити за допомогою камери Вільсона?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
1. Як за допомогою камери Вільсона можна визначити природу частки, що пролетіла в камері, її енергію, швидкість?
2. Швидкість  $\alpha$ -частинки в середньому в 15 разів менше за швидкість  $\beta$ -частки. Чому  $\alpha$ -частинки (жирний трек на рисунку) слабше відхиляються магнітним полем?

**Що ми дізналися на уроці**

- Усі сучасні реєстрації ядерних частинок і випромінювань умовно можна розбити на дві групи:
  - а) трекові методи, що дозволяють відтворити слід частинки;
  - б) лічильні методи, засновані на використанні приладів, що рахують число частинок того чи іншого типу.

**Домашнє завдання**

Підр.: Конспект.

## Урок 7/54

**Тема.** Ядерний реактор

**Мета уроку:** ознайомити учнів з розподілом ядер урану, що дозволяє одержати велику кількість ядерної енергії; пояснити будову й принцип дії ядерного реактора.

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

### План уроку

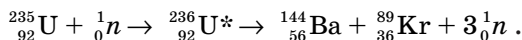
Контроль знань	6 хв	1. Будова й принцип дії камери Вільсона. 2. Будова й принцип дії лічильника Гейгера. 3. Які фізичні явища лежать в основі дії камери Вільсона та лічильника Гейгера?
Демонстрації	7 хв	1. Відеофрагмент «Ядерний реактор». 2. Таблиці «Ядерний реактор» й «Атомна електростанція»
Вивчення нового матеріалу	27 хв	1. Поділ ядер Урану. 2. Ланцюгова ядерна реакція. 3. Ядерний реактор
Закріплення вивченого матеріалу	5 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

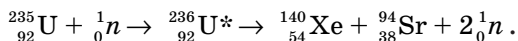
### 1. Поділ ядер урану

Атомні ядра, що містять велике число нуклонів, нестійкі і можуть розпадатися. 1938 р. німецькі вчені Отто Ган і Франц Штрассман спостерігали поділ ядра Урану  ${}_{92}^{235}\text{U}$  під дією повільних нейтронів. Використання саме нейтронів для поділу ядер обумовлено їхньою електричною нейтральністю. Відсутність кулонівського відштовхування протонами ядра дозволяє нейтронам безперешкодно проникати в атомне ядро. Тимчасове захоплення нейтрона порушує тендітну стабільність ядра, обумовлену тонким балансом сил кулонівського відштовхування і ядерного притягання. Просторові коливання нуклонів збудженого ядра (позначимо  ${}_{92}^{236}\text{U}^*$ ), що виникають, є нестійкими. Надлишок нейтронів у центрі ядра означає надлишок протонів на периферії. Їхнє взаємне відштовхування призводить до штучної радіоактивності ізотопу  ${}_{92}^{236}\text{U}^*$ , тобто

до його поділу на ядра меншої маси, що називаються уламками поділу. Причому найбільш імовірним виявляється поділ на уламки, маси яких відносяться приблизно як 2 : 3. Більшість великих уламків мають масове число  $A$  в межах 135—145, а дрібні від 90 до 100. У результаті реакції поділу ядра Урану  ${}_{92}^{235}\text{U}$  утворюються два чи три нейтрони. Одна з можливих реакцій поділу ядра урану протікає за схемою:



Ця реакція протікає з утворенням трьох нейтронів. Можлива реакція з утворенням двох нейтронів:



► *Поділом ядра називається ядерна реакція розподілу важкого ядра, збудженого захопленням нейтрона, на дві приблизно рівні частини, що називаються уламками поділу.*

Енергія, що виділяється під час поділу ядра, має електростатичне, а не ядерне походження. Велика кінетична енергія, яку мають уламки, виникає внаслідок їх кулонівського відштовхування. За повного поділу всіх ядер, що містяться в 1 г урану, виділяється стільки енергії, скільки виділяється під час згорання 2,5 т нафти.

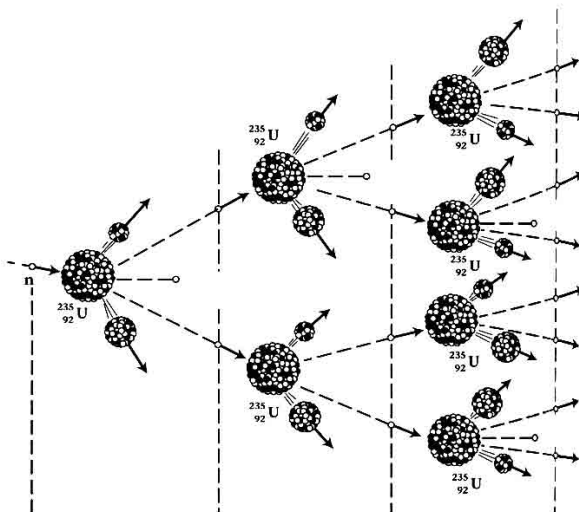
## 2. Ланцюгова ядерна реакція

Будь-який з нейтронів, що вилітає з ядра в процесі поділу, може, у свою чергу, спричинити поділ сусіднього ядра, що також випускає нейтрони, здатні призвести до подальшого поділу. У результаті число ядер, що діляться, дуже швидко збільшується. Виникає ланцюгова реакція.

► *Ланцюговою ядерною реакцією називається реакція, у якій нейтрони утворюються як продукти цієї реакції.*

Суть цієї реакції полягає в тому, що випущені під час поділу одного ядра  $N$  нейтронів можуть спричинити поділ  $N$  ядер, у результаті чого буде випущено  $N^2$  нових нейтронів, що зумовлюють поділ  $N^2$  ядер, тощо. Отже, число нейтронів, що народжуються в кожному поколінні, наростає в геометричній прогресії. У цілому процес

має лавиноподібний характер, протікає дуже швидко й супроводжується виділенням величезної кількості енергії.



Для здійснення ланцюгової реакції не можна використовувати будь-які ядра, що діляться під впливом нейтронів. Через низку причин з ядер, що зустрічаються в природі, придатні до цього лише ядра ізотопів Урану з масовим числом 235, тобто  ${}^{235}_{92}\text{U}$ .

### 3. Ядерний реактор

Ланцюгову ядерну реакцію вчені й інженери змогли зробити керованою: для цього необхідно було забезпечити, щоб кількість ядер, що діляться, в одиницю часу залишалася постійною. Уперше керована ланцюгова реакція поділу ядер урану була здійснена 1942 р. у США під керівництвом італійського фізика Енріко Фермі.

➤ *Ядерним реактором називається пристрій, у якому виділяється теплова енергія в результаті керованої ланцюгової реакції поділу ядер.*

Як було встановлено дослідним шляхом, для виконання ланцюгової керованої реакції найбільш ефективними є повільні нейтрони, кінетична енергія яких у десятки разів менше, ніж енергія нейтронів, що вилітають під час поділу ядер. Тому виникає потреба



Ядерне паливо розташовується в активній зоні (1) у вигляді вертикальних стрижнів, що називаються тепловидільними елементами (ТВЕЛ). Активна зона оточена відбивачем (2) і товстою захисною оболонкою із залізобетону (3).

Реактором керують за допомогою регулюючих стрижнів (4), виготовлених з поглинача нейтронів.

Тепло з гарячої активної зони реактора виводиться теплоносієм (наприклад, водою). Теплоносій першого контуру передає тепло в парогенератор (5), перетворюючи воду на пару під високим тиском, і повертається потім знову в активну зону. Пара, що утворилася в парогенераторі, обертає турбіну (6), з'єднану з генератором електроенергії (7). Відпрацьована пара конденсується в конденсаторі (8), звідки вода знову надходить у парогенератор.

Головна перевага АЕС полягає в тому, що для їхньої роботи необхідно дуже мала (за масою) кількість палива порівняно з тепловими електростанціями. Крім цього, запаси ядерного палива досить великі: за різними оцінками його може вистачити на кілька століть.

АЕС, що нормально функціонують, забруднюють навколишнє середовище значно менше, ніж теплові електростанції.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ?** Чому нейтрони виявляються найбільш зручними частинками для бомбардування атомних ядер?
- ?** Що відбувається при потраплянні нейтрона в ядро Урану?
- ?** Чому під час поділу ядер Урану виділяється енергія?
- ?** У чому полягає керування ядерною реакцією?
- ?** Для чого потрібно, щоб маса кожного уранового стрижня була меншою за критичну масу?
- ?** Для чого потрібні регулюючі стрижні? Як ними користуються?
- ?** Для чого в ядерному реакторі використовується уповільнювач нейтронів?

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
1. Згоряє шматок паперу. Чи є горіння ланцюговою реакцією? Хімічною чи ядерною?
2. Які перетворення енергії відбуваються в ядерному реакторі?

3. Що спільного в ядерному реакторі й паровому котлі?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
1. Ядро урану  ${}_{92}^{235}\text{U}$  поглинає один нейтрон і ділиться на два уламки й чотири нейтрони. Один з уламків — ядро  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ . Ядром якого ізотопу є другий уламок?
2. Напишіть ланцюжок ядерних перетворень ядра Урану  ${}_{92}^{238}\text{U}$ , що захопив нейтрон, у Плутоній  ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ , з огляду на те, що всі ядра, які знову утворюються, є бета-радіоактивними, тобто зазнають радіоактивного розпаду з випускненням електрона.  
*Розв'язок:*  ${}_{92}^{238}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{92}^{239}\text{U} \rightarrow {}_{93}^{239}\text{Np} + {}_0^0e \rightarrow {}_{94}^{239}\text{Pu} + {}_0^0e$ .

### Що ми дізналися на уроці

- Поділом ядра називається ядерна реакція поділу важкого ядра, збудженого захопленням нейтрона, на дві приблизно рівні частини, що називаються уламками поділу.
- Ланцюговою ядерною реакцією називається реакція, у якій нейтрони утворюються як продукти цієї реакції.
- Ядерним реактором називається пристрій, у якому виділяється тепла енергія в результаті керованої ланцюгової реакції поділу ядер.
- Найменшу масу речовини, що ділиться й за якої можлива ланцюгова ядерна реакція, називають критичною масою.

### Домашнє завдання

1. Підр.: § 36.
2. Зб.: № 18.1; 18.2; 18.3; 18.4; 18.5.

