

§ 10. ЕЛЕКТРИЧНА НАПРУГА. ОДИНИЦЯ НАПРУГИ. ВОЛЬТМЕТР

Кожний, напевне, чув застережливе «Не підходь — там висока напруга!», обурене «Знову впала напруга в мережі!», запитальне «На яку напругу розрахований цей прилад?». Із даного параграфа ви дізнаєтеся, що таке напруга і чому на всіх електротехнічних пристроях наводять її значення.

1 Даємо визначення електричної напруги

У § 5 було доведено, що напрямлений рух вільних заряджених частинок (електричний струм) можливий завдяки дії на ці частинки сили з боку електричного поля. А з курсу фізики 8-го класу вам відомо, що коли тіло рухається під дією певної сили і напрямом руху тіла збігається з напрямком дії цієї сили, то сила виконує роботу. Отже, коли в певній ділянці кола існує струм, то електричне поле виконує роботу. Цю роботу прийнято називати *роботою струму*.

Робота, яку може виконати або виконує електричне поле, переміщуючи заряд по даній ділянці кола, визначається *електричною напругою*.

Електрична напруга на певній ділянці кола — це фізична величина, що чисельно дорівнює роботі електричного поля з переміщення одиничного позитивного заряду по цій ділянці.

Напругу позначають символом U й визначають за формулою

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

де A — робота, яку виконує (або може виконати) електричне поле з переміщення заряду q по даній ділянці кола.

Одиницею напруги в СІ є **вольт** (В). Ця одиниця одержала назву на честь італійського вченого А. Вольти (див. рис. 7.6).

1 В — це така напруга на ділянці кола, при якій електричне поле виконує роботу 1 Дж, переміщуючи по цій ділянці заряд, що дорівнює 1 Кл:

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

Крім вольт, на практиці часто застосовують кратні й частинні одиниці напруги: мікровольт (мкВ), мілівольт (мВ) та кіловольт (кВ):

$$1 \text{ мкВ} = 10^{-6} \text{ В}; 1 \text{ мВ} = 10^{-3} \text{ В}; 1 \text{ кВ} = 10^3 \text{ В}.$$

Так, електрична напруга на клітинній мембрані або мікросхипі становить кілька мікровольтів, а між хмарами під час грози — сотні кіловольтів.

2 Проводимо аналогію

Звернувшись до аналогії між електричним струмом і плином води (див. § 8), можна визначити, що напруга аналогічна різниці рівней води в посудинах.

Якщо рівні води в обох посудинах однакові, то вода з однієї посудини в іншу не переливатиметься. Аналогічно, якщо на кінцях ділянки електричного кола відсутня напруга, то струму в ділянці не буде.

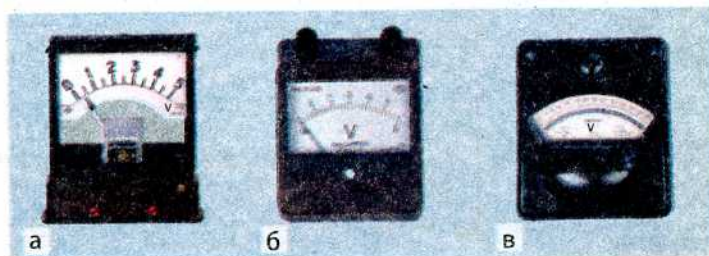
Чим більшою є різниця рівней води в посудинах, тим більшу роботу виконає сила тяжіння під час падіння води масою 1 кг. Відповідно чим більшою є напруга на кінцях ділянки кола, тим більшу роботу виконає сила, що діє з боку електричного поля, для переміщення заряду 1 Кл.

3 Вимірюємо напругу, знайомимосся з вольтметром

Для вимірювання напруги використовують прилад, який називається **вольтметром** (рис. 10.1). Зовні вольтметр дуже схожий на амперметр.

Як і будь-який вимірювальний прилад, вольтметр не повинен впливати на значення вимірюваної величини. Тому вольтметр сконструйований таким чином, що в разі включення його в електричне коло значення напруги на цій ділянці кола практично не змінюється.

Рис. 10.1. Деякі види вольтметрів: а — шкільний демонстраційний; б — шкільний лабораторний; в — лабораторний із дзеркальною шкалою



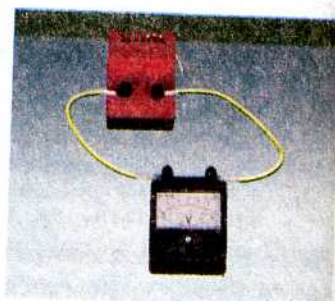
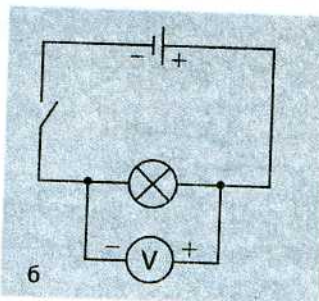
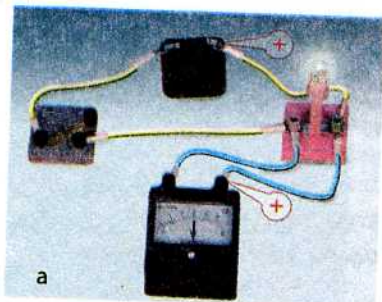


