

§ 5. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ. ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВІДНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ

?

Напевне, багато школярів на запитання «Що б ви взяли із собою на безлюдний острів?» швидко дадуть відповідь: «Мобільний телефон і комп’ютер», — проте через деякий час, звичайно, збегнуть: «Ой, там же немає електрики!..» Важко уявити, що ще сто років тому більша частина нашої країни була подібна до такого острова: електрикою могли скористатися лише деякі люди. Сьогодні ж кожен назве не менш ніж десять електричних побутових пристрій, без яких нам уже складно уявити своє життя: пральна машина, лампа, телевізор тощо. Ці пристрій називають електричними, тому що для їхньої роботи необхідний електричний струм. З матеріалу цього параграфа ви дізнаєтесь, що таке електричний струм.

1

Вводимо визначення електричного струму

Проведемо простий дослід. Поставимо на столі два електрометри (*A* і *B*) та зарядимо один із них, наприклад, електрометр *A*. Стрілка електрометра *A* відхиливиться (рис. 5.1, а). З’єднаємо кондуктори електрометрів металевим стрижнем, закріпленим на пластмасовій ручці. За зміною кута відхилення стрілок визначимо, що заряд електрометра *A* зменшився, а незаряджений електрометр *B* отримав заряд (рис. 5.1, б). Це означає, що частина електричного заряду за рахунок переміщення частинок, які мають електричний заряд *, перейшла по стрижню від одного пристрію до іншого. У цьому випадку кажуть, що по стрижню пройшов електричний струм.

Електричний струм — це процес напрямленого руху заряджених частинок.

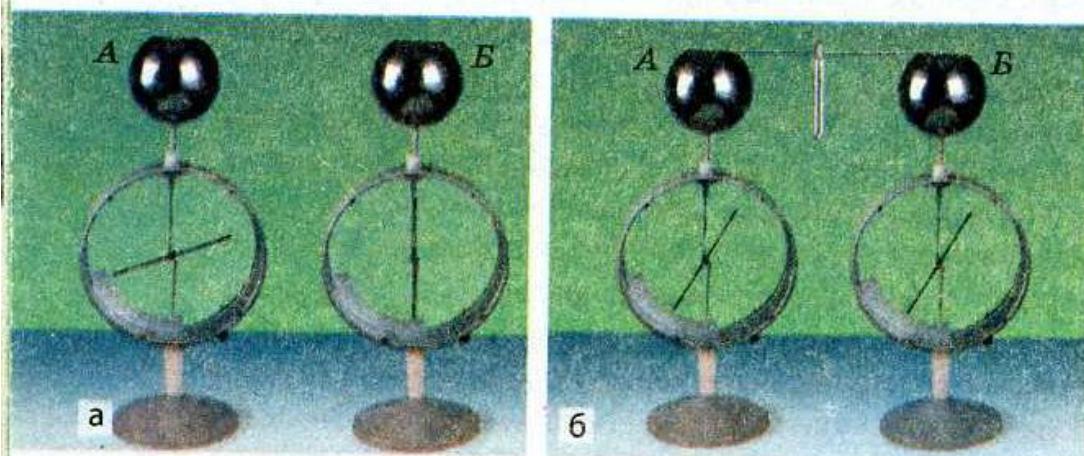


Рис. 5.1. Якщо заряджений електрометр з’єднати з незарядженим за допомогою провідника, частина заряду перейде на незаряджений електрометр

* Надалі частинки, що мають електричний заряд, називатимемо зарядженими частинками.

2

З'ясовуємо умови виникнення та існування електричного струму

З огляду на визначення електричного струму можна сформулювати першу з двох необхідних умов його виникнення та існування в будь-якому середовищі. Очевидно, що *в середовищі повинні бути вільні заряджені частинки, які можуть переміщатися по всьому середовищу* (такі частинки ще називають *носіями струму*).

Однак цієї умови недостатньо для того, щоб у середовищі виник і протягом певного часу існував електричний струм. Зазвичай для створення та підтримування напрямленого руху вільних заряджених частинок необхідна *наявність електричного поля*. Справді, під дією електричного поля рух заряджених частинок, які можуть вільно переміщатися в середовищі, набуде впорядкованого (напрямленого) характеру, що й означатиме появу в цьому середовищі електричного струму.

3

Учимося розрізняти провідники, діелектрики та напівпровідники

Знаючи умови виникнення та існування електричного струму, неважко здогадатися, що здатність проводити електричний струм, або, як кажуть фізики, *електрична провідність*, у різних речовин є різною. Залежно від цієї здатності всі речовини й матеріали прийнято поділяти на *проводники*, *діелектрики* (ізолятори) і *напівпровідники*.

Провідниками називають речовини й матеріали, що добре проводять електричний струм.

Провідниками є метали, водні розчини солей (наприклад, кухонної), кислот і лугів. Волога земля, тіло людини або тварини добре проводять електричний струм, бо містять речовини, що є провідниками. Висока електрична провідність зумовлена наявністю у провідниках великої кількості вільних заряджених частинок. Так, у металевому провіднику частина електронів, залишивши атоми, вільно «мандрює» по всьому його об'єму. Кількість таких електронів сягає 10^{23} у кубічному сантиметрі.

Діелектриками називають речовини, які погано проводять електричний струм.

Діелектриками є деякі тверді речовини (ебоніт, порцеляна, гума, скло та ін.), деякі рідини (дистильована вода, гас та ін.) й деякі гази (водень, азот та ін.). У діелектриках майже відсутні вільні заряджені частинки, отже, проходження через них струму практично неможливе.

Провідники й діелектрики широко застосовують у промисловості, побуті, техніці. Так, проводи, якими підводять електричний струм від електростанцій до споживачів, виготовляють із металів — хороших провідників. При цьому на опорах проводи розташовують на ізоляторах, — це запобігає стіканню електричного заряду в землю (рис. 5.2). З такою ж метою шаром діелектрика вкривають кабелі, які прокладають у землі.

Існує також багато речовин, які називають *напівпровідниками*. Зазвичай такі речовини погано проводять електричний струм, і їх можна віднести до діелектриків. Однак, наприклад, у разі підвищення температури

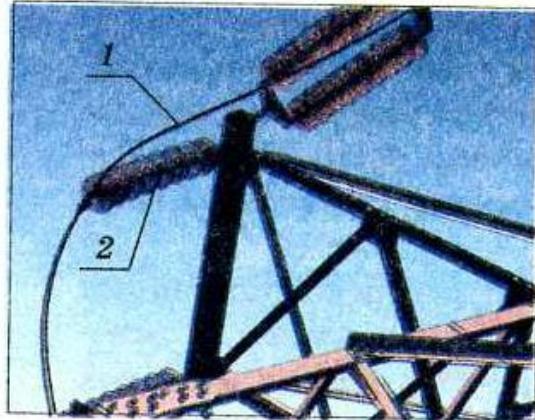


Рис. 5.2. Створення ліній електропередачі неможливе без використання провідників (1) і діелектриків (2)

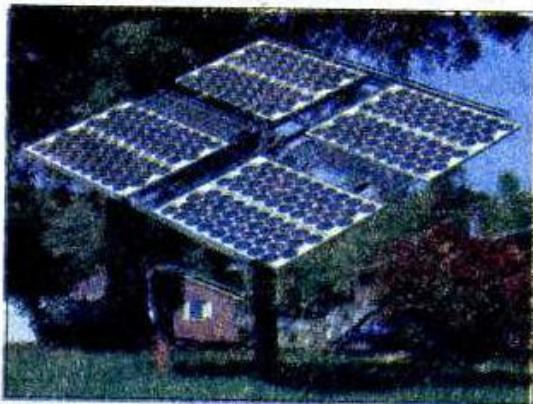


Рис. 5.3. Напівпровідникові кристали використовують для виготовлення сонячних батарей

або збільшення освітленості в напівпровідниках з'являється достатня кількість вільних заряджених частинок і напівпровідники стають провідниками. Прикладами напівпровідників можуть бути такі речовини, як германій, силіцій, арсен і багато інших. Напівпровідники широко використовують для виготовлення радіоелектронної апаратури, сонячних батарей (рис. 5.3) тощо.