## Урок 8/55

**Тема.** Ядерна енергетика

**Мета уроку:** ознайомити учнів з галуззю застосування атомної енергії.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	6 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Яка ядерна реакція називається ланцюговою? Чому?</li> <li>2. Чому під час поділу ядер урану виділяється енергія?</li> <li>3. Основні елементи ядерного реактора</li> </ol>
<b>Демонстрації</b>	5 хв	Фрагменти відеофільму «Ядерна енергія в мирних цілях»
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	28 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Застосування радіоактивних ізотопів у медицині.</li> <li>2. Використання <math>\gamma</math>-випромінювання в техніці.</li> <li>3. Переваги атомних електростанцій.</li> <li>4. Ядерна зброя</li> </ol>
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	6 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Контрольні питання.</li> <li>2. Навчаємося розв'язувати задачі</li> </ol>

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Застосування радіоактивних ізотопів у медицині

Ще 1911 року Содді висловив припущення про можливість існування елементів з однаковими хімічними властивостями, які, проте, розрізняються в інших аспектах, зокрема своєю радіоактивністю.

➤ *Атоми, що мають однаковий заряд, але різну атомну масу, називаються ізотопами.*

За допомогою ядерних реакцій можна одержати радіоактивні ізотопи всіх хімічних елементів, що зустрічаються в природі тільки в стабільному стані.

Радіоактивні ізотопи застосовуються в медицині як для визначення діагнозу, так і в терапевтичних цілях.

Так, радіоактивний натрій, що вводиться в невеликих кількостях у кров, використовується для дослідження кровообігу, йод



інтенсивно відкладається в щитовидній залозі, особливо при базедовій хворобі. Спостерігаючи за допомогою лічильника за відкладенням радіоактивного йоду, можна швидко поставити діагноз. Великі дози радіоактивного йоду спричиняють часткове руйнування тканин, що розвиваються аномально, і тому радіоактивний йод використовують для лікування базедової хвороби. Інтенсивне гамма-випромінювання кобальту використовується під час лікування ракових захворювань (кобальтова гармата).

Унікальність ізотопної діагностики полягає в її точності, надійності, можливості частого застосування, а головне — здатності діагностувати захворювання вже на ранній стадії.

Такі радіонукліди, як Талій-201 і Рубідій-82, використовуються для одержання зображення серця, інші (наприклад, Технецій-99) використовуються під час сканування мозку, кісткових тканин, а також для діагностики таких захворювань, як рак, хвороба Альцгеймера й інших.

Для проведення високоефективного ізотопного діагностування, що дозволяє визначити динаміку біохімічних процесів у всіх ділянках організму, використовується Карбон-11, Нітроген-13, Фтор-18. Ряд ізотопів (Палладій-103, Іридій-192) уже застосовують для лікування ракових захворювань, а деякі ізотопи можна використовувати як анальгетики й стерилізатори.

## 2. Використання $\gamma$ -випромінювання в техніці

Гамма-випромінювання виникає під час розпадів радіоактивних ядер, випускається при переході ядра з більш збудженого енергетичного стану в менш збуджений.

Гамма-випромінювання має велику проникну здатність, тобто може проникати крізь великі товщі речовини без помітного ослаблення.

Гамма-випромінювання знаходить застосування в техніці, наприклад, для виявлення дефектів у металевих деталях — гамма-дефектоскопія. За допомогою  $\gamma$ -дефектоскопів перевіряють, наприклад, якість зварених з'єднань елементів конструкцій (чи то міст, чи то ядерний реактор). За рахунок різного поглинання  $\gamma$ -випромінювання сталлю і порожнечами в ній дефектоскоп «бачить» тріщини всередині металу й виявляє брак на стадії виготовлення.

Гамма-випромінювання використовується в харчовій промисловості для стерилізації продуктів харчування.

З одного боку, гамма-випромінювання може викликати променеве ураження організму, аж до його загибелі, з іншого боку, використовується в медицині для лікування пухлин, стерилізації апаратури, лікарських препаратів, приміщень.

Сучасні можливості променевої терапії розширилися в першу чергу за рахунок засобів і методів дистанційної гамма-терапії. Успіхи дистанційної гамма-терапії були забезпечені в результаті копійної роботи в галузі використання потужних штучних радіоактивних джерел гамма-випромінювання (Кобальт-60, Цезій-137), а також нових гамма-препаратів.

### 3. Переваги атомних електростанцій

Споживання енергії в нашій країні й за кордоном росте настільки швидко, що відомі на сьогодні запаси палива швидко вичерпуються за порівняно короткий термін.

Наприклад, запасів вугілля може вистачити років на 350, нафти — на 40 років, природного газу вистачить років на 60. На сьогодні реальний внесок в енергопостачання робить ядерна енергетика. Незважаючи на відомі небезпеки, пов'язані з радіоактивними випромінюваннями, а також небезпекою вибухів, ядерна енергетика розвивається в усьому світі.

Атомні електростанції (АЕС) будують, насамперед, у європейській частині країни. Це пов'язано з тим, що АЕС мають низку переваг порівняно з тепловими електростанціями:

- ядерні реактори не споживають дефіцитного органічного палива і не потребують масових перевезень вугілля залізничним транспортом;
- для роботи АЕС потрібна дуже невелика кількість палива;
- АЕС не споживають атмосферний кисень і не засмічують середовище золою і продуктами згоряння (екологічна частота);
- АЕС не вимагають створення великих водоймищ, що займають великі площі родючих земель.

Однак під час використання енергії ядер у мирних цілях виникають інші проблеми.

Перша полягає в необхідності захисту людей, що обслуговують ядерні енергетичні установки, від шкідливої дії гамма-випромінювання й потоків нейтронів, що виникають в активній зоні реактора.

Друга проблема пов'язана з тим, що під час роботи реактора в його активній зоні накопичується велика кількість штучних радіоактивних речовин. Для запобігання їх випадковому викиду з реактора розроблені автоматичні протиаварійні системи, ведеться безупинний автоматичний контроль за станом чистоти повітря, води, ґрунту навколо атомних станцій.

Крім того, у результаті роботи АЕС виникають ядерні відходи. Радіоактивність відпрацьованих ТВЕЛів залишається високою, являючи небезпеку для людей навіть через 25 000 років. Відпрацьовані ТВЕЛі зберігають у рідкому вигляді в цистернах з нержавіючої сталі, оточених бетоном. Найбільш активні відходи склять і зберігають у глибоких шахтах під землею.

І все-таки без ядерної енергетики людству, очевидно, не обійтися. Тому на сьогодні проводяться інтенсивні дослідження з метою підвищення безпеки реакторів, посилення засобів захисту, зокрема, від помилкових дій обслуговуючого персоналу.

#### 4. Ядерна зброя

Некерована ланцюгова реакція здійснюється в атомній бомбі. Щоб міг відбутися вибух, розміри матеріалу, що ділиться, повинні перевищувати критичні. Це досягається, наприклад, шляхом швидкого поєднання двох шматків матеріалу, що ділиться.

Під час вибуху бомби температура досягає десятків мільйонів градусів. За такої температури різко підвищується тиск та утворюється потужна вибухова хвиля. Одночасно виникає могутнє випромінювання. Продукти ланцюгової реакції під час вибуху бомби сильно радіоактивні й небезпечні для живих організмів.

Атомні бомби були застосовані США наприкінці Другої світової війни проти Японії. 6 серпня 1945 р. на міста Хіросіма й Нагасаки були скинуті атомні бомби.

Зі створенням ядерної зброї перемога у війні стала неможливою. Термоядерний вибух знищує все живе на відстані до 140 км від його епіцентра. Ядерна війна здатна привести людство до загибелі, тому народи усього світу наполегливо борються за заборону ядерної зброї.

**Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу**

- ?** Що таке радіоактивні ізотопи?
- ?** Чим обумовлена сильна проникна здатність  $\gamma$ -випромінювання?
- ?** У зв'язку з чим у середині ХХ століття виникла необхідність знаходження нових джерел енергії?
- ?** Чи може людство обійтися без ядерної енергетики?

**ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

1. Якісні питання
  1. У чому полягає принципова відмінність керованих ядерних реакцій від некерованих?
  2. Які проблеми виникають під час використання ядерної енергії в мирних цілях?
  3. У чому полягає метод «мічених» атомів? Наведіть приклади використання цього методу.
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. Під час вибуху атомної бомби (серпень, 1945 р.) утворилося багато різних радіоактивних елементів. Які з них становили небезпеку тільки в перші години після вибуху, а які можуть загрожувати життю людей і зараз?
  2. Чи змінюється хімічна природа елемента під час випуску  $\gamma$ -випромінювання з його ядра?

**Домашнє завдання**

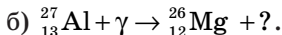
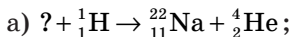
1. Підр.: § 36, 37.
2. Зб.: № 18.6; 18.7; 18.8; 18.9; 18.10; 18.11.
3. Д.: підготуватися до самостійної роботи № 16.

**Задачі із самостійної роботи № 16****«Радіоактивність. Ядерні реакції. Ядерна енергетика»****Середній рівень**

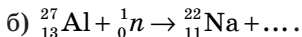
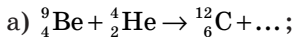
1. Чи можна за допомогою хімічних реакцій перетворювати атоми одного хімічного елемента на атоми іншого хімічного елемента? Поясніть свою відповідь.
2. Чому нейтрони виявилися найбільш зручними частинками для бомбардування атомних ядер?

**Достатній рівень**

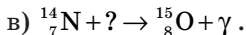
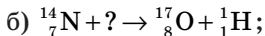
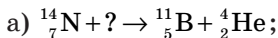
1. Напишіть відсутні позначення в таких ядерних реакціях:



2. Закінчіть запис ядерних реакцій:

**Високий рівень**

1. Ядерні реакції класифікуються за видом частинок, що бомбардують ядро. Яка частинка застосовувалася в таких реакціях?



2. Під час бомбардування ядер атома заліза  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  нейтронами утворюється радіоактивний ізотоп Марганцю з атомною масою 56. Напишіть реакцію одержання штучного радіоактивного Марганцю і реакцію  $\beta$ -розпаду, що відбувається з ним.

## Урок 9/56

**Тема.** Біологічна дія радіоактивних випромінювань

**Мета уроку:** ознайомити учнів з біологічною дією радіоактивних випромінювань і правилами захисту від радіоактивних випромінювань.

