

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК

Нова
програма

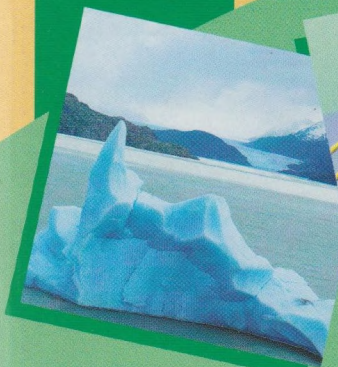
І. М. Гельфгат, І. Ю. Ненашев

ФІЗИКА

8

ЗБІРНИК ЗАДАЧ

КЛАС



$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

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

УДК [53:37.091.64](076.1)

ББК 22.3я721

Г 34

Схвалено для використання у загальноосвітніх навчальних закладах
(лист Інституту модернізації і змісту освіти
Міністерства освіти і науки України
від 13.04.2016 р. № 2.1/12-Г-137)

Рецензенти:

М. О. Петракова, учитель фізики вищої кваліфікаційної категорії
Харківського фізико-математичного ліцею № 27, учитель-методист;

І. М. Колупаєв, доцент Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут», канд. фіз.-мат. наук

Гельфгат І. М.

Г 34 Фізика. 8 клас : збірник задач / І. М. Гельфгат, І. Ю. Ненашев. —
Х. : Вид-во «Ранок», 2016. — 144 с. — іл.

ISBN 978-617-09-2811-5

Посібник складений відповідно до нової програми з фізики для 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів і містить задачі, диференційовані за трьома рівнями складності.

Збірник побудований максимально зручно для вчителя та учнів. Наведено приклади розв'язування задач; подано відповіді до більшості задач, а також вибірково вказівки та розв'язання. Уміщено тести для самоперевірки та відповіді до них. Наявність однотипних задач дозволяє оптимально добирати задачі для домашніх завдань та самостійних робіт. Задачі для допитливих допоможуть учням перевірити глибину отриманих знань і підготуватися до олімпіад з фізики.

Збірник містить додаток, що складається з довідкових таблиць і математичного довідника.

Призначено для учнів 8 класів загальноосвітніх навчальних закладів та вчителів фізики.

УДК [53:37.091.64](076.1)

ББК 22.3я721

Навчальне видання
ГЕЛЬФГАТ Ілля Маркович
НЕНАШЕВ Ігор Юрійович

ФІЗИКА. 8 клас
Збірник задач

Редактор *Ю. М. Миронова*
Технічний редактор *О. В. Сміян*
Верстка *С. В. Яшиш*

T901056У. Підписано до друку 20.05.2016.
Формат 60×90/16. Папір офсетний.
Гарнітура Шкільна. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 9,0.

ТОВ Видавництво «Ранок».
Свідоцтво ДК № 3322 від 26.11.2008.
61071 Харків, вул. Кібальчича, 27, к. 135.
Для листів: 61045 Харків, а/с 3355.

E-mail: office@ranok.com.ua
Тел. (057) 701-11-22, 719-48-65,
тел./факс (057) 719-58-67.
З питань реалізації: (057) 727-70-80, 727-70-77.
E-mail: commerce@ranok.com.ua



www.ranok.com.ua

Надруковано у друкарні ТОВ «Триада Принт»
м. Харків, вул. Киргизька, 19. Тел. 703-12-21
email: sale@triada.kharkov.ua

Разом дбаємо
про екологію та здоров'я

ISBN 978-617-09-2811-5

© Гельфгат І. М., Ненашев І. Ю., 2016

© ТОВ Видавництво «Ранок», 2016

ПЕРЕДМОВА

Пропонований посібник містить задачі для учнів 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів України. Його матеріал повністю відповідає новій програмі з фізики.

Подані в збірнику задачі розміщено за тематичними розділами. У середині кожного розділу задачі диференційовано за трьома рівнями складності, що приблизно відповідають середньому, достатньому та високому рівням навчальних досягнень учнів. Наведено приклади розв'язування задач із належним записом. Кількість задач достатня, щоб забезпечити роботу на уроках, домашню роботу, повторення матеріалу тощо. Наявність певної кількості однотипних задач дозволяє оптимально відбирати задачі для домашніх завдань та самостійних робіт. Після багатьох параграфів наведено тести для самоперевірки (учитель може застосувати ці тести й для експрес-контролю).

До рубрики «Задачі для допитливих» увійшли задачі, які допоможуть перевірити глибину знань, отриманих учнями, і якісно підготувати їх до олімпіад з фізики. Для розв'язання задач цієї рубрики цілком достатньо знань у межах шкільної програми. Зрозуміло, що ці задачі не можна використовувати для контролю рівня навчальних досягнень.

Під час розв'язування задач учням стане у пригоді наведений наприкінці посібника додаток, який містить довідкові таблиці та математичний довідник.

Умовні позначення

Збірник має елементи, які сприятимуть більш продуктивній роботі вчителя й учнів:

- ? — якісні задачі, що їх у більшості випадків можна розв'язувати усно;
- 🔗 — задачі, до яких наприкінці збірника наведено повні розв'язання;
- * — задачі для тих, хто вивчає фізику за поглибленою програмою.

Позначено групи однотипних задач:

- 1.4. — перша задача групи, яку доцільно розв'язати на уроці колективно;
- 1.5. — інші задачі групи, які учні за аналогією можуть розв'язувати самостійно на уроці або вдома.

РОЗДІЛ 1. ТЕПЛОВІ ЯВИЩА

1. ТЕМПЕРАТУРА. ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

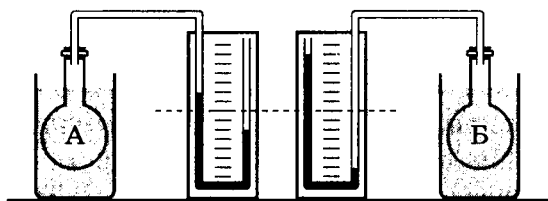
1-й рівень складності

- ? 1.1. У відро з холодною водою кинули цеглину, яка перед тим деякий час перебувала в багатті. Як змінюватимуться температури цеглини та води?
- ? 1.2. Як змінюється рух молекул будь-якого тіла внаслідок його охолодження?
- ? 1.3. Припустимо, ви отримали чарівну паличку та можете одним її змахом удвічі зменшити швидкість руху кожної молекули в краплі води. Як зміниться температура цієї краплі внаслідок такого чародійства?
- ? 1.4. Уранці хлопчик виміряв температуру свого тіла. З'ясувалося, що вона дорівнює $37,8^{\circ}\text{C}$. На скільки має зменшитися ця температура, щоб лікар дозволив хлопчику знов піти до школи?

2-й рівень складності

- ? 1.5. Коли лікар вимірює температуру пацієнта, то вимагає, щоб пацієнт тримав термометр 5–7 хвилин. Для чого потрібен цей час?
- ? 1.6. У гарячу воду занурили закриту знизу вертикальну трубку, у якій під краплиною ртуті перебуває стовпчик повітря. Як зміниться положення краплини відносно трубки?