І

Підбиваємо підсумки

Електричний струм — це процес нарядженого руху частинок, що мають електричний заряд.

Для виникнення й існування електричного струму необхідна наявність вільних заряджених частинок та електричного поля, дія якого створює й підтримує їхній направлений рух.

Залежно від електричної провідності всі речовини умовно поділяють на провідники (речовини, які добре проводять електричний струм), діелектрики (речовини, які погано проводять електричний струм) і напівпровідники.

?

Контрольні запитання

1. Що таке електричний струм? 2. Сформулюйте умови виникнення та існування електричного струму. 3. Які речовини відносять до провідників, діелектриків, напівпровідників? Наведіть приклади. 4. Чому метали добре проводять електричний струм? 5. Наведіть приклади використання провідників і діелектриків.

§ 6. ДІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

Ви вже знаєте, що електричним струмом називають процесс напрямленого руху частинок, які мають електричний заряд. Але як з'ясувати, чи тече по провіднику електричний струм? Адже побачити, наприклад, як у металевому стрижні рухаються вільні електрони, неможливо. Проте відомо, що наявність електричного струму виявляється через його дії. Саме про різні дії електричного струму ви дізнаєтесь з цього параграфа.

1 Дізнаємося про теплову дію електричного струму

Теплова дія струму виявляється у нагріванні провідника, по якому тече струм. Так, коли ви прасуєте, припаюєте деталь електричним паяльником, готуєте на електричній плиті, обігріваєте кімнату електричним нагрівником, то використовуєте побутові прилади, функціонування яких ґрунтуються на тепловій дії електричного струму.

Теплову дію електричного струму широко використовують не тільки в побуті, але й у промисловості та сільському господарстві, наприклад для зварювання, різання й плавлення металів, для функціонування теплиць та інкубаторів, сушіння зерна, готовання сінажу тощо.

У природі ми теж зустрічаємося з теплою дією електричного струму: енергія, що виділяється під час блискавки, може спричинити лісову пожежу (рис. 6.1).

2 Спостерігаємо хімічну дію електричного струму

Коли через розчин солей, кислот і лугів проходить електричний струм, на електродах, занурених у цей розчин, відбуваються хімічні реакції. Отже, у даному випадку маємо справу з *хімічною дією струму*.

Так, якщо в посудину з водним розчином купрум сульфату (CuSO_4) опустити два вугільні електроди й пропустити через розчин електричний струм (рис. 6.2, а), то через деякий час один з електродів вкриється тонким шаром чистої міді (рис. 6.2, б).

Слід зазначити, що *хімічна дія струму виявляється не завжди*. Пропустивши струм, наприклад, через метали, ми не виявимо жодних хімічних змін.



Рис. 6.1. Досить часто лісові пожежі спричиняються блискавкою



Рис. 6.2. Дослід, що демонструє хімічну дію електричного струму: якщо протягом деякого часу пропускати струм через водний розчин купрум сульфату (а), на одному з електродів з'явиться тонкий шар міді (б)

Далі ви докладніше познайомитеся з різними випадками хімічного розкладення речовин під дією електричного струму, а також дізнаєтесь про застосування цього явища на практиці.

3 Знайомимося з магнітною дією електричного струму

Провідник, по якому тече електричний струм, набуває магнітних властивостей і починає притягувати залізні предмети. Переконатися в цьому можна за допомогою звичайного залізного цвяха. Намотаемо на цвях ізольований провід й пропустимо по проводу електричний струм. Цвях, подібно до магніту, почне притягувати до себе залізні предмети, тобто виявить магнітні властивості (рис. 6.3).

Функціонування різноманітних електричних двигунів, електровимірювальних приладів (рис. 6.4) можливе тільки завдяки *магнітній дії струму*. Докладніше з магнітною дією струму ви познайомитеся, вивчаючи магнітні явища.

Розглядаючи різні дії електричного струму, слід звернути увагу на те, що найчастіше декілька дій виявляються одночасно. Справді, якщо вимірювати, наприклад, температуру розчину купрум сульфату під час описаного вище досліду (див. рис. 6.2), то можна помітити, що температура розчину поступово збільшується, а якщо біля посудини помістити магнітну стрілку, то під час проходження струму стрілка відхилятиметься.

4 Дізнаємося про дію електричного струму на організми

Електричний струм чинить теплову, хімічну, магнітну дії на живі організми, у тому числі на людину. Напевно, більшість із вас відвідували в поліклініці кабінет фізіотерапії. Багато приладів, що є в цьому кабінеті, призначені для *електролікування*, під час якого теплова дія електричного струму використовується для прогрівання окремих частин тіла, хімічна



Рис. 6.3. Під час пропускання струму цвях стає магнітом і притягує до себе залізні ошурки

й магнітна — для стимуляції діяльності різних органів, поліпшення обміну речовин тощо.

Слід, однак, пам'ятати, що далеко не завжди електричний струм діє на організм людини цілюще. Струм може викликати опік, судоми й навіть спричинити смерть. Тому, перед тим як користуватися будь-яким електроприладом чи пристроєм, слід уважно вивчити додану інструкцію і неухильно її дотримуватися.

! Підбиваємо підсумки

Під час проходження в провіднику електричний струм може чинити теплову дію (нагрівання провідника), хімічну дію (хімічне розкладення рідини, яка проводить струм), магнітну дію (відхилення магнітної стрілки, намагнічування заліза).

Дуже часто різні дії електричного струму виявляються одночасно. Завдяки тепловій, хімічній та магнітній діям електричний струм впливає на живі організми, у тому числі на людину.

? Контрольні запитання

1. Як дізнатися, чи проходить у провіднику струм?
2. Перелічіть дії електричного струму.
3. Наведіть приклади тепової дії електричного струму.
4. Опишіть дослід, який підтверджує, що електричний струм чинить хімічну дію.
5. Чи завжди виявляється хімічна дія струму?
6. Що слід зробити, щоб намагнітити залізний цвях?
7. Наведіть приклади на підтвердження того, що електричний струм діє на організм людини. Як ця дія виявляється? Де її використовують?