**Тип уроку:** комбінований урок.

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	12 хв	Самостійна робота № 16 «Радіоактивність. Ядерні реакції. Ядерна енергетика»
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	26 хв	1. Активність радіоактивної речовини. 2. Доза поглиненого випромінювання. 3. Вплив радіації на живий організм. 4. Коефіцієнт якості йонізуючого випромінювання
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	7 хв	1. Контрольні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Активність радіоактивної речовини

Радіоактивність — це дивне явище природи, відкрите Беккерелем наприкінці XIX століття, суть якого полягає в мимовільному спонтанному перетворенні атомних ядер деяких елементів на інші, що супроводжується виділенням трьох видів «променів».

Елементи, здатні до таких перетворень, стали називатися радіоактивними, тобто здатними до цього перетворення. Наприкінці XX століття було рекомендовано термін «ізопоп» замінити на «нуклід» і, відповідно, «радіоактивний ізопоп» на «радіонуклід».

Кількісна характеристика радіоактивності одержала у фізиків назву «активність».

Основна фізична величина, що характеризує радіоактивне джерело, — це число розпадів, що відбуваються в ньому, за одиницю часу. Така величина була названа активністю. Активність тієї чи іншої речовини, наприклад, радіоактивного ізопопу, визначається кількістю атомів, що розпадаються за одиницю часу (скажімо, за одну секунду), отже, число радіоактивних части-

нок, що випускаються речовиною, прямо пропорційно її активності.

➤ *Активністю  $\alpha$  радіоактивного джерела називають фізичну величину, що характеризує кількість радіоактивних розпадів за одиницю часу.*

Як одиницю активності в СІ обрано беккерель (Бк): активність у 1 Бк відповідає одному розпаду в секунду.

➤ *1 Бк — це активність такого джерела, у якому за 1 с відбувається 1 розпад (одне ядерне перетворення).*

У практичній дозиметрії й радіаційній фізиці частіше використовується інша одиниця — кюрі (позначається Кі). Кюрі в 37 мільярдів раз більше одного беккерель:

$$1 \text{ Кі} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

З чим пов'язаний такий, здавалося б, дивний і довільний вибір одиниці? Справа в тому, що саме таке число розпадів відбувається в одному грамі Радію-226 — історично першої речовини, у якій були вивчені закони радіоактивного розпаду. Оскільки активність одного грама чистого радію близька до 1 Кі, то її часто виражають у грамах. У цьому (і тільки в цьому) випадку одиниця маси речовини має одиничну активність.

Радіоактивний розпад — статистичний процес. Кожне радіоактивне ядро може розпастися в будь-який момент, і закономірність спостерігається тільки в середньому, у випадку розпаду досить великої кількості ядер.

Стала розпаду  $\lambda$  характеризує ймовірність розпаду ядра в одиницю часу. Вона являє собою відносне зменшення числа ядер, що піддаються розпаду за одиницю часу.

Активність певної радіоактивної речовини пов'язана зі сталою розпаду цієї речовини співвідношенням:

$$A = \lambda N,$$

де  $N$  — кількість атомів радіоактивної речовини в цьому радіоактивному препараті.

Стала розпаду  $\lambda$  має розмірність  $\text{с}^{-1}$  і характеризує швидкість радіоактивного розпаду. Величина  $\tau = 1/\lambda$  називається середньою тривалістю життя радіоактивного ізотопу (середній час життя). Значення  $\lambda$  і  $\tau$  не залежать від зовнішніх умов і визначаються лише властивостями атомного ядра.

У фізиці й техніці часто використовують ще одну фізичну величину — питому активність радіоактивного джерела. Ця величина характеризує активність одиниці маси  $\alpha/t$  і вимірюється Бк/кг.

## 2. Доза поглиненого випромінювання

Виявилось, що ступінь впливу йонізуючого випромінювання на речовину не піддається простому визначенню через складність і різноманітність процесів, що протікають при цьому. Важливим з того, що дає початок фізико-хімічним змінам у речовині, що опромінюється, і призводить до визначеного радіаційного ефекту, є поглинання енергії йонізуючого випромінювання речовиною. У результаті цього виникло поняття поглинена доза.

► *Доза поглиненого випромінювання — це фізична величина, що чисельно дорівнює енергії випромінювання, поглиненій одиницею маси речовини.*

$$D = \frac{W}{m},$$

де  $W$  — енергія йонізуючого випромінювання, переданого речовині,  $m$  — маса цієї речовини.

За одиницю виміру поглиненої дози в СІ прийнятий грей (Гр).

► *1 Гр дорівнює дозі поглиненого випромінювання, за якої опромінений речовині масою 1 кг передається енергія йонізуючого випромінювання 1 Дж.*

$$1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}}.$$

Природне тло радіації (космічні промені, радіоактивність навколишнього середовища й людського тіла) складає за рік дозу випромінювання близько  $2 \cdot 10^{-3}$  Гр на людину. Міжнародна комісія з радіаційного захисту установила для осіб, що працюють з випромінюванням, гранично допустиму за рік дозу 0,05 Гр. Доза випромінювання в 3–10 Гр, отримана за короткий час, смертельна.

Електрони й атоми різних речовин по-різному взаємодіють з радіаційним випромінюванням. Поглинена доза випромінювання залежить від роду речовини, що опромінюється, і від виду джерела випромінювання, енергії його частинок. Крім цих причин, погли-



нена доза залежить від часу. Чим більший час випромінювання, тим більша доза поглинання.

➤ *Потужність поглиненої дози випромінювання — відношення збільшення поглиненої дози випромінювання за інтервал часу до тривалості цього інтервалу.*

$$P_D = \frac{D}{t},$$

де  $D$  — доза поглиненого випромінювання,  $t$  — час випромінювання.

Розвиток дозиметрії визначався необхідністю захисту від впливу рентгенівського і  $\gamma$ -випромінювань природних радіоактивних речовин. Іонізація середовища під впливом цих випромінювань виявилася одним з фізичних ефектів, що був пов'язаний з біологічною дією випромінювання. Для оцінювання випромінювання в повітрі застосовують величину експозиційної дози.

➤ *Експозиційна доза — міра йонізації повітря, що дорівнює відношенню сумарного електричного заряду йонів одного знака, утвореного йонізуючим випромінюванням, до маси 1 кг повітря.*

У СІ експозиційну дозу вимірюють у 1 Кл/кг.

➤ *1 Кл/кг — експозиційна доза випромінювання, за якої сумарний заряд всіх йонів одного знака, що утворився в 1 кг повітря, дорівнює 1 Кл.*

Іноді використовують позасистемну одиницю експозиційної дози — рентген (Р). Рентген розглядається як одиниця, що визначає іонізуючу здатність рентгенівського і гамма-випромінювань у 1 см<sup>3</sup> повітря.

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг.}$$

### 3. Вплив радіації на живий організм

Вивчення впливу радіоактивного випромінювання на живі організми стає актуальною задачею сучасної цивілізації. Навіть порівняно слабе випромінювання, що при повному поглинанні підвищує температуру тіла на 0,001 °С, порушує життєдіяльність клітин.

За великої інтенсивності випромінювання живі організми гинуть. Небезпека випромінювання збільшується тим, що воно не викликає ніяких болісних відчуттів навіть при смертельних дозах.

Механізм дії, що уражає біологічні об'єкти, ще недостатньо вивчений. Але зрозуміло, що він зводиться до йонізації атомів і молекул, і це призводить до зміни їхньої хімічної активності. Найбільш чутливі до опромінення ядра клітин, особливо клітин, що швидко діляться. Тому в першу чергу випромінювання уражають кістковий мозок, через що порушується процес утворення крові. Далі настає ураження клітин травного тракту й інших органів.

#### 4. Коефіцієнт якості іонізуючого випромінювання

За однієї й тієї ж дози поглиненого випромінювання різні види випромінювання викликають неоднаковий біологічний ефект. Біологічні ефекти, зумовлені будь-якими йонізуючими випромінюваннями, прийнято оцінювати порівняно з ефектом від рентгенівського й гамма-випромінювання. Наприклад, за однієї й тієї ж поглиненої дози біологічний ефект від дії  $\alpha$ -випромінювання буде в 20 разів більше, ніж від  $\gamma$ -випромінювання. Від дії швидких нейтронів ефект може бути в 10 разів більше, ніж від  $\gamma$ -випромінювання; від дії  $\beta$ -випромінювання — таким самим, як від  $\gamma$ -випромінювання.

У зв'язку з цим прийнято відмінності у біологічній дії різних видів випромінювання характеризувати коефіцієнтом якості  $K$ .

Коефіцієнт якості рентгенівського й гамма-випромінювання прийнято вважати рівним одиниці, а альфа-випромінювання — 20.

У зв'язку з тим, що за однієї і тієї ж дози поглинання різні випромінювання спричиняють різні біологічні ефекти, для оцінки цих ефектів була уведена величина, названа еквівалентною дозою випромінювання ( $D_e$ ).

► *Еквівалентна доза поглиненого випромінювання визначається як добуток дози поглиненого випромінювання на коефіцієнт якості.*

$$D_e = K \cdot D.$$

Оскільки коефіцієнт якості безрозмірна величина, то еквівалентна доза випромінювання вимірюється в тих же одиницях, що

й поглинена. Але існує й спеціальна одиниця. У СІ одиниця еквівалентної дози — зиверт (1 Зв).

➤ 1 Зв дорівнює еквівалентній дозі, за якої доза поглиненого  $\gamma$ -випромінювання дорівнює 1 Гр.

Величина еквівалентної дози визначає відносно безпечні й дуже небезпечні для живого організму дози опромінення.

Поглинена й еквівалентна дози залежать від часу опромінення. За інших рівних умов ці дози тим більше, чим більше час опромінення.

### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

- ? Чим визначається активність того чи іншого радіоактивного ізотопу?
- ? Який вплив чинить випромінювання на речовину?
- ? Що характеризує доза поглиненого випромінювання?
- ? Які фактори слід враховувати під час оцінювання впливів іонізуючих випромінювань на живий організм?
- ? У чому причина негативного впливу радіації на живі організми?

### ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Якісні питання
  1. Який вид радіоактивного випромінювання найбільш небезпечний для опромінення людини: а)  $\alpha$ -випромінювання; б)  $\beta$ -випромінювання; в)  $\gamma$ -випромінювання?
  2. У чому полягає уражаюча дія випромінювань на біологічні об'єкти?
  3. До яких наслідків може призвести опромінення людини радіоактивними променями?
  4. Що характеризує коефіцієнт якості?
  5. Як буде змінюватися природний радіоактивний фон по мірі піднімання у повітря на повітряній кулі?
2. Навчаємося розв'язувати задачі
  1. Після Чорнобильської аварії окремі ділянки електростанції мали радіоактивне забруднення з потужністю поглиненої дози 7,5 Гр/год. За який час перебування у небезпечній зоні людина

могла одержати на цих ділянках смертельну експозиційну дозу в 5 Зв? Вважайте, що коефіцієнт якості радіаційного випромінювання дорівнює 1.

- Під час роботи з радіоактивними препаратами лаборант піддається дії опромінення з потужністю поглиненої дози 0,02 мкГр/с. Яку дозу опромінення одержує лаборант протягом робочої зміни тривалістю 4 години?

### Що ми дізналися на уроці

- Активністю  $\alpha$  радіоактивного джерела називають фізичну величину, що характеризує кількість радіоактивних розпадів за одиницю часу.
- 1 Бк — це активність такого джерела, у якому за 1 с відбувається 1 розпад (одне ядерне перетворення).
- Доза поглиненого випромінювання — це фізична величина, що чисельно дорівнює енергії випромінювання, поглиненої одиницею маси речовини.

$$D = \frac{W}{m}.$$

- 1 Гр дорівнює дозі поглиненого випромінювання, за якої опроміненій речовині масою 1 кг передається енергія йонізуючого випромінювання 1 Дж.

$$1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}}.$$

- Потужність поглиненої дози випромінювання — відношення збільшення поглиненої дози випромінювання за інтервал часу до тривалості цього інтервалу.

$$P_D = \frac{D}{t}.$$

- Експозиційна доза — міра йонізації повітря, що дорівнює відношенню сумарного електричного заряду йонів одного знака, утвореного йонізуючим випромінюванням, до маси 1 кг повітря.
- 1 Кл/кг — експозиційна доза випромінювання, за якої сумарний заряд всіх іонів одного знака, що утворився в 1 кг повітря, дорівнює 1 Кл.

- Еквівалентна доза поглиненого випромінювання визначається як добуток дози поглиненого випромінювання на коефіцієнт якості.
- 1 Зв дорівнює еквівалентній дозі, за якої доза поглиненого  $\gamma$ -випромінювання дорівнює 1 Гр.

### **Домашнє завдання**

1. Підр.: § 34.

2. Зб.:

**рів1** — № 18.12; 18.13; 18.14.

**рів2** — № 18.15; 18.16; 18.17; 18.18, 18.19.

**рів3** — № 18.20, 18.21; 18.22; 18.32; 18.24.

## Урок 10/57

**Тема.** Лабораторна робота № 11 «Вивчення будови побутового дозиметра й проведення дозиметричних вимірів на місцевості»

**Мета уроку:** вивчити будову побутового дозиметра й інших приладів для реєстрації заряджених частинок; навчитися проводити дозиметричні виміри на місцевості.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

Устаткування: дозиметр.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Перш ніж стати до роботи, повторіть: а) властивості радіоактивного випромінювання; б) будову побутового дозиметра; в) правила проведення дозиметричних вимірів.
2. Ознайомтеся з принципом дії індивідуального термолюмінесцентного дозиметра.  
У дозиметрі люмінофор запаятий у скляний балон разом з нагрівальною спіраллю, електроди якої виведені назовні. Для того, щоб виміряти дозу, скляний балон вставляють електродами в спеціальний вимірювальний пристрій, у якому при пропущенні електричного струму через спіраль нагрівається люмінофор. Дозиметр вимірює інтенсивність термолюмінесценції.
3. Ознайомтеся з принципом дії індивідуального дозиметра ІД-02. В ІД-02 використовується як детектор іонізаційна камера конденсаторного типу. Принцип дії приладу базується на вимірюванні зміни напруги в іонізаційній камері під дією йонізуючого випромінювання, що дозволяє використовувати прилад для індивідуального дозиметричного контролю персоналу. Значення накопиченої дози зчитується на шкалі дозиметра через окуляр убудованого в дозиметр мікроскопа.
4. За допомогою двох дозиметрів проведіть виміри в кабінеті фізики й інформатики.
5. Запишіть у зошит для лабораторних робіт висновок: що ви вимірювали і який отриманий результат.

## Урок 11/58

**Тема.** Екологічні проблеми атомної енергетики

**Мета уроку:** ознайомити учнів із ситуацією в атомній енергетиці України; розповісти про ядерний паливний цикл і природний радіаційний фон.

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

### План уроку

<b>Контроль знань</b>	8 хв	1. Що розуміють під активністю радіоактивної речовини? 2. Що розуміють під дозою поглиненого випромінювання? 3. Для чого вводиться коефіцієнт якості йонізуючого випромінювання?
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	30 хв	1. Атомна енергетика України. 2. Ядерний паливний цикл. 3. Природне радіаційний фон. 4. Граничні дози опромінення
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	7 хв	1. Контрольні питання

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Атомна енергетика України

В основі виробництва теплової й електричної енергії лежить процес спалювання викопних енергоресурсів — вугілля, нафти, газу. В атомній же енергетиці вироблення енергії базується на поділі ядер атомів урану й плутонію під час поглинання нейтронів. Тому використання енергії атомного ядра, розвиток атомної енергетики дозволяє знаходити альтернативні шляхи розв'язання цієї проблеми. Відкриття поділу важких ядер під час захоплення нейтронів, яке перетворило наше століття на атомне, зробило помітний внесок до запасів енергетичного викопного палива у вигляді ядерного пального.

Попри обмежене використання таких видів енергетичних ресурсів, як нафта, природничий газ, ядерне паливо й вугілля, потреба в різних видах енергії й палива постійно збільшується.

Електроенергетичний комплекс України — це основа функціонування й розвитку національної економіки, забезпечення цивілізованих умов життя суспільства, тому його технічний, технологічний та інтелектуальний потенціал перебуває на досить високому рівні. Будівництво потужних ліній електропередач дає можливість освоєння паливних ресурсів незалежно від віддалення районів споживання.

Розміщення підприємств важкої індустрії, де витрати на паливо складають значну частину собівартості готової продукції, значною мірою залежать від паливного фактора. На територіальну організацію продуктивних сил і на розвиток усього народного господарства помітний вплив чинить електроенергетика, що є складовою частиною паливно-енергетичного комплексу України.

Енергетика має велике районоутворювальне значення. У ряді районів України (Донбас, Наддніпрянщин) вона визначає виробничу спеціалізацію, є основою формування територіально-виробничого комплексу.

Усі електростанції України поділяються на 4 види:

- теплові електростанції, що працюють на твердому, рідкому й газоподібному паливі. Серед них розрізняють конденсаційні й теплоелектроцентралі;
- гідравлічні, що використовують відповідно гідроресурси й поділяються на гідроелектростанції, гідростимуляційні й припливні;
- атомні, що у вигляді палива використовують збагачений уран або інші радіоактивні елементи;
- електростанції, що використовують нетрадиційні джерела енергії. Серед них перспективними є вітрові й сонячні.

До складу енергетичної області України входять: 8 гідроелектростанцій (ГЕС); 44 теплові електростанції (ТЕС); 5 атомних електростанцій (АЕС) — Запорізька, Південноукраїнська, Рівненська, Хмельницька, Чорнобильська.

На п'ятих атомних станціях України знаходиться 17 енергоблоків, у тому числі: діючих — 14; знятих з експлуатації (№ 1,2 Чорнобильської АЕС) — 2; зруйнований внаслідок аварії четвертий блок ЧАЕС — 1.

Програма розвитку атомної енергетики до 2010 року визначена в Національній енергетичній програмі України, затвердженій Вер-



ховною Радою України. Згідно з постановою Верховної Ради України, в цю програму вносяться зміни й доповнення на основі сформованої на сьогодні фінансово-економічної ситуації в країні.

## 2. Ядерний паливний цикл

Використання атомної енергії вимагає використання різних підприємств.

➤ *Ядерний паливний цикл — це послідовність технологічних процесів, спрямованих на одержання електроенергії за допомогою ядерних реакцій.*

Ядерний паливний цикл (ЯПЦ) починається з видобутку уранової руди й закінчується утилізацією ядерних відходів.

Крім видобутку й переробки уранової руди, ЯПЦ включає збагачення природного урану, виготовлення тепловидільних зборок, виробництво електроенергії на АЕС, поводження з опроміненим ядерним паливом, включаючи його переробку, поводження з радіоактивними відходами (кондиціонування, поховання).

Кожний з цих об'єктів становить небезпеку. Це і радіоактивний пил у шахтах з видобутку урану, і нещасні випадки, як з персоналом, що обслуговує ядерні установки, так і з людьми, що живуть поблизу, і можливість забруднення ґрунтової води у сховищі для радіоактивних відходів.

Кожне підприємство зі збагачення руди виробляє кілька тисяч тонн цього матеріалу на рік. Можливо, лише мала його частина буде використана, а від іншого потрібно буде позбутися. Радіоактивні відходи виробляються в кожній ядерній установці. Якщо місце поховання буде обране й спроектоване правильно, то сховища здатні зменшити небезпеку радіоактивного зараження місцевості.

## 3. Природний радіаційний фон

На населення земної кулі постійно впливає природний радіаційний фон.

➤ *Радіаційний фон — радіоактивне випромінювання, чия поява на Землі зумовлена дією природних і техногенних джерел, в умовах якого постійно перебуває людина.*

Уникнути радіоактивного опромінення неможливо. Життя на Землі виникло й розвивається в умовах постійного опро-

мінення. Це необхідний компонент проживання в біосфері. Він базується на трьох складових. Це космічна радіація (протони, альфа-частинки, гамма-промені), випромінювання природних радіоактивних речовин, що присутні у ґрунті, і випромінювання тих радіоактивних речовин (також природних), що потрапляють до нас в організм із повітрям, їжею, водою.