- 1.7.** Початковий рівень підфарбованої води в обох колінах кожного з манометрів (див. рисунок) був однаковим. Приєднані до манометрів колби занурили в посудини з водою. Порівняйте температуру в посудинах із температурою повітря в кімнаті. Обґрунтуйте свою відповідь.

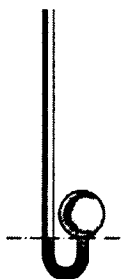


- 1.8.** На день народження хлопчику подарували акваріум. Для нормальної життєдіяльності мешканців акваріума в ньому потрібно підтримувати температуру $25,5^{\circ}\text{C}$. Чи може зберігатися така температура, якщо не підігрівати акваріум? Температура в кімнаті дорівнює $19,5^{\circ}\text{C}$.
- 1.9.** Каструля містить 2 л води за температури 20°C . Температура навколишнього повітря також дорівнює 20°C . У каструлю потроху доливають 2 л окропу, температура якого становить 100°C . Побудуйте приблизний графік залежності температури води в каструлі від часу. Урахуйте, що після нагрівання води відбувається теплообмін між нею та навколишнім середовищем.
- 1.10.** Під час градування спиртового термометра відстань між точками плавлення льоду та кипіння води розділили на 25 рівних поділок. Визначте ціну поділки цього термометра.
- 1.11.** Ціна поділки ртутного термометра становить $0,5^{\circ}\text{C}$, а відстань між найближчими рисками на шкалі — 1 мм. На скільки зміниться довжина стовпчика ртуті в термометрі, якщо температура зміниться на 15°C ?

3-й рівень складності

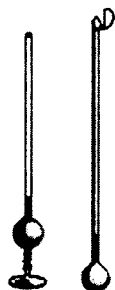
1.12. У 1592 році Галілео Галілей створив перший повітряний термоскоп. Під час нагрівання повітря в скляній кулі такого термоскопа висота стовпчика води в трубці, яка відкрита в атмосферу, змінюється (див. рисунок). Чому термоскоп Галілея неможливо проградуювати?

1.13. У 17 столітті Торрічеллі створив рідинний термоскоп. У трубку цього термоскопа було налито спирт. Дія приладу ґрунтувалася на розширенні спирту під час нагрівання (див. рисунок). Термоскоп Торрічеллі, на відміну від термоскопа Галілея, можна проградуювати. Чому?



Повітряний термоскоп

До задачі 1.12



Рідинні термоскопи

До задачі 1.13

1.14. Двома однаковими термометрами вимірюють температуру води з-під крану: першим доторкнулися до краплинки води, а другий помістили в повну склянку з водою. У якому випадку показання термометра будуть ближчими до справжньої температури води?

1.15. На столі стоять дві склянки: перша містить воду з холодильника, друга — окріп. Чи зміниться час вирівнювання температур води в цих склянках, якщо термометр по черзі переносити в кожен з них?

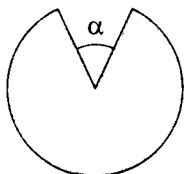
2. ТЕПЛОВЕ РОЗШИРЕННЯ

1-й рівень складності

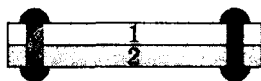
- ? 2.1. Під час нагрівання спирт у термометрі розширився. Чи означає це, що розширилась і кожна молекула спирту?
- ? 2.2. Як зміниться об'єм повітряної кульки, якщо її вивести з теплої кімнати на мороз?
- ? 2.3. Як змінюється провисання проводів повітряної лінії електропередачі під час сильних морозів? у літню спеку?
- ? 2.4. Якщо спекотного літнього дня перемістити щільно закриту пусту пластикову пляшку із сонця в тінь, можна почути характерне потріскування. Чому воно виникає?

2-й рівень складності

- ? 2.5. Як змінюється співвідношення між довжиною та шириною металевої пластинки внаслідок нагрівання цієї пластинки?
- ? 2.6. Під час нагрівання розміри металевого диска з вирізом (див. рисунок) збільшуються. Як змінюється при цьому значення кута α ?
- ? 2.7. Чому, коли мурують піч, цеглини скріпляють глиною, а не цементом?
- ? 2.8. У численних пристроях широко використовують так звані біметалеві пластинки. Як зміниться форма такої пластинки (див. рисунок) у разі підвищення температури, якщо метал 1 під час нагрівання розширюється сильніше, ніж метал 2?



До задачі 2.6



До задачі 2.8

3-й рівень складності

- ? 2.9. Для чого медичні термометри перед вимірюванням температури тіла потрібно струшувати?
- ? 2.10. Чи міг би працювати звичайний рідинний термометр, якби внаслідок нагрівання об'єми скла та рідини збільшувалися б однаково?
- ? 2.11. Як поведився б стовпчик рідини в термометрі, якби внаслідок нагрівання об'єм скла збільшувався швидше, ніж об'єм рідини?
- ? 2.12. Як змінюється *внутрішній* діаметр металевого кільця під час нагрівання?
- ? 2.13. Сталеві колеса вагонів насаджують на осі методом «гарячої посадки»: *розігріте* колесо насаджують на *холодну* вісь. Після цього колеса міцно тримаються на осі. На чому ґрунтується цей процес?
- ? 2.14. Щільно закрита скляна пляшка з водою містить бульбашку повітря. Коли пляшку нагрівають, об'єм бульбашки зменшується. Чому це відбувається? Адже відомо, що газу внаслідок нагрівання збільшують свій об'єм.

Задачі для допитливих

- ? 2.15. Чому вимірювання температури за допомогою медичного термометра має тривати не менше ніж 5–7 хвилин, а «збити» показання такого термометра можна майже відразу після вимірювання?
- ? 2.16. Медичні термометри мають шкалу до 42°C. Як же можна виміряти температуру хворому мешканцю тропічної країни? Адже там температура повітря вища за 42°C і стовпчик термометра повністю заповнений ртуттю ще до використання.

3. АГРЕГАТНІ СТАНИ РЕЧОВИНИ

1-й рівень складності

- ? 3.1. Чи відрізняються чимось молекули води та водяної пари?
- ? 3.2. Чи буває ртуть газоподібною? твердою?
- ? 3.3. Чи може перебувати в газоподібному стані золото? залізо? свинець?
- ? 3.4. Чи буває вуглекислий газ рідким? твердим?
- ? 3.5. Бензин може бути газоподібним. Чому пари бензину в повітрі є джерелом небезпеки?
- ? 3.6. Чому дифузія в повітрі відбувається значно швидше, ніж у воді?
- ? 3.7. Чи є у воді в річці кисень? Якщо є, то як він туди потрапляє?

2-й рівень складності

- ? 3.8. Якщо злити разом 20 мл води і 20 мл спирту, об'єм розчину буде меншим ніж 40 мл. Чому? Чи можете ви проілюструвати свою відповідь простим прикладом або дослідом?
- ? 3.9. Газ легко стиснути, а рідину — практично неможливо. Чи свідчить це про відмінність у властивостях молекул газу і рідини?
- ? 3.10. Чи можна наповнити газом *половину* закритого балона? Обґрунтуйте свою відповідь.
- ? 3.11. У якому розсолі (холодному чи гарячому) швидше просолюються огірки? Чому?
- ? 3.12. У якому чаї швидше розчиниться шматочок цукру: у холодному чи гарячому? Чай не розмішують.