1

Знайомимося з джерелами електричного струму

Зрозуміло, що будь-який справний електротехнічний пристрій працюватиме тільки тоді, коли виконані умови існування електричного струму: наявність вільних заряджених частинок і електричного поля. За створення електричного поля «відповідають» *джерела струму*.

У джералах електричного струму електричне поле створюється й підтримується завдяки розділенню різноменних електричних зарядів. У результаті на одному полюсі джерела накопичуються частинки, що мають позитивний заряд, а на другому — частинки, що мають негативний заряд. Між полюсами виникає електричне поле. Під дією цього поля в провіднику, яким з'єднані полюси, вільні заряджені частинки починають напрямлений рух, тобто виникає електричний струм.

Однак розділити різноменні заряди не так просто, адже між ними існують сили притягання. Для розділення у джералах електричного стру-

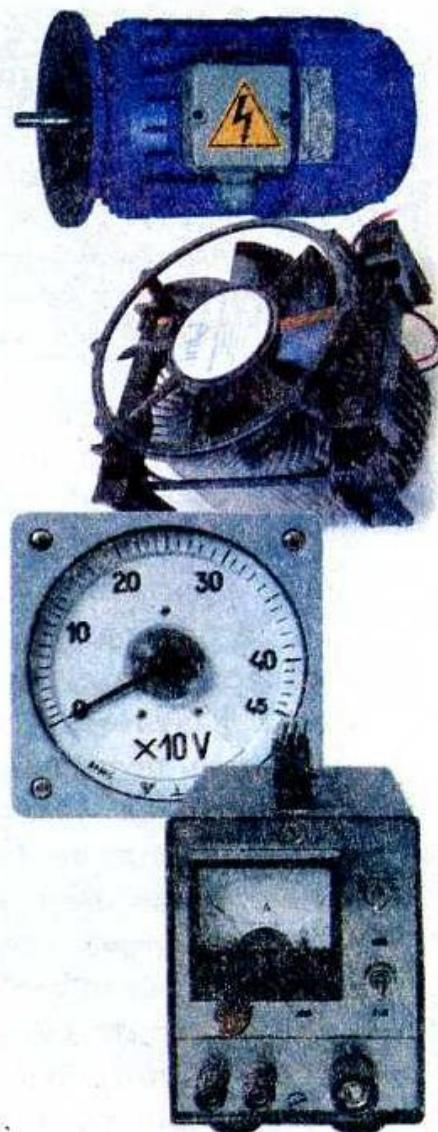


Рис. 6.4. Робота електричних двигунів й електровимірювальних пристріїв ґрунтуються на магнітній дії струму

§ 7. ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ. ГАЛЬВАНІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ Й АКУМУЛЯТОРИ

Багатьом знайома ситуація: необхідно терміново зателефонувати, ви берете мобільний телефон і з прикрістю виявляєте, що батарея акумуляторів розрядилась, а телефон із дива технічної думки перетворився на шматок пластику. Те саме може статись і з акумуляторами фотоапарата, плеєра, ліхтарика, годинника. Що робити далі, знає навіть першокласник, а от як працює акумулятор, ви дізнаєтесь з цього параграфа.

1 Знайомимося з джерелами електричного струму

Зрозуміло, що будь-який спрощений електротехнічний пристрій працюватиме тільки тоді, коли виконані умови існування електричного струму: наявність вільних заряджених частинок і електричного поля. За створення електричного поля «відповідають» *джерела струму*.

У джералах електричного струму електричне поле створюється і підтримується завдяки розділенню різномінних електричних зарядів. У результаті на одному полюсі джерела накопичуються частинки, що мають позитивний заряд, а на другому — частинки, що мають негативний заряд. Між полюсами виникає електричне поле. Під дією цього поля в провіднику, яким з'єднані полюси, вільні заряджені частинки починають напрямлений рух, тобто виникає електричний струм.

Однак розділити різномінні заряди не так просто, адже між ними існують сили притягання. Для розділення у джералах електричного струму різномінних зарядів, а отже, для створення електричного поля, необхідно виконати роботу. Її можна виконати за рахунок механічної, хімічної, теплової та інших видів енергії.

Джерела електричного струму — пристрої, що перетворюють різні види енергії на електричну енергію.

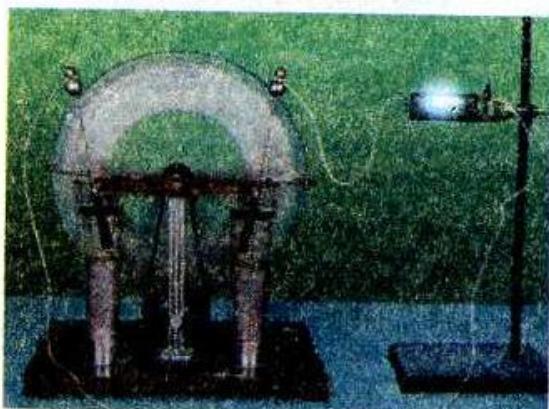


Рис. 7.1. Якщо різномінно заряджені кондуктори електрофорної машини з'єднати з електричною лампою, у лампі виникає електричний струм. Лампа світиться, поки обертаються диски машини, — у цьому випадку механічна енергія перетворюється на електричну

2 Дізнаємося про різні види джерел електричного струму

Усі джерела електричного струму можна умовно розділити на *фізичні* й *хімічні*.

До *фізичних джерел електричного струму* прийнято відносити пристрої, в яких розділення зарядів відбувається за рахунок механічної, світлової або теплової енергії. Прикладами таких джерел струму можуть бути електрофорна машина (рис. 7.1), турбогенератори електростанцій (рис. 7.2), фото- і термоелементи (рис. 7.3, 7.4) тощо.

Незважаючи на всю різноманітність фізичних джерел електричного струму, у повсякденному житті ми здебільшого маємо справу з *хімічними джерелами електричного струму* — гальванічними елементами

й акумуляторами. Хімічними джерелами електричного струму називають пристрій, в яких розподіл зарядів відбувається за рахунок енергії, що виділяється внаслідок хімічних реакцій.

3 Створюємо гальванічний елемент

Візьмемо мідну й цинкову пластинки та очистимо їхні поверхні. Між пластинками покладемо тканину, змочену в слабкому розчині сульфатної кислоти. Виготовлений пристрій являє собою найпростіше хімічне джерело електричного струму — *гальванічний елемент* (рис. 7.5). Якщо з'єднати пластинки через *гальванометр* (чутливий електровимірювальний прилад, який часто використовують як індикатор наявності слабкого електричного струму), то прилад зафіксує наявність струму.

Гальванічний елемент уперше створив італійський учений *A. Вольта* (рис. 7.6); назвав його на честь свого співвітчизника *L. Гальвані* (рис. 7.7).

Будь-який гальванічний елемент складається з *двох електродів* та *електроліту*. Електроди можна виготовити з різних металів. Досить часто замість одного з металевих електродів використовують вугільний електрод або такий, що містить оксиди металів. Електролітом слугує тверда або рідка речовина, що проводить електричний струм завдяки наявності в ній великої кількості вільних заряджених частинок — *йонів*.