Космічне випромінювання досягає Землі у вигляді протонів і більш важких ядерних частинок, що мають величезну енергію. Частина цієї енергії витрачається на зіткнення з ядрами атмосферного азоту, кисню, аргону, у результаті чого на висотах до 20 км виникає вторинне високоенергетичне випромінювання. Кожен житель нашої планети в середньому від випромінювання з космосу одержує протягом року дозу в 300 мкЗв.

Земними джерелами випромінювань є понад 60 природних радіонуклідів, у тому числі 32 радіонукліди урано-радієвого й торієвого сімейств, близько 11 довгоживучих радіонуклідів, що не входять у ці сімейства (Калій-40, Рубідій-87 й інші), що мають періоди напіврозпаду від  $10^7$  до  $10^{15}$  років.

Зрозуміло, рівні земної радіації неоднакові для різних місць земної кулі і залежать від концентрації радіонуклідів у тій чи іншій ділянці земної кори. У місцях проживання основної маси населення вони приблизно однакові.

У середньому близько 2/3 дози опромінення, яке людина одержує від природних джерел радіації, надходить від радіоактивних речовин, що потрапили в організм із їжею, водою і повітрям.

Особливо небезпечні для людини радіонукліди, що потрапили усередину організму, оскільки в цьому випадку ні одяг, ні шкіра не виконують своїх захисних функцій. В організмі радіонукліди опромінюють різні органи й тканини, визначаючи дозу внутрішнього опромінення людини.

Надходження радіоактивних продуктів до організму людини протікає за такими харчовими ланцюжками:

- ґрунт → продукти рослинного походження (хліб, овочі, фрукти) → людина;
- ґрунт → рослинність → молочна худоба → молоко → людина;
- ґрунт → рослинність → тварина → м'ясні продукти → людина;
- водойма → риба (і інші мешканці водойми) → людина.

Якщо не вживати ніяких заходів, що обмежують надходження радіонуклідів у харчові ланцюги, протягом кількох наступних десятиліть деякі види харчових продуктів залишаться забрудненими Цезієм-137 понад припустимий рівень.

Особливо це стосується лісових грибів і ягід, а також риби непроточних водойм.

У зв'язку з можливістю потрапляння до організму людини через їжу радіоактивних речовин, особливо радіонуклідів Цезію-137 і Стронцію-90, в Україні нормативно введений граничний уміст цих елементів у харчових продуктах.

#### 4. Граничні дози опромінення

Наявність природного радіаційного фону — необхідна умова еволюції життя на Землі. Обов'язковою умовою еволюції є мінливість як наслідок мутації генів. За відсутності природного радіаційного фону, імовірно, не було б і життя на Землі таким, яким воно зараз є.

Якщо процес опромінення відбувається протягом тривалого часу, то, накопичуючись, поглинена організмом доза стає дедалі більшою.

Доза, яку одержує організм за одиницю часу, називається потужністю дози.

Потужність еквівалентної дози природного фону йонізуючих випромінювань, утвореного космічними променями, а також радіоактивністю ґрунту, води, повітря і самої людини, складає в середньому  $1,25 \text{ мЗв/рік}$ .

Для людини, що безупинно піддається опроміненню протягом трудової діяльності (50 років), безпечною вважається потужність дози  $50 \text{ мЗв/рік}$ .

Якщо тіло людини протягом короткого часу піддається опроміненню з еквівалентною дозою  $3\text{--}5 \text{ Зв}$ , то в  $50 \%$  випадків через  $1\text{--}2$  місяці настає смерть. Доза в  $10\text{--}50 \text{ Зв}$ , отримана за таких умов, призводить до смерті через  $1\text{--}2$  тижні. Отримавши дозу  $200\text{--}250 \text{ Зв}$ , людина помирає майже миттєво.

#### Питання до учнів у ході викладу нового матеріалу

**?** Які випромінювання називають іонізуючими? Наведіть приклади.

- ?** Охарактеризуйте вплив різних джерел іонізуючого випромінювання на природний радіаційний фон.
- ?** Чи є на Землі місця, де немає природного радіоактивного фону?
- ?** Які атомні електростанції працюють в Україні?

## **ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

1. Якісні питання
  1. Перелічіть переваги й недоліки використання ядерного пального?
  2. Яка послідовність операцій ядерного циклу?
  3. Як утилізують радіоактивні відходи?
  4. Як випромінювання використовують під час стерилізації медичних інструментів?
  5. Навіщо продукти харчування перед упакуванням у герметичну тару опромінюють?

### **Що ми дізналися на уроці**

- Ядерний паливний цикл — це послідовність технологічних процесів, спрямованих на одержання електроенергії за допомогою ядерних реакцій.
- Радіаційний фон — радіоактивне випромінювання, чия поява на Землі спричинена дією природних і техногенних джерел, в умовах якого постійно перебуває людина.

### **Домашнє завдання**

Підр.: § 37.

## Урок 12/59

**Тема.** Боротьба за ліквідацію загрози ядерної війни

**Мета уроку:** виявити й узагальнити причини ядерного протистояння наддержав на початку ХХІ століття.

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

### План уроку

<b>Вивчення нового матеріалу</b>	45 хв	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Радіаційна фізика та її реальна небезпека.</li> <li>2. Чорнобильська катастрофа й ліквідація її наслідків.</li> <li>3. Не допустити нової Хіросіми й Нагасакі!</li> </ol>
--	-------	---

### ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

#### 1. Радіаційна фізика та її реальна небезпека

1900 року німецькі учені Вальхов і Гізель повідомили про те, що ними виявлена біологічна дія радію. Довідавшись про це, П'єр Кюрі відразу піддав дії радію своє передпліччя й одержав сильний опік. Аналогічний ефект виявив й Анрі Беккерель. Переносячи пробірку з радієм у кишені, він теж отримав опік.

Спочатку учені, що працювали з радіоактивними препаратами, не знали про смертельну небезпеку, яка їм загрожувала, і тому не вживали відповідних заходів безпеки. Через це два покоління Кюрі померли від променевої хвороби. Енріко Фермі прожив усього 53 роки, Ігор Курчатов — 57 років.

Але навіть і тоді, коли люди стали більш обережними, ніхто не був застрахований від нещасних випадків. Одного разу на очах одного зі співробітників лабораторії в Лос-Аламосі Слотина два шматки урану раптом почали наближатися один до одного, причому зупинити їх було нічим. Слотин різким рухом відкинув півкулі одну від одної. Реакція була перервана.

З дивним спокоєм Слотин накреслив схему, на якій відзначив місце, де знаходився кожний з його співробітників у момент катастрофи, щоб обчислити дозу опромінення. «Швидка допомога» відвезла співробітників, а Слотину не довелося довго каятися у своїй нерозсудливій мужності: через дев'ять днів він помер у лікарні в страшних муках.

Дія радіації призводить до появи в людини променевої хвороби, що може супроводжуватися нудотою, блювотою, загальною слабкістю, крововиливами, підвищенням температури, випаданням волосся, ураженням очей, утворенням виразок та іншими ушкодженнями.

## 2. Чорнобильська катастрофа й ліквідація її наслідків

26 квітня 1986 року на 4-му енергоблоці Чорнобильської АЕС стався вибух, що цілком зруйнував реактор. Внаслідок аварії стався викид радіоактивних речовин, у тому числі ізотопів Урану, Плутонію, Йоду-131 (період напіврозпаду 8 днів), Цезію-134 (період напіврозпаду 2 роки), Цезію-137 (період напіврозпаду 33 роки), Стронцію-90 (період напіврозпаду 28 років). Становище погіршувалося тим, що у зруйнованому реакторі продовжувалися неконтрольовані ядерні й хімічні (від горіння запасів графіту) реакції з виділенням тепла, з виверженням з розламу протягом багатьох днів продуктів горіння високорадіоактивних елементів і зараженням ними великих територій. Зупинити активне виверження радіоактивних речовин зі зруйнованого реактора удалося лише до кінця травня 1986 року ціною масового опромінення тисяч ліквідаторів.

Радіоактивна хмара від аварії пройшла над європейською частиною СРСР, Східною Європою і Скандинавією. Приблизно 60 % радіоактивних опадів випало на території Білорусії. Близько 200 000 чоловік було евакуйовано із зон, що виявилися забрудненими внаслідок аварії. Викид призвів до загибелі дерев, що росли поруч з АЕС, на площі близько 10 км<sup>2</sup>.

Після оцінювання масштабів радіоактивного забруднення стало зрозуміло, що необхідно евакуювати місто Прип'ять, що й було здійснено 27 квітня. У перші дні після аварії було евакуйоване населення 10-кілометрової зони. У наступні дні було евакуйоване населення інших населених пунктів 30-кілометрової зони.

У результаті аварії із сільськогосподарського обороту було виведено близько 5 млн га земель, навколо АЕС створена 30-кілометрова зона відчуження, знищені й поховані (закопані важкою технікою) сотні дрібних населених пунктів.

Забрудненню піддалося більш 200 000 км<sup>2</sup>, приблизно 70 % — на території Білорусії, Росії й України.

Чорнобильська катастрофа за кількістю потерпілих і згубними наслідками значно перевершує атомне бомбардування Хіросіми.

У результаті аварії тільки серед ліквідаторів померли десятки тисяч чоловік, у Європі зафіксовано 10 000 випадків каліцтв у немовлят, 10 000 випадків раку щитовидної залози й очікується ще 50 000. За даними організації Союз «Чорнобиль», з 600 000 ліквідаторів 10 % вже померло й 165 000 стало інвалідами.

Найбільші дози одержали приблизно 1000 чоловік, що знаходилися поруч з реактором у момент вибуху й брали участь в аварійних роботах у перші дні після нього. Ці дози варіювалися від 2 до 20 грей (Гр) і в ряді випадків виявилися смертельними.

Героїчними зусиллями удалося ліквідувати пожежу, після чого над зруйнованим реактором спорудили «саркофаг» — бетонну конструкцію, яка захищає усіх від поширення радіаційного забруднення.

Зараз усі блоки Чорнобильської АЕС виведені з експлуатації. Готується новий проект будівництва більш сучасного саркофага.

## 2. Не допустити нової Хіросіми й Нагасакі!

Доктрина ядерної війни була прийнята в США відразу після Другої світової війни. На першому етапі розглядалася можливість ведення загальної ядерної війни, для якої характерно необмежене, масоване й сконцентроване за часом застосування усіх видів ядерної зброї, як по військових, так і по цивільних цілях у сполученні з іншими засобами. Перевага в такого роду конфлікті повинна була мати сторона, яка першою завдасть масований ядерний удар по території супротивника з метою знищення його ядерних сил.