- ? 3.13. Чому взимку риби в озері можуть загинути, якщо воно вкрите суцільним шаром льоду? Як можна запобігти загибелі риб?
- ? 3.14. Чому «зростаються» бруски із золота та свинцю, притиснуті один до одного? Як можна прискорити цей процес?

3-й рівень складності

- ? 3.15. Чим відрізняється рух молекул у газоподібному кисні від руху молекул у твердому кисні?
- 🔑 3.16. Над озером рано-вранці видно туман. Чи можна вважати, що це видно водяну пару?
- ? 3.17. За яких умов вода може перебувати: а) тільки в рідкому стані; б) тільки у твердому стані; в) тільки в газоподібному стані?
- ? 3.18. За яких умов вода може перебувати: а) у рідкому та твердому станах; б) у рідкому та газоподібному станах?
- 🔑 3.19. Середня швидкість руху молекул газу за кімнатної температури становить сотні метрів за секунду — це швидкість артилерійського снаряда! Чому ж запахи поширюються набагато повільніше?
- 3.20. Щільно притиснуті один до одного шматочки пластиліну злипаються. Чому ж не злипаються так само дві частини поламаного олівця? Які особливості сил притягання між молекулами тут проявляються?
- 3.21. Чому злипаються мокрі аркуші паперу?
- ? 3.22. Чому злипаються добре відполіровані скляні, металеві або керамічні пластинки?

4. ВНУТРІШНЯ ЕНЕРГІЯ. КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛОТИ. ВИДИ ТЕПЛООБМІНУ

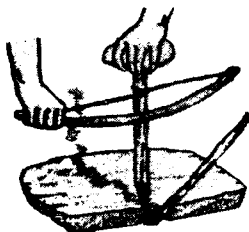
1-й рівень складності

- ? 4.1. Як зміниться внутрішня енергія цеглини, якщо її опустити в гарячу воду? підняти з першого поверху на другий?
- ? 4.2. У склянку з гарячою водою занурили металеву кульку. Чи зміниться кінетична енергія молекул кульки? потенціальна? Якщо зміниться, то як?
- ? 4.3. Футбольним полем котиться м'яч. Як змінюється його кінетична енергія? внутрішня енергія?
- ? 4.4. Долоні можна нагріти, якщо притиснути їх до нагрітого тіла, наприклад до стінки печі. Їх можна також нагріти, якщо потерти одна об одну. Чим різняться ці способи нагрівання долонь?
- ? 4.5. Коли сталевий ніж заточують на точильному крузі, ніж сильно нагрівається. А як ще можна підвищити його температуру?
- ? 4.6. Якщо налити окріп у металевий кухоль, то кухоль досить швидко стає гарячим. У який спосіб відбувається теплопередача між окропом і стінками кухля?
- ? 4.7. Чому радіатори обігрівачів виготовляють із металу, а не з пластику?
- ? 4.8. Для чого труби теплових мереж, що розташовані над землею, обмотують мінеральною ватою?
- ? 4.9. Чому, щоб скип'ятити воду в каструлі, ми нагріваємо дно каструлі, а не її кришку?
- ? 4.10. В електричному чайнику спіраль вмонтована на дні. Чому недоцільно вмонтовувати її на бічній стінці або під кришкою?
- ? 4.11. Сонце — зоря, що дає нам тепло для життя. Як Сонце передає тепло на Землю?

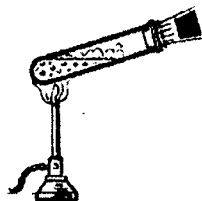
- 4.12. Чому для правильного вимірювання температури повітря, особливо влітку, термометр треба розмістити в тіні?

2-й рівень складності

- ? 4.13. Зі стола взяли велику та малу сталеві кульки й занурили в каструлю з водою, що кипить. Як змінилася внутрішня енергія кульок? Чи однакова зміна внутрішньої енергії для обох кульок?
- ? 4.14. Коли збільшується температура повітря, стовпчик термометра на стіні піднімається. За рахунок чого зростає його потенціальна енергія?
- 4.15. На чому ґрунтується спосіб отримання вогню, який проілюстровано на рисунку?
- ? 4.16. Чому бійці, які десантуються з гелікоптерів на канатах, обов'язково надягають рукавички?
- 4.17. Чому нагрівається металевий дріт, якщо його кілька разів зігнути та розігнути?
- 4.18. Чи можна запалити сірник, не виконавши над ним механічної роботи?
- 4.19. Які перетворення енергії спричиняють виліт корка з пробірки (див. рисунок)?



До задачі 4.15



До задачі 4.19

- ? 4.20. Невеликі метеорні тіла повністю згорають в атмосфері на висотах до 80 км. Чим викликане сильне нагрівання цих тіл?

- 4.21.** Чи можна зробити так, щоб внутрішня енергія тіла, над яким виконують роботу, залишилася сталою? Якщо можна, то як це зробити?
- 4.22.** Чому гази мають малу теплопровідність?
- 4.23.** Який із матеріалів забезпечує кращу теплоізоляцію: а) суцільний пластик чи спінений; б) сніг чи лід; в) цегла чи каміння; г) деревина чи деревна тирса?
- 4.24.** Добре чи погано мають проводити тепло стіни вашого будинку? Обґрунтуйте свою відповідь.
- 4.25.** Чому будинок, стіни якого виготовлені із суміші глини та соломи, значно краще тримає тепло, ніж будинок із цегли або бетону (за однакової товщини стін)?
- 4.26.** На рисунках зображено горобця взимку і влітку. Якій порі року відповідає кожне зображення?



- 4.27.** Щоб зберегти їжу теплою, наші бабусі вкуютують каструлю теплою ковдрою. А чи можна за допомогою теплої ковдри «зберігати» холод?
- 4.28.** Навіщо садівники восени засипають трояндові кущі старим листям?
- 4.29.** Чому дим від багаття в безвітряну погоду піднімається вертикально вгору?
- 4.30.** Чому радіатори опалення доцільно розташовувати під вікнами, а не над ними чи на стінах, де зовсім немає вікон?
- 4.31.** У якому випадку вода скоріше охолоне: якщо у відро з водою кинути шматок льоду або якщо поставити це відро на лід?
- 4.32.** Навіщо в корпусах комп'ютерів роблять отвори? Установлюють вентилятори?

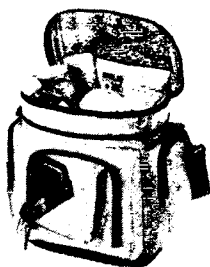
? 4.33. На дачних ділянках мешканці доволі часто будують літній душ — бак із водою на певній висоті та трубку з душовою насадкою. За рахунок чого підігрівається вода в баку? Як зробити процес підігрівання найефективнішим?