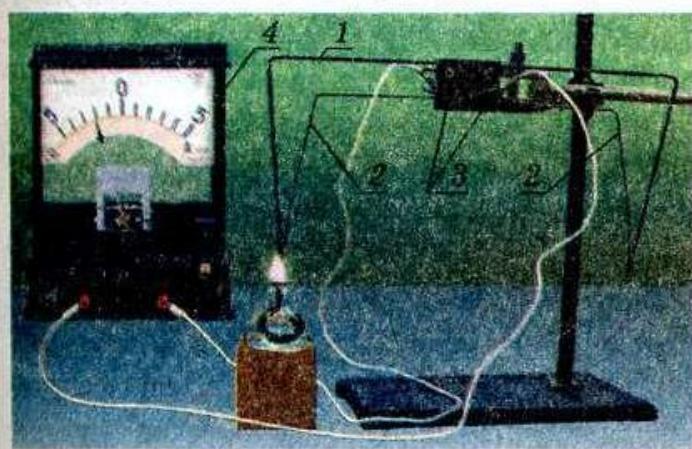


Рис. 7.4. До кінців константанового дроту (1) припаяно два залізні дроти (2). Їхні вільні кінці (3) з'єднано з гальванометром (4) — приладом, що фіксує наявність електричного струму. Якщо нагріти місце спаю, прилад зафіксує виникнення струму: теплова енергія перетворюється на електричну



Рис. 7.2. Завдяки турбогенераторам, що перетворюють механічну енергію обертання турбін на енергію електричного струму, виробляють 80% споживаної у світі електроенергії



Рис. 7.3. Сонячні батареї на «Січ-1М» — супутнику дистанційного зондування Землі — здатні постачати електроенергію для всього комплексу дослідницької апаратури. Сонячні батареї перетворюють енергію світла на електричну енергію

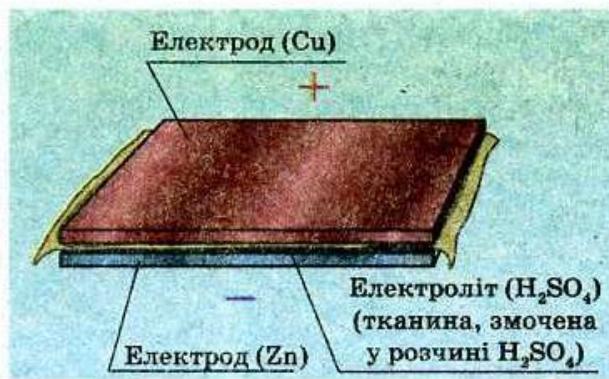


Рис. 7.5. Найпростіший гальванічний елемент



Рис. 7.6. Алессандро Вольта (1745–1827) — італійський фізик. Здійснив низку важливих досліджень у галузі електрики, винайшов перший у світі гальванічний елемент і батарею гальванічних елементів — «вольтів стовп»



Рис. 7.7. Луїджі Гальвані (1737–1798) — італійський анатом і фізіолог. Досліди, описані ним, підказали А. Вольті ідею створення хімічного джерела струму

У гальванічному елементі на рис. 7.5 електродами є цинкова й мідна пластинки, а електролітом — розчин сульфатної кислоти.

Між електродами й електролітом відбуваються хімічні реакції*, у результаті яких один із електродів (*анод*) набуває позитивного заряду, а другий (*катод*) — негативного. Через деякий час «працездатність» гальванічного елемента закінчується через виснаження запасу речовин, що беруть участь у реакціях.

На рис. 7.8 зображене принципову будову манганово-цинкового елемента — одного з видів гальванічних елементів, що широко застосовують для забезпечення електрор живлення фотопараторів, плеєрів, настінних годинників, кишенькових ліхтариків тощо.

4

Вивчаємо акумулятори

З часом гальванічні елементи стають непридатними до роботи, і їх не можна використати вдруге. А от інший тип хімічних джерел електричного струму — *електричні акумулятори* — можна використовувати багаторазово.

Акумулятори, як і гальванічні елементи, складаються з двох електродів, поміщених в електроліт. Так, свинцевий акумулятор, використовуваний в автомобілях, має один електрод зі свинцю, а другий — із плюмбум діоксиду; електролітом слугує водний розчин сульфатної кислоти. Якщо електроди зарядженого акумулятора під'єднати, наприклад, до електричної лампи, то по її спіралі потече струм. Усередині ж акумулятора відбуватимуться хімічні реакції, у результаті яких електрод із свинцю набуває негативного заряду, а електрод із плюмбум діоксиду — позитивного. При цьому сульфатна кислота перетворюватиметься на воду. Коли концентрація сульфатної кислоти зменшиться до певного межового значення, акумулятор розрядиться — стане непридатним до роботи. Однак його можна знову зарядити. Під час заряджання акумулятора хімічні реакції йдуть у зворотному

* Основні реакції, що відбуваються в гальванічних елементах, — це реакції окиснення і відновлення. Докладно про ці реакції ви дізнаєтесь з курсу хімії 9-го класу.

напрямку і концентрація сульфатної кислоти відновлюється.

Крім свинцевих (кислотних) акумуляторів широко використовують феронікелеві (лужні), кадмієво-нікелеві та інші види акумуляторів.

Слід зазначити, що й акумулятори, й гальванічні елементи зазвичай об'єднують, одержуючи відповідно *акумуляторну батарею* або *батарею гальванічних елементів* (рис. 7.9). Мобільні телефони, наприклад, містять літійіонну акумуляторну батарею.

За принципом дії сучасні хімічні джерела струму майже не відрізняються від тих, що були створені понад два століття тому. При цьому зараз існує велика кількість різноманітних видів гальванічних елементів і акумуляторів та здійснюється активна розробка нових. Один від одного вони відрізняються розмірами, масою, енергоемністю, терміном роботи, надійністю, безпекою, вартістю тощо.

Вибір певних видів хімічних джерел струму продиктований сферою їхнього застосування. Так, в автомобілях доцільно використовувати відносно дешеві кислотні акумуляторні батареї, і те, що вони є досить важкими, не є вирішальним фактором. А от джерела струму для мобільних телефонів мають бути легкими та безпечними, тому в них варто використовувати так звані літійіонні батареї, хоча вони є порівняно дорогими.



Підбиваємо підсумки

Пристрої, що перетворюють різні види енергії на електричну енергію, називають джерелами електричного струму.

У джералах електричного струму відбувається розділення різномінних електричних зарядів, у результаті чого на одному полюсі

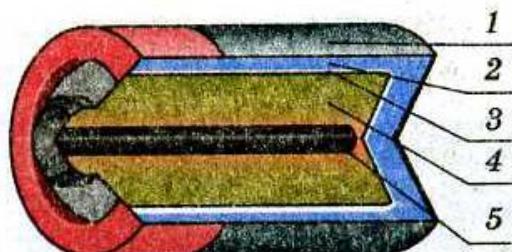


Рис. 7.8. Манганово-цинковий елемент: 1 — сталевий контейнер; 2 — негативний електрод, виготовлений із цинку; 3 — волокнисте полотно, яке розділяє електроди; 4 — позитивний електрод, що складається із суміші манган діоксиду і вуглецю; 5 — латунний стрижень, що проводить електрику до кола. Уся ємність заповнена електролітом — водним розчином калій гідроксиду



Рис. 7.9. Широко використовувані хімічні джерела електричного струму: батарея гальванічних елементів (а); акумуляторні батареї (б, в)

джерела накопичується позитивний заряд, на іншому — негативний, а отже, створюється електричне поле.