Однак така атака могла не принести бажаного ефекту, оскільки створювала значну ймовірність нанесення відповідного удару по великих містах і промислових центрах. Крім того, виділення величезної кількості енергії в результаті вибухів, викиди сажі й попелу внаслідок пожеж (так звана «ядерна зима» чи «ядерна ніч») і радіоактивне зараження мали б катастрофічні наслідки для життя на всій Землі. Прямо чи побічно в таку війну — «третю світову» — виявилися б утягнуті всі чи більшість країн світу. Існувала ймовірність того, що розв'язання такої війни призвело б до загибелі людської цивілізації, глобальної екологічної катастрофі.

Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) попереджає: загроза ядерної війни зросла у 20 разів. Найближчим часом ядерну зброю можуть мати 20 країн. Єдиний шлях запобігти цьому — якомога швидше прийняти міжнародні угоди, що забороняють ядерні випробування.

Людство переживає зараз період, що ввійде в історію, як час найбільшої битви за мир, час, коли вирішувалося, бути життю на Землі чи не бути. Ситуація дуже складна. Сьогодні дедалі частіше лунають голоси проти Договору про нерозповсюдження ядерної зброї, що обмежує кількість ядерних держав.

З огляду на сучасний розвиток технологій, ядерну зброю можна одержати за умови мінімальної витрати сил і коштів.

Якщо півстоліття тому вартість розробки ядерної зброї доходила до 40 млрд доларів, то тепер потрібно не більше 300 млн. Цікаве порівняння: полк сучасних винищувачів з 24 машин коштує усього 1,5 млрд. доларів.

Ядерна зброя стає дедалі доступнішою!

Мільйони людей по всій Землі повинні зрозуміти: залишатися пасивними не можна. Не боротися за мир — значить загинути!

Цей урок можна провести у вигляді звичайного уроку-лекції, можна провести у формі уроку-конференції. А можна об'єднатися з учителем історії й провести інтегрований урок-узагальнення (фізика + історія).

Мета такого уроку-конференції — систематизувати, узагальнити знання про ядерне протистояння наддержав середини ХХ — початку ХХІ століть і відповісти на поставлені питання, спираючись на знання, отримані учнями на уроках фізики й історії.

Якби ж то результати наукової діяльності завжди слугували добру! Але історія людства, на жаль, свідчить про зворотнє.

Свідчення тому — ядерна загроза.

«Гарна наука — фізика! Тільки життя коротке». Ці слова належать ученому, що зробив у фізиці надзвичайно багато. Це сказав академік Ігор Васильович Курчатов, творець першої у світі атомної електростанції.

Вчителеві потрібно продумати й оформлення цього уроку (використовувати Інтернет, мультимедіа). Можна на уроці показати фрагменти відеофільму «Братерство бомби».



## Урок 13/60

**Тема.** Узагальнюючий урок

**Мета уроку:** узагальнити й систематизувати знання учнів за вивченою темою, підготувати їх до тематичного оцінювання.

**Тип уроку:** урок закріплення знань.

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

На цьому уроці вчитель повинен узагальнити вивчений матеріал з теми «Атомне ядро. Атомна енергетика» і підготувати учнів до підсумкового тематичного оцінювання знань.

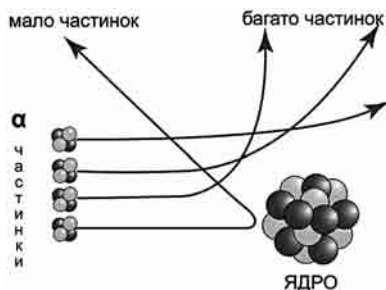
На цьому уроці вчитель може використовувати блок-схеми, узагальнюючі таблиці, графіки, розв'язувати якісні та розрахункові задачі, використовувати тренувальні тести.

Прийомів багато, мета одна — якісно узагальнити й повторити матеріал даної теми і підготувати учня до майбутнього тематичного оцінювання.

Вашій увазі пропонуються тренувальні тести. Рекомендується кожне завдання розв'язувати в класі «колективно», використовуючи «пальчики» учнів (див. урок № 6/6).

### Тренувальні тести

1. На рисунку показана схема досвіду Резерфорда. На підставі цього досліду Резерфорд:

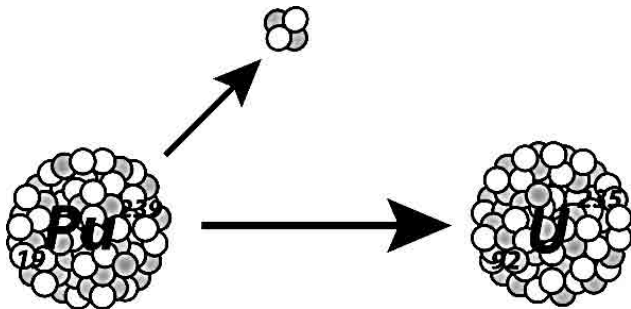


- А** запропонував нейтронно-протонну модель ядра;
- Б** пояснив явище радіоактивності;
- В** пояснив механізм ланцюгової ядерної реакції;
- Г** запропонував планетарну модель атома.

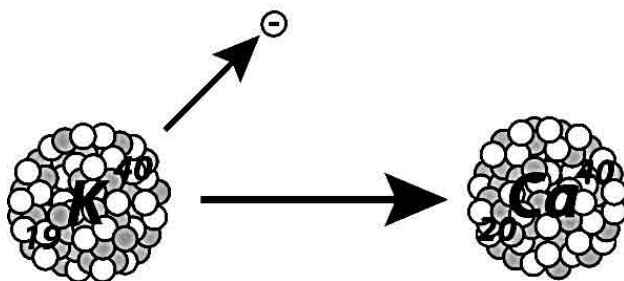
2. На рисунку показаний дослід Беккереля. Він загорнув фотопластинку в щільний чорний папір, поклав зверху крупинки уранової солі й виставив на яскраве сонячне світло... Беккерель відкрив явище:



- А електромагнітної індукції;  
 Б магнітної взаємодії;  
 В радіоактивності;  
 Г дисперсії.
3. На рисунку показана схема розпаду. При розпаді ядра одержуємо елемент, що в Періодичній таблиці розташований від нього:

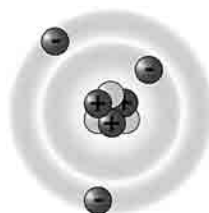


- А на дві клітинки лівіше;  
 Б на дві клітинки правіше;  
 В на одну клітинку правіше;  
 Г на одну клітинку лівіше.
4. На рисунку показана схема розпаду. При розпаді ядра одержуємо елемент, що в Періодичній таблиці розташований від нього:

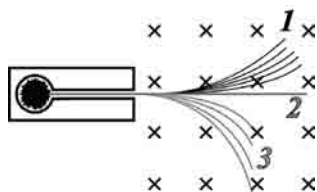


- А** на дві клітинки лівіше;  
**Б** на дві клітинки правіше;  
**В** на одну клітинку правіше;  
**Г** на одну клітинку лівіше.
5. На рисунку показана модель атома.

- А** Це атом Гідрогену.  
**Б** Це атом Літію.  
**Б** Це атом Гелію.  
**В** Це атом Бору.



6. Радіоактивний препарат, що знаходиться на дні каналу у шматку свинцю, дає вузький пучок радіоактивного випромінювання. У магнітному полі пучок розщеплюється на три частини (див. рисунок).



- А** Пучок 1 являє собою потік  $\alpha$ -частинок.  
**Б** Пучок 2 являє собою потік  $\beta$ -частинок.  
**В** Пучок 3 являє собою потік  $\gamma$ -частинок.  
**Г**  $\alpha$ -частинки являють собою ядра атома Гелію.

### Домашнє завдання

Підготуватися до підсумкового тематичного оцінювання.

## Урок 14/61

**Тема.** Тематичне оцінювання знань по темі: «Атомне ядро. Ядерна енергетика»

**Мета уроку:** контроль та оцінювання знань, умінь і навичок учнів з вивченої теми.

**Тип уроку:** урок контролю й оцінювання знань.

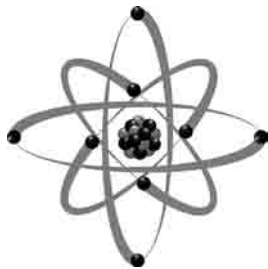
### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Підсумкове тематичне оцінювання можна провести у вигляді тестування або звичайної контрольної роботи. Тестування учнів можна виконати на уроці в класі, а контрольну роботу задати додому. Можна запропонувати учням виконати і контрольну роботу, і тестування на двох уроках (якщо у вчителя є така можливість).

Як приклад наводимо два варіанти контрольної роботи.

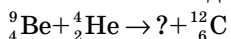
#### Варіант 1

1. (1 бал) На рисунку показана планетарна модель атома Резерфорда. Яке з наведених нижче висловлень визначає цю модель?



- А** Атом складається з ядра й електронів. Заряд і майже вся маса атома зосереджені в ядрі.
- Б** Атом складається з ядра й електронів, що обертаються навколо ядра. Позитивний заряд і майже вся маса атома зосереджені в ядрі.
- В** Позитивний заряд атома розосереджений по всьому обсягу атома, а негативно заряджені електрони «украплені» у нього.
- Г** Атом складається з протонів й електронів. Заряд і майже вся маса атома зосереджені в ядрі.

2. (1 бал) Яка частинка вивільнюється під час ядерної реакції:



А  ${}^0_{-1}e$

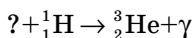
Б  ${}^1_0n$

В  ${}^1_1\text{H}$

Г  ${}^4_2\text{He}$

3. (2 бали) Ядро атома Арсену складається з 75 частинок. Навколо ядра рухаються 33 електрони. Скільки в ядрі цього атома протонів і нейтронів?