? 4.34. Навіть у морозну погоду сніг може танути під сонячними променями. Який сніг танутиме швидше: чистий (за містом) чи брудний (у місті)? Чому?

? 4.35. Газгольдери (резервуари для зберігання опалювального газу) фарбують у сріблястий колір. Навіщо це роблять?

? 4.36. Навіщо в термосах відкачують повітря між стінками колби, а її внутрішню поверхню вкривають шаром полірованого металу?

? 4.37. Термосумки всередині покривають матеріалом, схожим на металеву фольгу. Між «фольгою» та зовнішньою тканиною вкладають спінений поліуретан, а зверху сумку щільно вкривають кришкою. Які види теплообміну зведені до мінімуму в таких сумках?



? 4.38. У який бік дме нічний бриз — з моря на сушу чи із суші на море? Обґрунтуйте свою відповідь.

? 4.39. Спекотного сонячного дня на межі між тільки-но зораним полем і лугом, де квітнуть ромашки, виникає легкий вітерець. У який бік він напрямлений — до поля чи лугу? Обґрунтуйте свою відповідь.

? 4.40. Турист гріється біля вогнища, а в казанку над вогнищем гріється вода для приготування чаю. Який вид теплопередачі відіграє головну роль у передачі тепла: а) від вогнища до туриста; б) від вогнища до води в казанку?

3-й рівень складності

- ? 4.41. У старому чайнику, який нагрівають на газовій плиті, час скипання води більший, ніж у новому чайнику такої самої ємності. Поясніть причину відмінності. У якому з цих чайників вода остигатиме швидше після вимикання плити?
- ? 4.42. Людина без одягу на холодному повітрі може перебувати досить довго, а в холодній воді — швидко замерзає. Чому?
- ? 4.43. Які види теплообміну зведені до мінімуму в сучасних віконних системах? Поясніть, за рахунок чого отримують відповідні ефекти.
- ? 4.44. У горах навіть улітку можуть траплятися дуже холодні ночі. Чому в таку ніч туристам, які вдягнуті в легкий літній одяг, потрібно не спати, а рухатися?
- ? 4.45. Як змінюється внутрішня енергія сталевий кульки, яка з деякої висоти падає на сталеву плиту й підскакує до початкової висоти? А як змінюється внутрішня енергія кульки, якщо вона падає на пісок?
- ? 4.46. У кузні в печі розігрівають залізну болванку. Потім коваль кладе її на холодне ковадло й піддає частим і сильним ударам. Чому температура болванки не зменшується, а навіть збільшується, хоч вона лежить на холодному ковадлі?
- ? 4.47. Показаний на рисунку кратер, який має діаметр 1,2 км і глибину 180 м, виник в Аризоні 50 тисяч років тому від удару метеорита масою понад 300 тисяч тонн. Але дослідження кратера не виявили метеоритної речовини. Куди ж вона поділася? За рахунок якої енергії утворився кратер?



- ? **4.48.** Над тілом виконали роботу 80 Дж та передали йому кількість теплоти 50 Дж. На скільки змінилася внутрішня енергія тіла?
- ? **4.49.** Газ отримав кількість теплоти 100 Дж і розширився, виконавши роботу 40 Дж. На скільки змінилася внутрішня енергія газу?
- ? **4.50.** Газ стиснули, виконавши над ним роботу 90 Дж. При цьому газ передав навколишньому середовищу кількість теплоти 35 Дж. На скільки змінилася внутрішня енергія газу?
- ? **4.51.** Вода у ванні за кімнатної температури має значно більшу внутрішню енергію, ніж чайна ложка, яка перебуває в чашці з гарячим чаєм. У якому напрямі відбуватиметься теплообмін, якщо ложка впаде у ванну?
- ? **4.52.** Швацька нитка в полум'ї свічки швидко перегоряє. Але якщо кілька разів намотати нитку на металевий циліндр і піднести його до полум'я свічки, нитка не перегорятиме. Чому?
- ? **4.53.** Якщо доторкнутися до металевого та дерев'яного предметів на морозі, то метал на дотик буде значно холоднішим за деревину. А який із цих предметів здаватиметься на дотик прохолоднішим у п'ятдесятиградусну спеку?
- ? **4.54.** Як скоріше охолодити каву в чашці: відразу налити холодне молоко чи почекати 5 хвилин, а потім налити?
- ? **4.55.** Чому свічка на космічній станції не горітиме довго без примусової вентиляції (перемішування повітря)?
- ? **4.56.** Чому піч буває важко розтопити, а підтримувати вогонь значно легше?

- ?** 4.57. Яка труба — цегляна чи сталева — забезпечує за однакової висоти кращу тягу в топці?
- ?** 4.58. Чому в парнику, укритому склом або плівкою, навіть за відсутності опалення температура може бути суттєво вищою за температуру навколишнього повітря?
- ?** 4.59. Літнього спекотного дня повітря дуже гаряче. Чи можна вважати, що його нагріває сонячне проміння?

Задачі для допитливих

- ?** 4.60. У сильну стужу вода в природних водоймищах має найвищу температуру (близько $+4^{\circ}\text{C}$) біля дна. Чи не суперечить це тому відомому факту, що тепла рідина має підніматися вгору?
- ?** 4.61. Чому навіть над спекотною Африкою на висоті 10 км температура повітря менша від -40°C ?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Внутрішня енергія тіла — це сумарна енергія:
 - А взаємодії молекул цього тіла між собою
 - Б хаотичного руху молекул цього тіла та їх взаємодії між собою
 - В взаємодії молекул цього тіла із Землею
 - Г хаотичного руху молекул цього тіла
- Щоб змінити внутрішню енергію пружини, її треба:

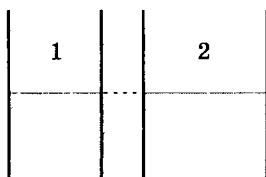
А розтягнути	В охолодити
Б стиснути	Г підняти над Землею
- Щоб сніг навесні скоріше розтанув під сонячними променями, його треба:
 - А розрівняти
 - Б укрити блискучою плівкою
 - В згорнути у великий замет
 - Г посипати сажею

4. Прикладом конвекції може бути:
- А сильне нагрівання зораної землі в сонячний день
 - Б швидке нагрівання шкіри людини під час розтирання маззю
 - В швидке охолодження гарячої води, у яку кинули шматочки льоду
 - Г охолодження гарячого цвяха, який затиснули холодними лещатами
5. За однакової товщини шару матеріалу найкращу теплоізоляцію забезпечить:
- А мідь
 - Б деревна тирса
 - В деревина
 - Г скло
6. Отримавши кількість теплоти 150 Дж, газ розширився та виконав роботу 60 Дж. На скільки змінилася його внутрішня енергія?
- А Збільшилася на 210 Дж
 - Б Зменшилася на 210 Дж
 - В Збільшилася на 90 Дж
 - Г Зменшилася на 90 Дж

5. ПИТОМА ТЕПЛОЄМНІСТЬ. РІВНЯННЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ

1-й рівень складності

- ? 5.1. У дві посудини (див. рисунок) налили воду до одного рівня. Потім воду нагріли на 1°C . Вода в якій посудині отримала більшу кількість теплоти?