У джерелах електричного струму робота з розділення різноменних зарядів виконується за рахунок механічної, хімічної, теплової та інших видів енергії.

До хімічних джерел електричного струму належать гальванічні елементи й акумулятори. Гальванічний елемент — хімічне джерело електричного струму одноразового використання. Акумулятор — хімічне джерело електричного струму багаторазового використання.

Контрольні запитання

1. Які пристрої називають джерелами електричного струму?
2. Які процеси відбуваються в джерелах електричного струму?
3. Чому для розділення різноменних зарядів необхідно виконати роботу?
4. За рахунок якої енергії може здійснюватися розділення різноменних зарядів у джерелі електричного струму?
5. Які джерела електричного струму ви знаєте? Наведіть приклади їх використання в техніці.
6. Що являє собою гальванічний елемент?
7. Опишіть будову та принцип дії сучасного гальванічного елемента.
8. Опишіть будову та принцип дії акумулятора.

§ 8. ЕЛЕКТРИЧНЕ КОЛО ТА ЙОГО ЕЛЕМЕНТИ

Щоб розібратися в будові якого-небудь електроприладу або усунути несправність електропроводки в оселі, передусім необхідно мати схему відповідного електричного кола. Про те, що таке електричне коло, із чого воно складається і як на його схемі зображують деякі електротехнічні пристрої, ви дізнаєтесь, вивчивши матеріал цього параграфа.

1

Знайомимося з електричним колом

Будь-який електричний пристрій — мобільний телефон, MP3-плеєр, ноутбук, ліхтарик, цифровий фотоапарат, калькулятор та ін.— має обов'язковий певний набір елементів. Щоб виділити ці обов'язкові елементи та виявити їхнє призначення, створимо модель найпростішого електричного пристрою (рис. 8.1).

Щоб електричний пристрій працював, передусім необхідне джерело струму. У поданій моделі джерелом струму є батарея гальванічних елементів (1 на рис. 8.1). Виводи (полюси) батареї позначені знаками «+» і «-».

Другий обов'язковий елемент — споживач електричної енергії. У поданій моделі — це електрична лампа (2). Будь-який споживач теж має два виводи (у лампі вони розташовані на доколі — металевому циліндрі з нарізкою, що з'єднаний зі скляним балоном).

Джерело струму та споживач з'єднані за допомогою з'єднувальних елементів — проводів * (3). Для кріплення проводів використовують спеціальні пристрої (рис. 8.2), паяння або зварювання.

І, нарешті, останній елемент. Щоб було зручно вмикати й вимикати споживач, використовують різноманітні замикальні (розмикальні) пристрої: ключ, рубильник, вимикач, кнопку або розетку. У моделі, що розглядається (див. рис. 8.1), таким пристроєм є ключ (4).

Слід звернути увагу, що в реальному пристрой важливим є не тільки наявність усіх зазначених елементів, але й певний порядок їх з'єднання.

З'єднані провідниками в певному порядку джерело струму, споживачі, замикальні (розмикальні) пристрої складають електричне коло.

На рис. 8.3 зображені два найпростіших електричних кола, що містять однакові елементи. При цьому спосіб з'єднання деяких елементів (ламп) є різним. На рис. 8.3, а лампи з'єднані послідовно, на рис. 8.3, б — паралельно.

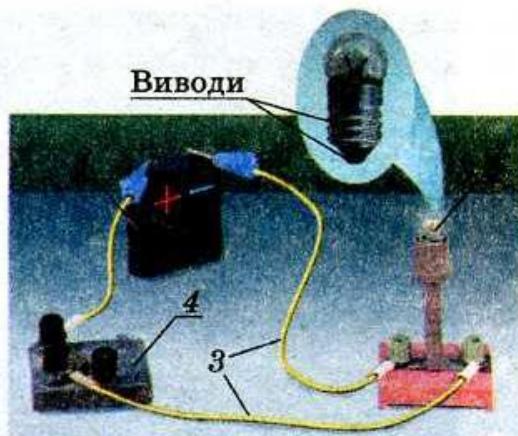


Рис. 8.1. Модель найпростішого електричного пристроя: 1 — джерело струму — батарея гальванічних елементів; 2 — споживач електричної енергії — лампа; 3 — з'єднувальні проводи; 4 — ключ

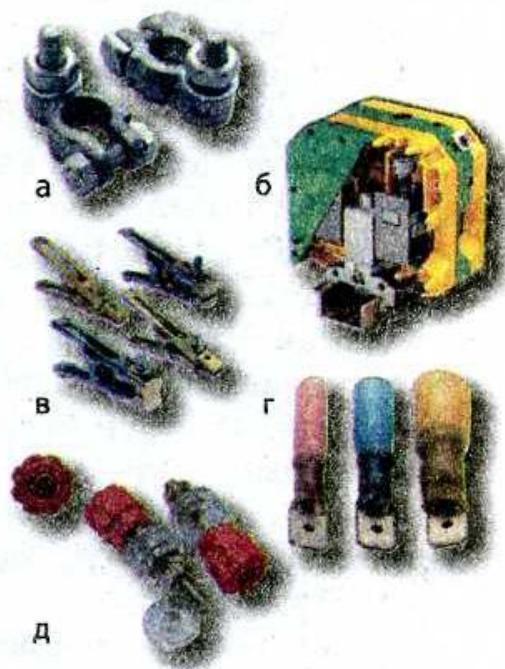


Рис. 8.2. Різні затискачі (клєми) для з'єднування провідників: акумуляторні (а); високовольтні (б); заземлення (в); ножові (г); приладні (д)

* У поданій моделі довжина з'єднувальних проводів є очевидно надмірною. На практиці конструктори максимально зменшують усі «зайві» елементи. Наприклад, в електричному ліхтаріку роль одного з'єднувального елемента часто виконує металевий корпус. Другий елемент відсутній, оскільки один із виводів джерела струму безпосередньо контактує з виводом лампочки.