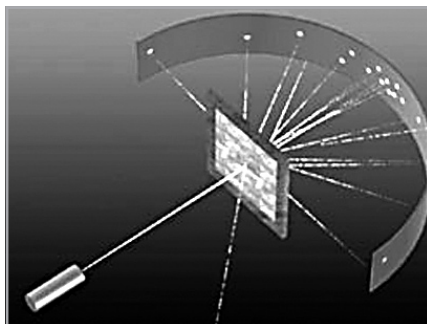
4. (2 бали) Допишіть відсутні позначення:



5. (3 бали) Під час бомбардування алюмінію  ${}^{27}_{13}\text{Al}$   $\alpha$ -частинками утворюється фосфор  ${}^{30}_{15}\text{P}$ . Запишіть цю реакцію.
6. (3 бали) Який ізотоп утвориться з  ${}^{133}_{51}\text{Sb}$  після чотирьох  $\beta$ -розпадів?

### Варіант 2

1. (1 бал) Вкажіть елемент установки в досліді Резерфорда, що служить для реєстрації альфа-частинок.



- А Золота фольга.  
Б Радіоактивна речовина.  
В Мікроскоп.  
Г Екран, покритий люмінофором.

2. (1 бал) Які сили перешкоджають зближенню атомних ядер?
- А Ядерні.
  - Б Електростатичні.
  - В Гравітаційні.
  - Г Магнітні.
3. (2 бали) У ядрі атома Марганцю 55 частинок, з них 25 протонів. Скільки нейтронів у ядрі й скільки електронів обертається навколо ядра цього атома?
4. (2 бали) Визначте невідомий продукт X ядерної реакції:
- $${}_{5}^{11}\text{B} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow \text{X} + {}_{0}^{1}\text{n}$$
5. (3 бали) Під час опромінення ізотопу Нітрогену  ${}_{7}^{15}\text{N}$  протонами утворюється ядро атома Карбону й  $\alpha$ -частинка. Запишіть цю реакцію.
6. (3 бали) На що перетворюється  ${}_{92}^{238}\text{U}$  після двох розпадів й одного розпаду?

## УЗАГАЛЬНЮЮЧІ УРОКИ

### Тематичне планування

№ з/п	Тема уроку	Дата проведення
1	Фізична картина світу	
2	Фізика та науково-технічний прогрес	
3	Підсумкове заняття	

## Урок 1/62

**Тема.** Фізична картина світу

**Мета уроку:** узагальнити відомості про розвиток фізики й поглядів на наукову картину світу.

**Тип уроку:** урок закріплення знань.

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Специфіка узагальнюючих уроків полягає в їхній світоглядній спрямованості. Дуже складно сконструювати урок так, щоб він пройшов «на одному подиху» і був цікавий кожному учневі. Учитель повинен, використовуючи свої особисті можливості й можливості фізичного кабінету, сам добре підготуватися до цього уроку: дібрати відеозаписи й аудіозаписи, вірші, скористатися матеріалами Інтернету.

Людина — з моменту її появи як біологічного виду впродовж усього свого існування намагається осмислити навколишній світ, розібратися в його будові й визначитися в ньому.

«Заплющте очі, звільніть вуха, напружте слух, і від найніжнішого подуву до найгучнішого шуму, від найпростішого звуку до найвищої гармонії, від найпотужнішого пристрасного крику до найтихіших слів розуму — усе це мова природи, що виявляє своє буття, свою силу, своє життя...

Вона дає чудове видовище; чи бачить вона його сама, не знаємо, але вона його дає для нас, а ми, непомічені, дивимося під власним кутом... Перед кожним з'являється вона в особливому виді. Вона ховається під тисячею імен і назв, і все одно та сама. Вона увела мене в життя, воно і поведе. Я довіряю їй. Нехай вона робить зі мною, що забажає...» — так писав про природу німецький поет, мислитель і натураліст Йоганн Вольфганг Гете.

Людина — дитя природи. І вона повинна уміти з нею розмовляти. Але як? Якою мовою? Французький поет Шарль Бодлер писав:

Природа — это храм, где камни говорят,  
Хоть часто их язык бывает непонятен.  
Вокруг — лес символов, тревожен, необъятен,  
И символы на нас с усмешкою глядят.



Мову природи люди розгадали вже давно. Ще Галілей говорив, що «книга природи написана математичними знаками». У цьому ми не вагаємося і сьогодні, триста років потому.

«Питання доводиться ставити природі мовою математики, — писав Вернер Гейзенберг, — тому що тільки нею можна одержати відповідь».

Фізика за весь період свого існування — від давньогрецького філософа Арістотеля до наших днів — нерозривно пов'язана не тільки з вивченням конкретних явищ, але й зі створенням цілісної картини світу.

Дуже давно люди цікавилися тим, як улаштований світ, у якому вони живуть, і питали у мудреців: яку форму має Земля? На чому вона тримається? Спочатку відповіді були зовсім фантастичними. Наприклад, у Давній Індії були упевнені, що Землю підтримують чотири слони, які стоять на гігантській черепаці.

Існувала думка, що небо — величезний купол, що перекриває Землю. До купола прикріплені зірки, і по ньому в колісницях роз'їжджають Сонце (удень) і Місяць (уночі). Існувала легенда, що якийсь мандрівник, дійшовши до краю Землі, переконався в цьому особисто.

Арістотель узагальнив роботи давньогрецьких філософів і математиків, визнавши кулястість Землі. За часів Арістотеля, крім Місяця і Сонця, було відомо ще п'ять небесних тіл, які певним чином пересувалися по небозводу. Ця картина світу стала основою світорозуміння майже на 2000 років, до появи праць Коперніка.

Арістотель обґрунтовував геоцентризм у такий спосіб: Земля є важким тілом, а природним місцем для важких тіл є центр Всесвіту; як показує досвід, усі важкі тіла падають прямовисно, а оскільки вони рухаються до центра світу, Земля знаходиться в центрі.

Видатний польський астроном Микола Копернік у своїй книзі «Про обертання небесних сфер» доводив, що Всесвіт улаштований зовсім не так, як багато століть стверджувала релігія. Оскільки в центрі світу Копернік помістив Сонце, то цю систему стали називати геліоцентричною.

Учення Коперніка було визнано не відразу. Ми знаємо, що за вироком інквізиції 1600 року видатний італійський філософ, послідовник Коперніка Джордано Бруно був спалений у Римі.

1633 року Галілей постав перед судом інквізиції. Старого вченого змусили підписати «зречення» від своїх поглядів і до кінця життя тримали під наглядом інквізиції.

Картина світу Коперніка відіграла винятково важливу роль у розвитку фізики, астрономії й усього природознавства.

І в епоху античності, й у XVII столітті визнавалася важливість вивчення руху небесних світил. Але якщо для давніх греків дана проблема мала більш філософське значення, то для XVII століття визначальним був аспект практичний. Розвиток мореплавання обумовлював необхідність розробки більш точних астрономічних таблиць для навігації порівняно з тими, що були потрібні для астрологічних цілей.

Знайти розв'язок зміг лише Ньютон, який завдяки відкриттю закону всесвітнього тяжіння і трьох основних законів механіки оформив все, що було відомо в механіці, у вигляді цілісної наукової теорії.

Вершиною наукової творчості І. Ньютона стала його безсмертна праця «Математичні початки натуральної філософії», вперше опублікованої 1687 року. У ній він узагальнив результати, отримані його попередниками, і свої власні дослідження й розробив єдину упорядковану систему земної і небесної механіки, що лягла в основу всієї класичної фізики.

Картина світу за Ньютоном стала основою для багатьох технічних досягнень протягом тривалого часу. На її основі постало багато методів наукових досліджень у різних галузях природознавства.

На початку XX сторіччя вчені почали вивчати зірки. З'ясувалося, що «горіння» цих гігантських сполук пов'язано зі структурою й особливостями найменших на той час об'єктів — атомних ядер. Процеси, що забезпечують «горіння» Сонця, обумовлені термоядерними реакціями.

Термоядерні реакції відіграють вирішальну роль в еволюції хімічного складу речовини у Всесвіті. Усі ці реакції супроводжуються виділенням енергії, що забезпечує випромінювання зірками світла протягом мільярда років.

Здійснення керованих термоядерних реакцій на Землі обіцяє людству нове практично невичерпне джерело енергії, що здатне вирішити енергетичну проблему людства.

10 вересня 2008 року відбувся офіційний запуск Великого адронного колайдера. Розташований він у науково-дослідному центрі Європейської ради ядерних досліджень на кордоні Швейцарії та Франції.

Великий адронний колайдер, чи просто ВАК, є прискорювачем заряджених частинок, призначений для розгону й зіткнення адронів.

Для чого ж потрібний ВАК? За допомогою колайдера вчені сподіваються більше довідатися про елементарні частинки. На практиці підтвердити чи спростувати, наприклад, теорію «Великого вибуху». Дізнатися, нарешті, звідки ж узявся наш Всесвіт.

Учені вважають, що експеримент дозволить у мініатюрі відтворити «Великий вибух», який 13,7 мільярдів років тому поклав початок Всесвіту. Крім цього, вони сподіваються знайти дві нові частинки, невідомі раніше людству, й, зрештою, відкрити шлях до подорожей у часі.

Отже, сучасна фізика демонструє нам єдність природи. Але все-таки багато чого нам дізнатися ще не удалося. Сьогодні вчені упевнені: щоб остаточно одержати сучасну картину світу, аби вирішити нові загадки Всесвіту, потрібно розгадати властивості елементарних частинок, поєднати разом мега- і мікросвіт.

Одного разу, перебуваючи в гостях у друзів, Ейнштейн познайомився з 18-літньою дівчиною. «А хто Ви, власне кажучи, за фахом?» — запитала дівчина сивоволосого вченого. «Я присвятив себе вивченню фізики», — відповів Ейнштейн. «Як, у такому віці Ви ще вивчаєте фізику? — здивувалася вона. — Я, наприклад, розпрощалася з нею ще понад рік тому».

Не поспішайте «прощатися» з фізикою. Фізика робить людину не тільки розумнішою, але й сильнішою. Саме вона допомогла людині позбутися первісного страху і знайти спільну мову з природою...

## Урок 2/63

**Тема.** Фізика та науково-технічний прогрес

**Мета уроку:** формування в учнів уявлень про роль науки в житті суспільства, про її гуманістичну сутність, значення моральної позиції вченого, його моральну відповідальність за наслідки застосування наукових досягнень.