- ? 5.2. Питома теплоємність води дорівнює $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$. Який фізичний зміст цієї величини?
- ? 5.3. Питома теплоємність міді дорівнює $400 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$. Який фізичний зміст цієї величини?

- ? 5.4. Мідну, сталеву та алюмінієву деталі однакової маси охолодили на 1°C . Яка з деталей віддала найбільшу кількість теплоти? найменшу?
- 2 5.5. В однакові посудини з однаковими кількостями води кімнатної температури кладуть кульки однакової маси із заліза та свинцю, які попередньо тривалий час перебували в окропі. У посудині з якою кулькою кінцева температура буде більш високою?
- ? 5.6. Яка кількість теплоти потрібна, щоб нагріти 1 кг заліза на 2°C ?
- ? 5.7. Яка кількість теплоти потрібна, щоб нагріти 2 кг алюмінію на 1°C ?
- 5.8. Мідна ручка дверей масою 0,5 кг нагрілася на сонці на 40°C . Яку кількість теплоти вона отримала?
- 5.9. Визначте питому теплоємність речовини, якщо для нагрівання 3 кг цієї речовини на 10°C необхідна кількість теплоти 63 кДж.
- 5.10. Яку масу води можна нагріти від 30 до 90°C , передавши їй кількість теплоти 126 кДж?
- 5.11. Визначте масу алюмінію, що нагрівається на 40°C , отримавши кількість теплоти 27,6 кДж.
- 5.12. На скільки градусів нагрівається сталевая деталь масою 30 кг, отримавши кількість теплоти 18 кДж?
- 5.13. На скільки градусів має охолонути залізний брусок масою 25 кг, щоб передати навколишньому середовищу кількість теплоти 1,38 МДж?

2-й рівень складності

Приклади розв'язування задач

Задача. Мідний чайник масою 500 г містить 0,5 л води за температури 10°C . Чайнику було надано кількість теплоти 23 кДж. До якої температури нагрілася вода*?

* Тут і надалі теплообмін із навколишнім середовищем та теплоємність калориметра не враховуйте, якщо інше не зазначено в умові задачі.

Дано:

$$m_M = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$$

$$V_B = 0,5 \text{ л} = 0,0005 \text{ м}^3$$

$$t_1 = 10^\circ \text{С}$$

$$Q = 23 \text{ кДж} = 23\,000 \text{ Дж}$$

$$c_M = 400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}}$$

$$c_B = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}}$$

$$\rho_B = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$t_2 = ?$$

Розв'язання

Унаслідок теплообміну між чайником і водою їх температури змінюються практично однаково.

$$Q = Q_M + Q_B, \quad Q_M = c_M m_M (t_2 - t_1),$$

$$Q_B = c_B m_B (t_2 - t_1) = c_B \rho_B V_B (t_2 - t_1).$$

$$\text{Отже, } Q = (c_M m_M + c_B \rho_B V_B) \cdot (t_2 - t_1).$$

$$\text{Звідси } t_2 = t_1 + \frac{Q}{c_M m_M + c_B \rho_B V_B}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці: } [t_2] =$$

$$= ^\circ \text{С} + \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}} \cdot \text{кг} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{С}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м}^3} = ^\circ \text{С}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$t_2 = 10 + \frac{23\,000}{400 \cdot 0,5 + 4200 \cdot 1000 \cdot 0,0005} = 20 \text{ (}^\circ \text{С)}.$$

Відповідь: $t_2 = 20^\circ \text{С}$.

Задача. Скільки гарячої води з температурою 60°С потрібно додати до 120 л холодної води з температурою 20°С , щоб підготувати ванну з температурою води 36°С ?

Дано:

$$t_1 = 60^\circ \text{С}$$

$$t_2 = 20^\circ \text{С}$$

$$V_2 = 120 \text{ л}$$

$$t = 36^\circ \text{С}$$

$$V_1 = ?$$

Розв'язання

Під час змішування гарячої води з холодною відбувається теплообмін, доки температура всієї води не стане t .

Кількість теплоти, яку віддала гаряча вода, $Q_1 = c m_1 (t_1 - t)$. Холодна вода отримала кількість теплоти $Q_2 = c m_2 (t - t_2)$.

Згідно з рівнянням теплового балансу $Q_1 = Q_2$. Підставивши $m_1 = \rho V_1$ і $m_2 = \rho V_2$ (тут ρ — густина води), дістанемо після скорочень $V_1 = V_2 \frac{t - t_2}{t_1 - t}$.

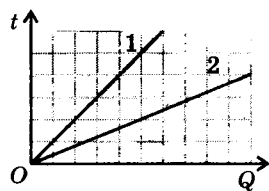
$$\text{Перевіримо одиниці: } [V_1] = \text{л} \cdot \frac{^\circ \text{С} - ^\circ \text{С}}{^\circ \text{С} - ^\circ \text{С}} = \text{л}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$V_1 = 120 \cdot \frac{36 - 20}{60 - 36} = 80 \text{ (л)}.$$

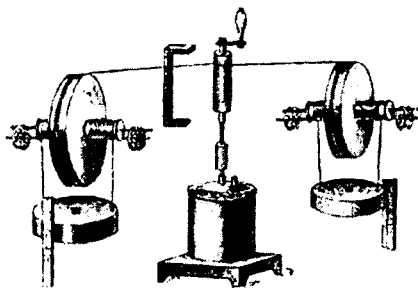
Відповідь: $V_1 = 80 \text{ л}$.

- ? 5.14. Чому саме воду дуже зручно застосовувати як теплоносієм у системах опалення та охолодження?
- ? 5.15. Чому вода в озері нагрівається влітку вранці повільніше, ніж пісок на пляжі?
- ? 5.16. Де більш м'який клімат: у Харкові чи у французькому порту Гавр? Обидва міста розташовані приблизно на одній широті.
- ? 5.17. У сталевий кувалд масою 300 г налили 300 г води й поставили на плиту. На що піде більша кількість теплоти: на нагрівання кувалди чи води?
- ? 5.18. На рисунку зображено графіки залежності температури від отриманої кількості теплоти для двох металевих брусків однакової маси. У якого з металів питома теплоємність більша? Відповідь поясніть.



- 5.19. Яка кількість теплоти потрібна, щоб нагріти на 35°C свинцевий брусок масою 35 кг?
- 5.20. Яку кількість теплоти віддасть дерев'яна лава масою 15 кг, нагріта вдень сонячними променями, якщо вночі охолоне на 15°C ?
- 5.21. Яка кількість теплоти потрібна, щоб підвищити температуру мідного бруска масою 5 кг від 20°C до 60°C ?
- 5.22. Мідну заклепку масою 50 г нагрівають від 20°C до 370°C . Яка кількість теплоти для цього потрібна?
- 5.23. Сталева деталь масою 5,5 кг охолонула від 257°C до 57°C . Яку кількість теплоти віддала деталь?
- 5.24. Улітку на дачній ділянці батько з сином збудували басейн завдовжки 4 м, завширшки 2 м і завглибшки 1,5 м. Зранку батько наповнив його колодязною водою, температура якої 14°C . Яку кількість теплоти отримала вода в басейні від гарячого повітря й сонячного проміння, якщо ввечері температура води була вже 18°C ?
- 5.25. Металевий циліндр масою 250 г нагрівся від 25°C до 225°C , отримавши кількість теплоти 46 кДж. З якого металу може бути виготовлений цей циліндр?