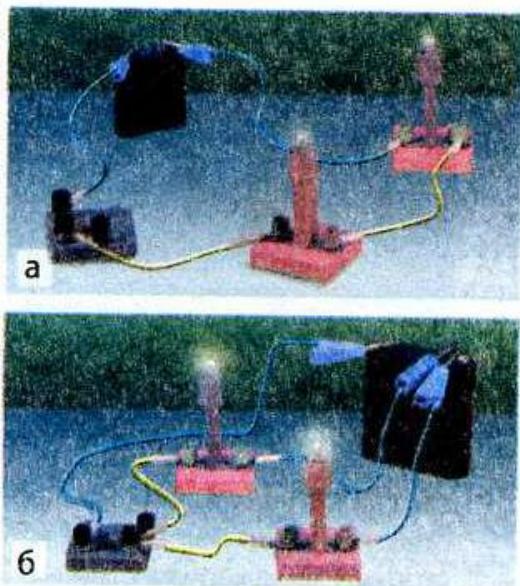


Рис. 8.3. Два способи з'єднання ламп в електричному колі:
а — послідовне; б — паралельне

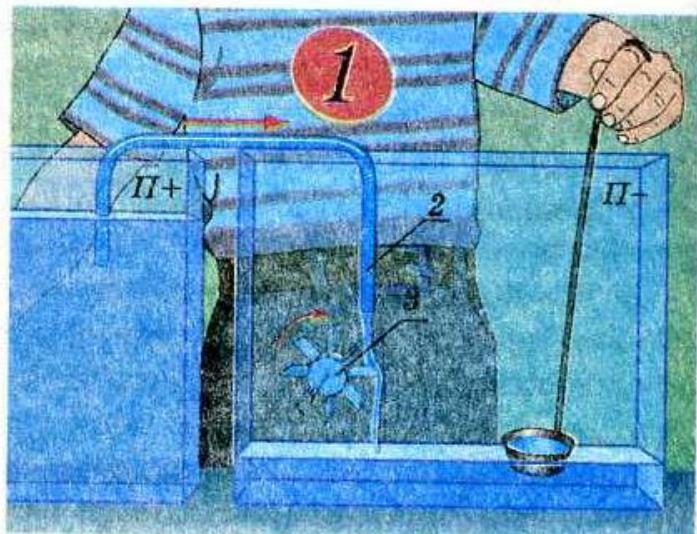


Рис. 8.4. Механічний аналог електричного кола, поданого на рис. 8.1. Відповідність складових можна простежити за цифрами, якими вони позначені на рисунках

2 Знайомимося з механічним аналогом електричного кола

Щоб краще зрозуміти призначення елементів електричного кола, розглянемо його механічну аналогію. Механічна модель (рис. 8.4) складається з двох наповнених водою посудин ($P+$ і $P-$), м'якої пластикової трубки (2), механічної вертушки (3), і... вашого товариша (1), завданням якого буде безперервне переливання води з посудини $P-$ до посудини $P+$. Зануривши короткий кінець трубки в посудину з більш високим рівнем води ($P+$), створимо «водяний струм», який спричинятиме обертання вертушки.

Щоб вертушка не зупинялася, необхідно підтримувати безперервний «водяний струм». А він буде існувати, допоки існує різниця рівнів води в посудинах, тобто допоки ваш товариш переливатиме воду. І так само електричний струм буде існувати в колі, допоки працює джерело струму. Безперервно «перетягуючи» відповідні заряди з одного полюса на інший, джерело струму створює та підтримує електричне поле. «Водяний струм» у механічній моделі, як ви, напевне, здогадалися, є аналогом електричного струму.

Ми можемо закрити трубку за допомогою корка і таким чином зупинити потік води. Отже, у цьому випадку корок є механічним аналогом ключа в електричному колі.

Якщо заморозити воду в трубці, «водяний струм» зупиниться. Таким чином, умовою безперервного плину є наявність «субстанції», яка може вільно пересуватися. Для електричного кола такою «субстанцією» є вільні заряджені частинки (наприклад, електрони в металах або йони в рідинах).

Зверніть увагу на те, що зовсім не обов'язково бачити власне плин води в трубці. Його можна зафіксувати й у непрозорих посудинах, наприклад, спостерігаючи за обертанням вертушки. Так само висновок про наявність електричного струму ми робимо завдяки діям струму, адже побачити його ми не можемо.

Знайомимося з електричними схемами

Щоб показати, які саме електричні пристрої необхідні для одержання певного електричного кола і як їх потрібно з'єднувати, використовують **електричні схеми** (або просто *схеми*).

Електричною схемою називають креслення, на якому умовними позначеннями показано, з яких елементів складається електричне коло і в який спосіб ці елементи з'єднані між собою.

Умовні позначення деяких елементів електричного кола наведено в таблиці. Особливу увагу слід звернути на позначення джерела струму (гальванічного елемента або акумулятора та батареї гальванічних елементів або акумуляторів). Прийнято, що довга риска позначає позитивний полюс джерела струму, а коротка — негативний.

Напрямок струму позначають на схемах стрілкою.

*Напрямком струму в колі умовно вважають напрямок, у якому рухалися б по колу частинки, що мають позитивний заряд, тобто напрямок від позитивного полюса джерела струму до негативного.**

На рис. 8.5 наведено схеми електричних кіл, зображеніх на рис. 8.1, 8.3, та позначено напрямок струму в них.

Розглянемо електричну схему складнішого електричного кола (рис. 8.6). Це електричне коло має три вимикачі, два споживачі струму й джерело струму — акумуляторну батарею. Якщо замкнути ключі K_1 і K_2 , а ключ K_3 розімкнути, то коло, споживачем у якому є лампа, буде замкнене на джерело й лампа світиться. Якщо замкнути ключі K_1 і K_3 , а ключ K_2 розімкнути, то працюватиме електрообігрівач, а лампа світитися не буде. Якщо ж замкнути всі три ключі, то одночасно світиться лампа і працюватиме електрообігрівач. Якщо розімкнути

Деякі умовні позначення, застосовувані на схемах

Елемент електричного кола	Умовне позначення
Гальванічний елемент або акумулятор	
Батарея гальванічних елементів або акумуляторів	
З'єднання проводів	
Перетин проводів (без з'єднання)	
Затискачі для під'єднання якогонебудь приладу	
Ключ	
Резистор	
Електрична лампа	
Електричний дзвінок	
Нагрівальний елемент	
Штепельна розетка	
Запобіжник	

* Слід зауважити, що після замкнення полюсів джерела струму металевим провідником електрони під дією електричного поля цього джерела рухатимуться від його негативного полюса до позитивного, тобто напрямок руху електронів буде протилежним прийнятому напрямку струму.

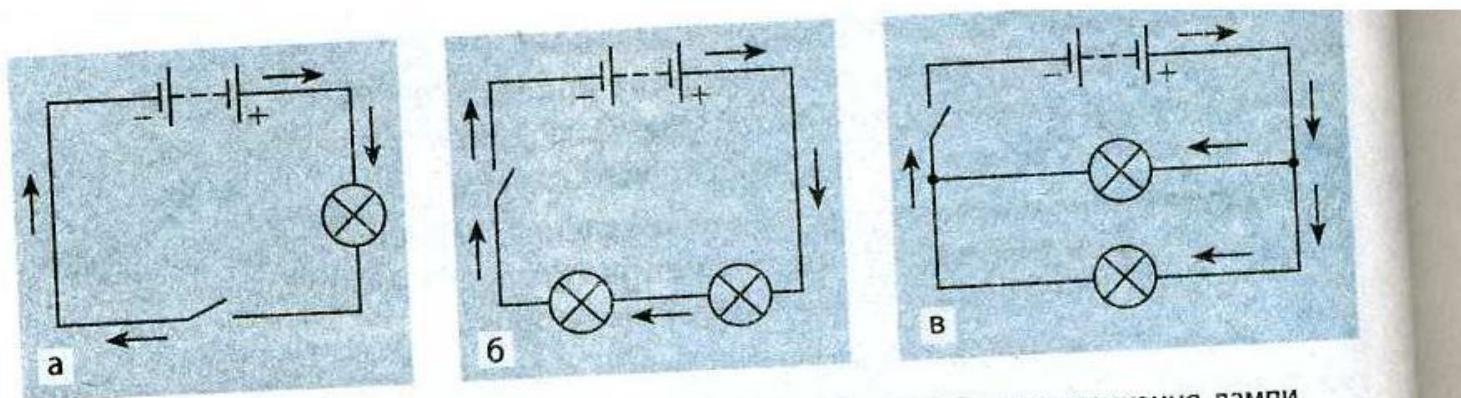


Рис. 8.5. Схеми деяких електрических колів: а — схема електричного кола вмикання лампи (див. рис. 8.1); б — схема послідовного з'єднання двох ламп (див. рис. 8.3, а); в — схема паралельного з'єднання двох ламп (див. рис. 8.3, в). Стрілками позначеній напрямок струму в разі замкнення ключа