**Тип уроку:** урок закріплення знань.

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Головною задачею уроку є роз'яснення учнем сутності науково-технічної революції, здійснюваної як у нашій країні, так і в усьому світі. Форма уроку може бути найрізноманітнішою: бесіда, доповіді, інтегрований урок (фізика та математика, фізика та хімія, фізика та біологія тощо), урок-лекція. Для підготовки й проведення уроку можна скористатися й комп'ютером (демонстрації, матеріали з Інтернету), і мультимедіа, і фрагментами відеофільмів. Можна показати слайд-фільми, підготувати до уроку фрагменти літературних творів (проза, вірші). Головне, щоб для учня це був не формальний урок, а урок, наповнений емоційно.

Науково-технічний прогрес (НТП) міцно укорінився в нашому сьогоdnішньому житті. Сучасна людина з молоком матері всотує уявлення про його безсумнівну користь. НТП видається «великим благодійником» людства, якого були позбавлені праотці.

Спробуємо розібратися, що дав людині науково-технічний прогрес. Чого ж усе-таки ми досягли? Однією з головних задач, поставлених перед прогресом ще в епоху Відродження (коли він ще не називався науково-технічним), було звільнення людини від труднощів фізичної праці.

Целый мир, охватив от земли до небес,  
Всполошив не одно поколение,  
По планете шагает научный прогресс.  
Что стоит за подобным явлением?  
Это странный вопрос.  
Что же тут не понять?  
Мы сильнее и счастливее будем.  
Будем больше уметь и точнее...  
Стрелять...

Как стрелять?  
Очень просто — по людям.  
Тот, кто выдумал меч, тот и начал разить.  
Нам история в этом порукой.  
Не согласен и смело могу возразить:  
Нас вперед продвигает наука,  
Человек вышел в космос и был на Луне —  
У природы все меньше секретов.  
Но любое открытие — подспорье войне:  
Тот же атом и те же ракеты...  
Как использовать знание — забота людей.  
Не наука — ученый в ответе.  
Чем прогресс обернется планете?  
Все запутано в наш оглушающий век.  
Разбираться в истории будем,  
Что важнее всего на земле?  
**ЧЕЛОВЕК.**  
Значит, все заключается в людях.

Досягнення науково-технічного прогресу вражають уяву. Він вивів людину в космос, дав їй нове джерело енергії — атом, винайшов принципово нові речовини та технічні засоби (лазер), розробив нові засоби масової комунікації й інформації тощо.

XIX століття починалося при свічках, з ручними мануфактурами, вітрильниками, диліжансами, масштабними епідеміями чуми й холери, а закінчувалося — величезними заводами, що використовують точні верстати й складні хімічні технології, океанськими лайнерами, автомобілями, електричним освітленням, телефонами, радіозв'язком і, нарешті, медициною, цілком порівняною із сучасною.

У XIX столітті з'явилася нова тенденція — фізичні закони почали використовуватися не тільки для пояснення й поліпшення уже створених інженерами пристроїв, але і стали основою для створення нових напрямків розвитку техніки.

Якщо електричні явища спочатку служили винятково для розваги, то після фундаментальних відкриттів (закон Ома, закон електромагнітної індукції, відомі рівняння Максвелла) почали інтен-

сивно розвиватися телефонний і телеграфний зв'язок, радіозв'язок, потім телебачення. На сьогодні значного розвитку здобув мобільний і комп'ютерний зв'язок.

На сучасному етапі розвитку фізичної науки великий бізнес повірив у наукові досягнення. Для розв'язання кожного нового технічного завдання сьогодні потрібні не тільки дослідження й розробки учених, інженерів і технологів, але й масштабне фінансування.

1984 року було задумане будівництво Великого адронного колайдера. Будівництво об'єкта почалося 2001 року в тунелі на території Франції й Швейцарії, а закінчилося влітку 2008 року.

Колойдер побудований у науково-дослідному центрі Європейської ради ядерних досліджень за участі фізиків з 80 країн. Будівництво цього об'єкта потребувало колосальних фінансових витрат. Жодна, навіть найрозвиненіша країна, поодиноці не змогла б витримати фінансування такого проекту.

Відмінною рисою останніх років періоду науково-технічної революції є створення за короткий час матеріальних об'єктів, сфера впливу яких охоплює увесь світ. Першим подібним прикладом став Урановий проект: уряди ряду країн (США, Росії, Великобританії, Франції та Китаю) зосередили гігантські ресурси, щоб за кілька років реалізувати цей проект. Завдяки спільному обговоренню проблеми були підписані договори про обмеження ядерних випробувань, була створена міжнародна організація МАГАТЕ.

Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) є провідним світовим міжнародним урядовим форумом науково-технічного співробітництва в галузі мирного використання ядерної технології.

У рамках глобальних зусиль щодо запобігання поширенню ядерної зброї МАГАТЕ здійснює перевірку того, щоб ядерні матеріали, що виділяються для законного мирного використання, не передавалися на військові цілі. Після того як держава-член МАГАТЕ стає учасником угоди про гарантії, інспектори Агентства контролюють весь заявлений ядерний матеріал шляхом проведення інспекцій на місцях, здійснення дистанційного спостереження і перевірки облікових документів. Без такої чіткої системи гарантій було б неможливо здійснювати пов'язані з ядерними методами торгівлю й передачу технологій. На сьогодні діє 225 угод про гарантії зі 141 державою. Ведеться подальше посилення ролі гарантій МАГАТЕ

з метою зміцнення потенціалу задля виявлення будь-якого можливого переключення ядерного матеріалу.

Можна запропонувати учням підготувати усні чи письмові повідомлення про роль науково-технічного прогресу в нашому житті:

- «Фізика й астрономія»;
- «Фізика й біологія»;
- «Фізика й інформатика»;
- «Тісний зв'язок розвитку техніки з розвитком фізичної науки»;
- «Науково-технічна революція в енергетиці, передачі електричної енергії»;
- «Науково-технічна революція в автоматизації і телекеруванні виробничими процесами, електронно-обчислювальній техніці»;
- «Створення матеріалів із заданими властивостями»;
- «Науково-технічна революція в розвитку засобів зв'язку, освоєнні космічного простору, створенні нових матеріалів».

Вчений Анрі Пуанкаре писав: «Я не говорю: наука корисна тому, що вона навчає нас створювати машини; я говорю: машини корисні тому, що, працюючи для нас, вони колись залишать нам більше часу для наукових занять... Однак геологічна історія доводить нам, що життя є лише швидкий епізод між двома вічностями смерті і що в цьому епізоді минула і майбутня тривалість свідомої думки — не більш, ніж мить. Думка — тільки спалах посередині довгої ночі. Але цей спалах — усе».

## Урок 3/64

**Тема.** Підсумкове заняття

**Мета уроку:** підбити підсумок вивчення фізики в 9 класі.

**Тип уроку:** урок закріплення знань.

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отже, ми закінчили вивчення курсу фізики в 9 класі, пройшли трирічний шлях першого етапу (7–9 класи) вивчення фізичних законів. Ми зрозуміли, що майже за 3000 років свого існування фізична наука змогла розвинути єдині представлення про природу, що поєднують наші знання про мега-, макро- і мікросвіти.

Навчившись керувати фізичними явищами, людина стала «велетнем», наприклад, створивши двигуни, у мільйони разів більш потужні, ніж людські руки, й об'єднавши усіх людей Землі надійними системами зв'язку. Чудеса сучасної техніки з'явилися, перш за все, завдяки фізиці: без знання фізичних законів неможливо проектувати й використовувати машини, механізми, прилади, космічні апарати тощо.

Учитель на цьому уроці може підбити підсумки роботи за мінутий навчальний рік, відзначаючи як позитивні, так і негативні моменти; оголосити й прокоментувати оцінки учнів за другий семестр.

Якщо в класі будуть учні, що захочуть підвищити семестрову оцінку, то можна провести додаткове оцінювання знань (за узгодженням з адміністрацією школи та батьками учня) через кілька днів після завершення навчального року.

**Резерв навчального часу:** 6 годин.

Учитель може на власний розсуд скористатися резервним часом (6 уроків): для розв'язання задач, для поглибленого вивчення окремих тем програми, для додаткового тестування, компенсації пропущених уроків (наприклад, карантин тощо).



# Зміст

## 1. Електричне поле

Урок 1/1 .....	11
Урок 2/2 .....	17
Урок 3/3 .....	23
Урок 4/4 .....	30
Урок 5/5 .....	32
Урок 6/6 .....	39

## 2. Електричний струм

Урок 1/7 .....	45
Урок 2/8 .....	49
Урок 3/9 .....	54
Урок 4/10 .....	58
Урок 5/11 .....	62
Урок 6/12 .....	67
Урок 7/13 .....	70
Урок 8/14 .....	74
Урок 9/15 .....	77
Урок 10/16 .....	81
Урок 11/17 .....	86
Урок 12/18 .....	92
Урок 13/19 .....	94
Урок 14/20 .....	96
Урок 15/21 .....	101
Урок 16/22 .....	102
Урок 17/23 .....	107
Урок 18/24 .....	108
Урок 19/25 .....	113
Урок 20/26 .....	118
Урок 21/27 .....	119
Урок 22/28 .....	124
Урок 23/29 .....	126
Урок 24/30 .....	133
Урок 25/31 .....	137
Урок 26/32 .....	142
Урок 27/33 .....	147
Урок 28/34 .....	149
Урок 29/35 .....	154
Урок 30/36 .....	159
Урок 31/37 .....	166

## 3. Магнітне поле

Урок 1/38 .....	170
Урок 2/39 .....	174
Урок 3/40 .....	178
Урок 4/41 .....	186
Урок 5/42 .....	191
Урок 6/43 .....	195
Урок 7/44 .....	197
Урок 8/45 .....	201
Урок 9/46 .....	207
Урок 10/47 .....	211

## 4. Атомне ядро.

### Ядерна енергетика

Урок 1/48 .....	216
Урок 2/49 .....	220
Урок 3/50 .....	224
Урок 4/51 .....	229
Урок 5/52 .....	233
Урок 6/53 .....	238
Урок 7/54 .....	242
Урок 8/55 .....	248
Урок 9/56 .....	254
Урок 10/57 .....	262
Урок 11/58 .....	263
Урок 12/59 .....	269
Урок 13/60 .....	273
Урок 14/61 .....	276

### Узагальнюючі уроки

Урок 1/62 .....	280
Урок 2/63 .....	284
Урок 3/64 .....	288