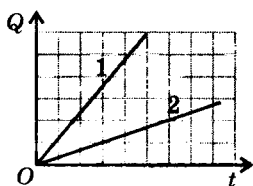
- 5.26. Коли куля масою 2 кг отримала кількість теплоти 6,9 кДж, її температура збільшилася від 30 до 45 °С. Визначте питому теплоємність матеріалу кулі. З чого вона може бути виготовлена?
- 5.27. Для нагрівання тіла масою 32 кг на 21 °С витрачено таку саму кількість теплоти, як і для нагрівання 8,8 кг води на 16 °С. Визначте питому теплоємність матеріалу тіла. З чого воно може бути виготовлено?
- 5.28. На скільки градусів підніметься температура сталеві деталі масою 8,4 кг, якщо їй передати таку саму кількість теплоти, що потрібна для нагрівання 500 г води на 15 °С?
- 5.29. Площа кімнати становить 22 м², висота цієї кімнати — 3 м. Яка кількість теплоти необхідна для нагрівання повітря в кімнаті від 16 до 22 °С? Питома теплоємність повітря дорівнює 1 кДж/(кг · °С).
- 5.30. В алюмінієвій каструлі масою 500 г підігривають 3,5 л води від 20 °С до кипіння за температури 100 °С. Яка кількість теплоти для цього потрібна?
- 5.31. У сталевій ванні масою 40 кг, що містить 200 л масла за температури 17 °С, нагрівають мідні деталі масою 85 кг. Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб довести температуру ванни до 167 °С?
- 5.32. У калориметрі, який містить 1 л води, обертаються лопаті гвинта за рахунок енергії двох важків, що опускаються, масою по 8,4 кг (див. рисунок). Це спричиняє нагрівання води. На скільки градусів нагрілася вода, коли кожний важок опустився на 10 м?



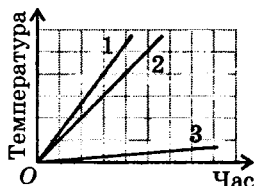
- 5.33.** Двигун потужністю 25 Вт протягом 7 хв примушує обертатися лопаті гвинта всередині заповненого водою калориметра. Унаслідок цього вода нагрілася на 1°C . Визначте масу води в калориметрі.
- 5.34.** З висоти 14 м на пісок падає свинцева куля. На скільки градусів вона нагріється, якщо 50% потенціальної енергії кулі перейде в її внутрішню енергію?
- 5.35.** На скільки градусів нагрівається вода, що падає у водоспад з висоти 70 м? Уважайте, що 60% механічної енергії води переходить в її внутрішню енергію.
- 5.36.** Щоб отримати у ванні 100 л води з температурою 35°C , до ванни додали 6 л окропу. Визначте початкову температуру води у ванні.
- 5.37.** Посудина містить 4 л води за температури 12°C . Скільки окропу потрібно долити, щоб отримати воду з температурою 50°C ?
- 5.38.** Скільки холодної води за температури 8°C потрібно додати до 80 л гарячої води за температури 90°C , щоб приготувати ванну з температурою води 30°C ?
- 5.39.** У сталевий чайник масою 500 г, температура якого дорівнює 24°C , налили 500 г гарячої води з температурою 90°C . Яка температура встановилася в чайнику?
- 5.40.** Щоб охолодити розжарену до 100°C чавунну сковорідку масою 2 кг, у неї наливають 0,5 л води з температурою 12°C . До якої температури охолоне сковорідка?
- 5.41.** У мідний калориметр масою 50 г, що містить 200 г води за температури $11,5^{\circ}\text{C}$, опустили металевий циліндр масою 100 г, який до цього перебував в окропі. Теплова рівновага в калориметрі встановилася за температури 14°C . З якого металу може бути виготовлений циліндр?

3-й рівень складності

- ? 5.42. Чому неможливо довести воду в повному чайнику до кипіння, підігріваючи її за допомогою свічки?
- ? 5.43. Які зміни відбулися б на Землі, якби питома теплоємність води раптом зменшилась у 10 разів?
- ? 5.44. На плиту поставили алюмінієву каструлю з водою. Маса каструлі та води однакові. Який із графіків (див. рисунок) залежності отриманої кількості теплоти Q від часу t відповідає каструлі, а який — воді?
- ? 5.45. Вода в посудині, мідний та сталевий бруски мають однакові маси. Ці три тіла щосекунди отримують від нагрівників однакову кількість теплоти. Який графік (див. рисунок) відповідає воді, а який — міді? Обґрунтуйте свою відповідь.



До задачі 5.44



До задачі 5.45

- 5.46. Сталеve зубило будівельного перфоратора нагрілося на 180°C за 15 хв роботи інструмента. Уважаючи, що 30 % енергії ударів перфоратора пішло на нагрівання зубила, знайдіть потужність перфоратора та виконану ним роботу. Маса зубила становить 3 кг.
- 5.47. Під час свердління отвору в сталевій деталі двигун електродриля виконав роботу 90 кДж. На скільки градусів нагрілося сталеве свердло масою 100 г, якщо на його нагрівання пішло 2,5 % енергії, витраченої двигуном?
- 5.48. Санчата з хлопчиком загальною масою 60 кг на швидкості 5 м/с виїхали на ділянку асфальту й зупинилися. На скільки градусів нагрілися сталеві полози санчат за рахунок тертя, якщо 20 % механічної енергії перейшло у внутрішню енергію полозів? Маса кожного полоза становить 1 кг.

- 5.49. Свинцева куля, що пробиває дошку, зменшує свою швидкість від 300 до 200 м/с. На скільки збільшиться температура кулі, якщо 28 % утраченої механічної енергії переходить у її внутрішню енергію?
- 5.50. Свинцева та олов'яна кулі впали з однакової висоти. У кожної з них на нагрівання пішла половина утраченої механічної енергії. Яка з куль нагрілася сильніше, якщо обидві вони мали однакову початкову температуру?
- 5.51. У каструлю наливають вісім повних склянок холодної води за температури 10°C і п'ять повних склянок гарячої води за температури 80°C . Яка температура встановиться в каструлі? Теплоємність каструлі не враховуйте.
- 5.52. Скільки потрібно холодної й гарячої води, щоб приготувати ванну на 200 л із температурою води 28°C ? Температури води до змішування відповідно становили 10 і 85°C .
- 5.53. До ванни, де було 100 л холодної води за температури 9°C , додали 60 л гарячої води за температури 81°C . Після встановлення теплової рівноваги температура води у ванні дорівнювала 35°C . Чи були втрати енергії через теплообмін із навколишнім середовищем?
- 5.54. Учень обчислив, скільки потрібно гарячої води за температури 80°C , щоб нагріти 100 г холодної води від 8 до 20°C . Яку поправку необхідно внести в обчислення, щоб урахувати теплоємність калориметра, у якому міститься холодна вода? Теплоємність* калориметра становить 50 Дж/ $^{\circ}\text{C}$.
- 5.55. Один кубічний метр води остигає на 2°C . Який об'єм повітря можна нагріти на 8°C за рахунок енергії, що виділилася? Питома теплоємність повітря дорівнює 1 кДж/(кг· $^{\circ}\text{C}$).