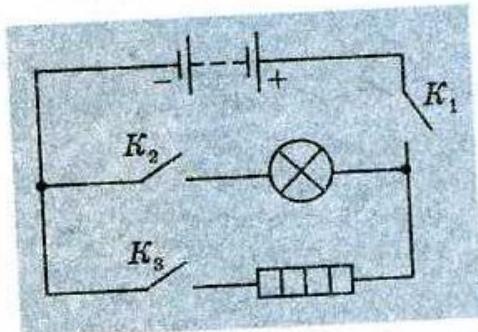


Рис. 8.6. Схема вмикання електричної лампи та обігрівача

тільки ключ K_1 , або якщо замкнути тільки ключ K_1 , обидва споживачі будуть від'єднані від джерела, а отже, не працюватимуть.



Підбиваємо підсумки

З'єднані провідниками джерело струму, споживач електричної енергії, замикальний (розмикальний) пристрій утворюють найпростіше електричне коло.

Креслення, на якому умовними позначеннями показано, з яких елементів складається електричне коло і в який спосіб ці елементи з'єднані між собою, називають електричною схемою.

Напрямком струму в колі умовно вважають напрямок, у якому б рухалися по колу позитивно заряджені частинки, тобто напрямок від позитивного полюса джерела струму до негативного.



Контрольні запитання

1. Назвіть основні елементи електричного кола.
2. Використовуючи механічну аналогію, поясніть призначення кожного елемента електричного кола.
3. Наведіть приклади споживачів електричної енергії.
4. З якою метою в електрических колах використовують ключ?
5. Що називають електричною схемою?
6. Як на електрических схемах зображують гальванічний елемент? батарею гальванічних елементів? електричний дзвінок? ключ?
7. Що визначають за напрямок струму в електричному колі?

§ 9. СИЛА СТРУМУ. ОДИНИЦЯ СИЛИ СТРУМУ. АМПЕРМЕТР



Вам уже відомо, що для кількісного опису фізичних явищ, властивостей тіл і речовин фізики використовують фізичні величини. А за допомогою яких фізичних величин можна кількісно описати процес проходження електричного струму по провіднику? З однією з них ви познайомитеся в цьому параграфі.



1 З'ясовуємо, що називають силою струму

У металевому стрижні, як ви вже знаєте, є велика кількість вільних носіїв електричного заряду — електронів.



Рис. 9.1. Уявно розрізавши стрижень, одержуємо його поперечний переріз

Зрозуміло, що, коли у стрижні не тече струм, рух електронів у ньому хаотичний. Тому можна вважати, що кількість електронів, які за одну секунду проходять через поперечний переріз стрижня (рис. 9.1) зліва направо, дорівнює кількості електронів, що проходять через нього справа наліво.

Якщо приєднати стрижень до джерела струму, електрони почнуть рухатися напрямлено і кількість електронів, що проходять за певний час через поперечний переріз в одну напрямку, істотно збільшиться. Отже, у цьому напрямку через поперечний переріз стрижня буде перенесено певний заряд.

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

Силу струму позначають символом I та визначають за формулою

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

де q — заряд, який проходить через поперечний переріз провідника за час t .

Щоб краще усвідомити суть уведеної фізичної величини, знову звернемося до механічної моделі електричного кола (див. рис. 8.4). Зрозуміло, що механічним аналогом сили струму є кількість води, що проходить через поперечний переріз трубки за 1 с.



2 Знайомимося з одиницею сили струму

Одиноюю сили струму є **ампер** (A); вона названа так на честь французького вченого А. Ампера (рис. 9.2). Ампер — це одна з основних одиниць СІ (рис. 9.3).

Крім ампера на практиці часто застосовують кратні й частинні одиниці сили струму. Так, для вимірювання малої сили

струму використовують *міліампери* (mA) і *мікроампери* (мкA), великої сили струму — *кілоампери* (кA):

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}; 1 \text{ мкA} = 10^{-6} \text{ A}; 1 \text{ кA} = 10^3 \text{ A}.$$

Щоб уявити, що означає велика і маленька сила струму, наведемо такі дані. Сила струму, який проходить через тіло людини, вважається безпечною, якщо її значення не перевищує 1 mA, а сила струму 100 mA вже здатна призвести до серйозних уражень.

Як видно з рис. 9.4, сила струму в багатьох електротехнічних пристроях значно перевищує силу струму, безпечну для людського організму. Тому, щоб не наражатися на смертельну небезпеку під час роботи з електротехнічними приладами й пристроями, необхідно суверо дотримуватися правил безпеки. Загальну інструкцію з безпеки подано на форзаці підручника. Ми ж зупинимося на головних моментах, які слід пам'ятати всім, хто має справу з електрикою.

НЕ МОЖНА

- торкатись оголеного проводу, особливо стоячи на землі, сирій підлозі тощо;
- користуватися несправними електротехнічними пристроями;
- збирати, розбирати, виправляти електротехнічні пристрої, не від'єднавши їх від джерела струму

3 Визначаємо одиницю електричного заряду

Знаючи одиницю сили струму, легко одержати визначення одиниці електричного заряду в СІ.

Оскільки $I = \frac{q}{t}$, то $q = It$. Отже:

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

1 Кл — це заряд, що проходить через поперечний переріз провідника за 1 с при силі струму в провіднику 1 А.



Рис. 9.2. Андре Марі Ампер (1775–1836) — французький фізик, математик і хімік, один із засновників учнів про електромагнітні явища. Ампер першим увів у фізику поняття електричного струму

Метр

Кілограм

Секунда

Ампер

Кельвін

Моль

Кандела

Рис. 9.3. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць (СІ)



Рис. 9.4. Значення сили струму в деяких електротехнічних пристроях

4

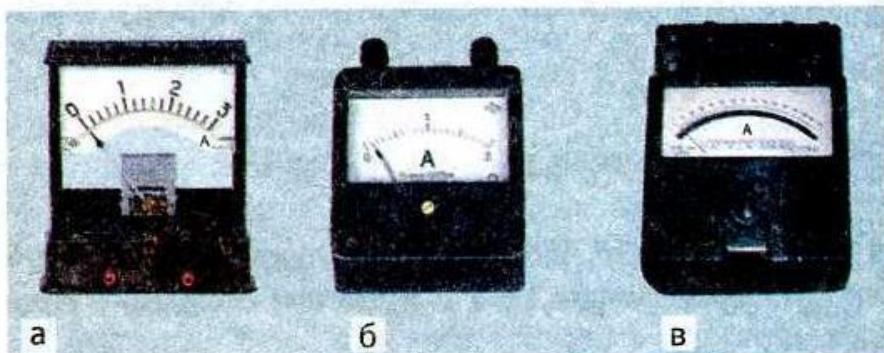
Вимірюємо силу струму

Для вимірювання сили струму використовують прилад, який називається амперметром (рис. 9.5).