Рис. 10.2. Вимірювання вольтметром напруги на лампі:
а — загальний вигляд; б — схема електричного кола

Рис. 10.3. Вимірювання вольтметром напруги на полюсах джерела струму

Правила, яких необхідно дотримуватися під час вимірювання напруги вольтметром

1. Вольтметр приєднують паралельно до тієї ділянки кола, на якій необхідно виміряти напругу (рис. 10.2).
2. Клеми вольтметра, біля якої стоїть знак «+», слід з'єднувати з проводом, який іде від позитивного полюса джерела струму; клему зі знаком «-» — із проводом, що йде від негативного полюса джерела струму.
3. Для вимірювання напруги на полюсах джерела струму вольтметр приєднують безпосередньо до клем джерела (рис. 10.3).

4 Учимися розв'язувати задачі

Задача. Напруга на клеммах автомобільного акумулятора становить 12 В. З якої висоти має впасти вантаж масою 36 кг, щоб сила тяжіння виконала таку саму роботу, яку виконує електричне поле, переміщуючи заряд 300 Кл по одному з електричних кіл автомобіля?

Дано:

$$U = 12 \text{ В}$$

$$m = 36 \text{ кг}$$

$$A = A_{\text{струму}}$$

$$q = 300 \text{ Кл}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$h = ?$

Аналіз фізичної проблеми

Оскільки за визначенням роботи $A = Fs$, а $F = F_{\text{тяж}} = mg$ і $s = h$, то робота, яку виконує сила тяжіння під час падіння вантажу, обчислюватиметься за формулою $A = mgh$. За умовою задачі ця робота дорівнює роботі струму. Отже, знайшовши роботу струму із формули, яка визначає напругу, обчислимо висоту падіння вантажу.

Пошук математичної моделі, розв'язання

$$U = \frac{A_{\text{струму}}}{q}, \text{ отже, } A_{\text{струму}} = Uq.$$

Оскільки $A_{\text{струму}} = A$, а $A = mgh$, то $Uq = mgh$; звідси $h = \frac{Uq}{mg}$.

Визначимо значення шуканої величини:

$$[h] = \frac{\text{В} \cdot \text{Кл}}{\text{кг} \cdot \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \cdot \text{Кл}}{\text{Н}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{Н}} = \text{м};$$

$$\{h\} = \frac{12 \cdot 300}{36 \cdot 10} = 10; h = 10 \text{ м.}$$

Відповідь: вантаж має впасти з висоти 10 м.

Підбиваємо підсумки

Фізична величина, що чисельно дорівнює роботі електричного поля з переміщення одиничного позитивного заряду по певній ділянці кола, називається електричною напругою на цій ділянці кола.

Напругу позначають символом U й визначають за формулою $U = \frac{A}{q}$, де A — робота, яку виконує (або може виконати) електричне поле для переміщення заряду q по даній ділянці кола.

Одиницею напруги в СІ є вольт (В). Один вольт — це така напруга на ділянці кола, при якій електричне поле виконує роботу 1 Дж, переміщуючи по цій ділянці заряд, що дорівнює 1 Кл $\left(1 \text{ В} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ Кл}}\right)$.

Прилад для вимірювання напруги називають вольтметром. Вольтметр приєднують паралельно тій ділянці кола, напругу на якій необхідно виміряти.

Контрольні запитання

1. Доведіть, що коли в провіднику тече струм, то електричне поле виконує роботу.
2. Що називають напругою на певній ділянці кола?
3. За якою формулою визначають електричну напругу?
4. У яких одиницях вимірюють напругу?
5. Дайте визначення одиниці напруги.
6. Який прилад використовують для вимірювання напруги? Яких правил необхідно дотримуватися під час вимірювання напруги?

Вправа № 10

1. На рис. 1 зображено шкали різних вольтметрів. Визначте ціну поділки кожної шкали і напругу, що відповідає показам цих приладів.
2. На рис. 2 зображено схему електричного кола. Перерисуйте схему в зошит і покажіть на ній, де потрібно приєднати вольтметр, щоб виміряти напругу на лампі. Позначте полюси вольтметра.
3. У процесі переміщення по ділянці кола заряду, що дорівнює 3 Кл, електричне поле виконало роботу в 0,12 кДж. Визначте напругу на цій ділянці.
4. Яку роботу виконає електричне поле, перемістивши заряд 4 Кл, якщо напруга на цій ділянці кола дорівнює 12 В?
5. Електричне поле, переміщуючи по колу заряд 60 Кл, виконує таку саму роботу, як сила тяжіння під час падіння тягарця масою 200 г з висоти 360 м. Чому дорівнює напруга на клеммах джерела струму в колі?

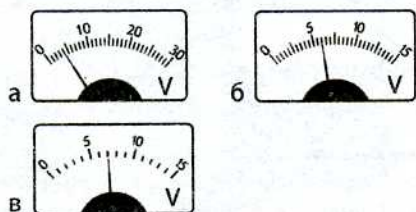


Рис. 1

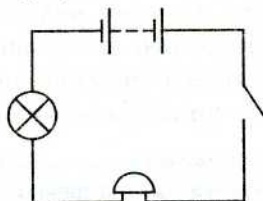


Рис. 2