* Теплоємність C тіла показує, яка кількість теплоти необхідна для нагрівання тіла на 1 градус. Під час нагрівання тіла $Q = C\Delta t$.

- ? 5.56. Мідну, сталеву та алюмінієву деталі однакового об'єму нагріли на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Яка з деталей отримала найбільшу кількість теплоти? найменшу?
- 5.57. Об'єми алюмінієвої та свинцевої деталей однакові. У скільки разів відрізняються кількості теплоти, що необхідні для нагрівання цих деталей на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$?
- 5.58. На скільки градусів піднялася б за добу температура людського тіла, якби все виділене людиною тепло витрачалось на збільшення внутрішньої енергії її тіла? Для розрахунку візьміть питому теплоємність тканин людського тіла рівною питомій теплоємності води. Уважайте, що внаслідок теплообміну з навколишнім середовищем людина масою 70 кг щосекунди віддає кількість теплоти 40 Дж .
- 5.59. Туристи, щоб обігріти намет, кладуть у нього 3 цеглини розміром $25\times 12\times 8\text{ см}$, нагрітих у багатті до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коли цеглини охолонули до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура повітря в наметі підвищилася на $8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Яка частина відданої цеглинами енергії пішла на нагрівання повітря в наметі, якщо об'єм намету становить 3 м^3 ?

Задачі для допитливих

- 5.60. Чи може дощова краплина нагрітися до кипіння, ударившись об землю?
- 5.61. Дві однакові свинцеві кулі, які рухалися зі швидкостями 41 м/с назустріч одна одній, зіштовхнулися та зліпилися. На скільки градусів вони нагрілися внаслідок зіткнення?
- 5.62. Горизонтальною ділянкою дороги тягнуть із постійною швидкістю 1 м/с сталевий брусок, прикладаючи до нього силу в напрямі руху. На скільки градусів нагріється брусок протягом 10 хв ? Коефіцієнт тертя між дорогою та бруском дорівнює $0,6$. Уважайте, що 50% витраченої механічної енергії передається навколишньому середовищу.

5.63. У калориметр, що містить воду за температури 20°C , опускають нагріту в окропі кульку. Температура води піднімається на 2°C . На скільки ще підніметься температура води в калориметрі, якщо додати ще дві такі самі кульки, нагріті в окропі? Перша кулька залишається в калориметрі.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Щоб нагріти речовину масою 2 кг на 5°C , потрібна кількість теплоти 4 кДж. Питома теплоємність цієї речовини дорівнює:

A $40 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$

B $1600 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$

Б $10 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$

Г $400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$

2. Щоб нагріти 2 кг води на 2°C , потрібна кількість теплоти:

A 1,05 кДж

B 4,2 кДж

Б 2,1 кДж

Г 16,8 кДж

3. Воді масою 500 г, що мала температуру 20°C , передали кількість теплоти 42 кДж. Кінцева температура води дорівнює:

A 30°C

B 60°C

Б 40°C

Г 80°C

4. Рівняння теплового балансу пов'язане зі збереженням:

A маси речовини

B кількості молекул

Б енергії

Г сили взаємодії тіл

5. У калориметр перелили 200 г води за температури 30°C і 300 г води за температури 20°C . Після встановлення теплової рівноваги температура води в калориметрі дорівнюватиме:

A 24°C

B 26°C

Б 25°C

Г 28°C

6. Калориметр містив 400 г води з температурою 18°C. Коли у воду занурили металеву деталь масою 600 г за температури 60°C, у калориметрі встановилася температура 20°C. Питома теплоємність металу, з якого виготовлена деталь, дорівнює:

А $140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

В $1400 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

Б $210 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

Г $2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$

6. КРИСТАЛІЧНІ ТА АМОΡФНІ ТІЛА. ПЛАВЛЕННЯ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЯ

1-й рівень складності

6.1. Питома теплота плавлення алюмінію дорівнює 390 кДж/кг. Поясніть фізичний зміст цієї величини.

6.2. Срібну та сталеву заготовки однакової маси нагріли так, що вони почали плавитися. Для розплавлення якої з них потрібно витратити після цього більшу кількість теплоти?

6.3. Під час плавлення кристалічного тіла його температура залишається незмінною. Чи змінюється під час плавлення внутрішня енергія тіла?

6.4. Яке з тіл має більшу внутрішню енергію: шматок льоду масою 1 кг за температури 0°C чи вода масою 1 кг за тієї самої температури?

6.5. У каструлі з водою плаває шматок льоду. За яких умов він не буде танути?

6.6. Чи можна в чавунному казані розплавити срібло? залізо?

6.7. Залізо, мідь, алюміній і олово потрібно нагріти в печі до 700°C. Який із металів перед нагріванням слід обов'язково покласти в посудину? Обґрунтуйте свою відповідь.

- 6.8. Якщо в ящик, обкладений з усіх боків пінопластом, покласти продукти та пластикову пляшку з льодом, то досить довгий час температура продуктів буде 0°C . Чому?
- 6.9. Шматок льоду дістали з морозильної камери та поклали на тарілку. Чому він почне танути не відразу?
- 6.10. У продовольчих магазинах свіжу рибу кладуть на відкриті прилавки, які наповнені льодовою крихтою. Чому риба на такому прилавку не замерзає, як у морозильній камері?
- 6.11. Якщо заповнену водою скляну пляшку винести на мороз, то через деякий час пляшка розколеться. Чому?
- 6.12. Навіщо взимку в радіатори автомобілів заливають рідину, яка має нижчу температуру замерзання, ніж вода?
- 6.13. Яку кількість теплоти потрібно передати шматку льоду масою 5 кг із температурою 0°C , щоб він повністю розплавився?
- 6.14. Яка кількість теплоти виділиться в результаті кристалізації 6 кг міді? Мідь взято за температури кристалізації.

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. Яка кількість теплоти потрібна, щоб 2 кг льоду з температурою -20°C перетворити на воду з температурою 40°C ?

Дано:

$$m = 2\text{ кг}$$

$$t_1 = -20^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 40^{\circ}\text{C}$$

$$t_{\text{пл}} = 0^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}}$$

$$\lambda_{\text{л}} = 330\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q = ?$$

Розв'язання

Щоб отримати воду з льоду, його потрібно спочатку нагріти до точки плавлення, витративши кількість теплоти $Q_1 = c_{\text{л}}m(t_{\text{пл}} - t_1)$. Потім під час плавлення поглинається кількість теплоти $Q_2 = \lambda_{\text{л}}m$, а під час нагрівання утвореної з льоду води — кількість теплоти $Q_3 = c_{\text{в}}m(t_2 - t_{\text{пл}})$.