(A) — умовне позначення амперметра на електричних схемах.

Як і будь-який вимірювальний прилад, амперметр не повинен впливати на значення вимірюваної величини. Тому амперметр сконструйований таким чином, що в разі приєднання його до електричного кола значення сили струму в колі практично не змінюється.

Рис. 9.5. Деякі види амперметрів: а — демонстраційний; б — шкільний лабораторний; в — лабораторний із дзеркальною шкалою



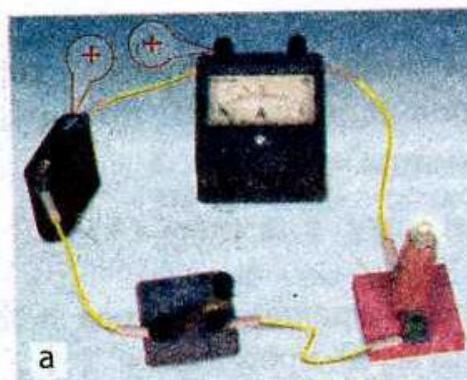
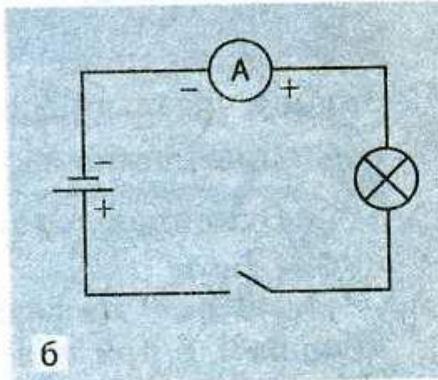


Рис. 9.6. Вимірювання амперметром сили струму, що проходить через лампу:
а — загальний вигляд електричного кола; б — схема



б

Правила, яких необхідно дотримуватися під час вимірювання сили струму амперметром

1. Амперметр вмикають у коло послідовно з тим провідником, у якому необхідно виміряти силу струму (рис. 9.6).
2. Клему амперметра, біля якої стоїть знак «+», потрібно з'єднувати з проводом, що йде від позитивного полюса джерела струму; клему зі знаком «-» — із проводом, що йде від негативного полюса джерела струму.
3. Не можна приєднувати амперметр до кола, у якому відсутній споживач струму.

5 Учимося розв'язувати задачі

Задача. Скільки електронів пройде через поперечний переріз спіралі лампи за 2 с, якщо сила струму в спіралі становить 0,32 А?

Дано:

$$t = 2 \text{ с}$$

$$I = 0,32 \text{ А}$$

$$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$N = ?$$

Аналіз фізичної проблеми

$q = N|e|$, тому, щоб визначити кількість N електронів, необхідно знати загальний заряд q , перенесений за 2 с, і заряд e одного електрона. Загальний заряд знайдемо з визначення сили струму; заряд одного електрона дорівнює $-1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Задачу слід розв'язувати в одиницях СІ*.

Пошук математичної моделі, розв'язання

Відповідно до визначення сили струму $I = \frac{q}{t}$, отже, $q = It$ (1). Знаючи загальний заряд, знайдемо кількість електронів: $N = \frac{q}{|e|}$ (2). Підставивши формулу (1) у формулу (2), отримаємо: $N = \frac{It}{|e|}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$[N] = \frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{Кл}} = \frac{\text{Кл}}{\text{Кл}} = 1; \{N\} = \frac{0,32 \cdot 2}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 4 \cdot 10^{18}; N = 4 \cdot 10^{18}.$$

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

* У наступних задачах в аналізі фізичної проблеми цю фразу опущено, оскільки під час вивчення електричних явищ будемо користуватися тільки одиницями СІ.



Підбиваємо підсумки

Сила струму — фізична величина, що характеризує електричний струм і чисельно дорівнює заряду, який проходить через поперечний переріз провідника за одиницю часу: $I = \frac{q}{t}$.

Одиницею сили струму є ампер (А). Це одна з основних одиниць СІ.

1 Кл — це заряд, що проходить через поперечний переріз провідника за 1 с при силі струму в провіднику 1 А.

Силу струму вимірюють амперметром. Амперметр приєднують до електричного кола послідовно з провідником, у якому вимірюють силу струму.



Контрольні запитання

1. Дайте визначення сили струму.
2. За якою формулою визначають силу струму?
3. Яка одиниця сили струму? На честь кого її названо?
4. Яке значення сили струму безпечно для людини?
5. Яких основних правил безпеки необхідно дотримуватися під час роботи з електротехнічними пристроями?
6. Дайте визначення кулона.
7. Яким приладом вимірюють силу струму? Які правила необхідно виконувати, вимірюючи силу струму?



Вправа № 9

1. На рис. 1 зображені шкали різних амперметрів. Визначте ціну поділки кожної шкали і силу струму, що відповідає показам цих приладів.
2. На рис. 2 зображені схеми електричного кола. Перерисуйте схему в зошит і покажіть на ній, де потрібно приєднати амперметр, щоб виміряти силу струму в лампах. Позначте полюси амперметра.
3. Сила струму в провіднику дорівнює 200 мА. Протягом якого часу через поперечний переріз провідника проходить заряд, що дорівнює 24 Кл?
4. Який електричний заряд проходить через нагрівальний елемент електричної праски за 15 хв, якщо сила струму в елементі дорівнює 3 А?
5. На рис. 3 показано вимірювання сили струму в колі, яке складається з джерела струму, ключа й лампи. Накресліть електричну схему кола, позначте на ній полюси амперметра. Визначте заряд, що проходить через поперечний переріз спіралі лампи за 10 хв.
6. Чому дорівнює сила струму в провіднику, якщо за 10 с через поперечний переріз цього провідника проходить $2 \cdot 10^{20}$ електронів?



Рис. 1

а

б

в

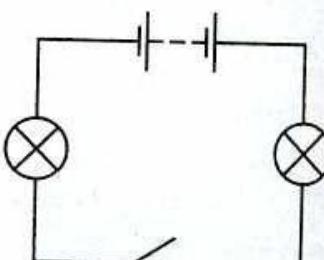


Рис. 2

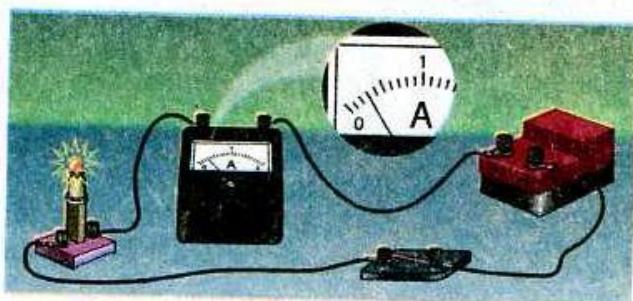


Рис. 3