Загальна кількість теплоти $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$.

Остаточного отримаємо:

$$Q = c_{\text{л}}m(t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda_{\text{л}}m + c_{\text{в}}m(t_2 - t_{\text{пл}}) = m(c_{\text{л}}(t_{\text{пл}} - t_1) + \lambda_{\text{л}} + c_{\text{в}}(t_2 - t_{\text{пл}})).$$

Перевіримо одиниці:

$$[Q] = \text{кг} \cdot \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C}) \right) = \text{Дж}.$$

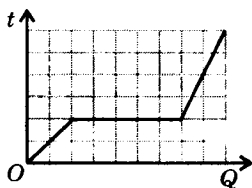
Визначимо значення шуканої величини:

$$Q = 2 \cdot (2100 \cdot 20 + 330\,000 + 4200 \cdot 40) = 1\,080\,000 \text{ (Дж)}.$$

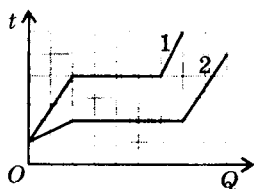
Відповідь: $Q \approx 1,1 \text{ МДж}$.

- ? 6.15. Чому мідні проводи легше спаяти, ніж з'єднати за допомогою зварювання?
- ? 6.16. Чи міг в історії людства залізний вік передувати бронзовому?
- ? 6.17. Як змінився б перебіг процесів, які ми спостерігаємо навесні, якби питома теплота плавлення льоду була такою, як у свинцю (тобто зменшилася б у 13 разів)?
- ? 6.18. Олово в сталевій посудині нагрівають у печі від кімнатної температури до 300°C , а потім дають металу остигнути до початкової температури. Побудуйте приблизний графік залежності температури олова від часу.
- 6.19. На скільки градусів можна було б нагріти 1 кг води за рахунок енергії, яка потрібна, щоб розплавити 1 кг льоду за температури 0°C ?
- 6.20. Яка кількість теплоти необхідна для плавлення 0,5 т залізного металобрухту, якщо температура в цеху, де він лежить, дорівнює 35°C ?
- 6.21. Яка кількість теплоти необхідна для плавлення 5 кг алюмінію, що має температуру 60°C ?
- 6.22. Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб розплавити 500 г свинцю, який має температуру 27°C ?
- 6.23. Яку масу міді, що має температуру 87°C , можна розплавити, передавши їй кількість теплоти 610 кДж?
- 6.24. З розплавленого срібла, яке має температуру кристалізації, відливають виделку. Яка кількість теплоти виділиться під час кристалізації та остигання виделки до 62°C ? Маса виделки дорівнює 70 г.

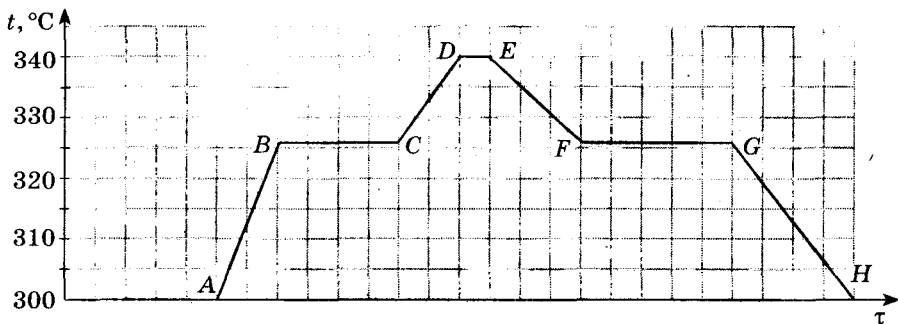
- 6.25.** Ювелір випустив із печі у форму 25 г золота за температури кристалізації. Яка кількість теплоти виділиться під час кристалізації та остигання золотої відливки до 65°C ?
- 6.26.** Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб із 4 кг снігу з температурою -10°C отримати 4 кг окропу?
- 6.27.** Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб перетворити лід масою 5 кг з температурою -20°C у воду з температурою 40°C ?
- 6.28.** Полярники одержують необхідну їм воду, розтоплюючи лід. Яка кількість теплоти потрібна, щоб отримати 40 л води з температурою 50°C , якщо температура навколишнього середовища становить -30°C ?
- 6.29.** З печі у форму було наливо 600 г розплавленого олова за температури 432°C . Олово охолоджується й кристалізується, потім брусок, що утворився, остигає до 32°C . Яка кількість теплоти виділяється при цьому? Уважайте, що питома теплоємність розплавленого олова дорівнює $250 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.
- 6.30.** У сталевому тиглі масою 500 г майстер розплавив 200 г олова. Яку кількість теплоти було на це витрачено, якщо початкова температура олова становила 32°C ?
- 6.31.** Металеву деталь поміщають у плавильну піч. На рисунку наведено графік залежності температури металу від отриманої кількості теплоти. У якому стані (твердому чи рідкому) питома теплоємність металу більша? у скільки разів? Поясніть свою відповідь.



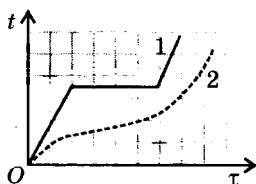
- ? 6.32. Металеві бруски 1 і 2 однакової маси по черзі поміщають у плавильну піч. На рисунку наведено графіки залежності температури брусків від отриманої кількості теплоти. У якого металу питома теплота плавлення більша? у скільки разів? Поясніть свою відповідь.



- ? 6.33. На рисунку наведено схематичний графік зміни з часом температури t сталевій посудині зі свинцем. Посудина стоїть на газовому пальнику. Які процеси відповідають різним ділянкам графіка? Чому ділянка GH більш полого, ніж ділянка AB ? Які температури плавлення та кристалізації свинцю?



- ? 6.34. На рисунку зображено залежність температури t від часу τ для двох зразків, яким щосекунди передають однакову кількість теплоти. Який із цих зразків є кристалічним тілом, а який — аморфним? Чим різняться процеси перетворення цих тіл у рідину?



3-й рівень складності

- ? 6.35. Як утворюються бурульки? За яких погодних умов? Чому бурульки найчастіше утворюються ближче до весни?
- ? 6.36. Вода, що замерзає, рве труби водогону або міцну посудину, виконуючи при цьому роботу. За рахунок якої енергії виконується ця робота?
- ? 6.37. Досвідчені садівники в разі весняних нічних заморозків під час цвітіння плодкових дерев увечері рясно поливають гілки з квітами водою. Чому це значно зменшує ризик втрати майбутнього врожаю?
- 2 6.38. Поверхня космічного апарата, що повертається на Землю, може нагрітися до декількох тисяч градусів унаслідок тертя об повітря, якщо не вжити спеціальних заходів. Один із таких заходів — це покриття поверхні матеріалами, які мають невелику температуру плавлення, але високу питому теплоту плавлення. Поясніть принцип такого захисту.
- ? 6.39. Деякі фірми випускають каструлі з незвичайним дном. Якщо поставити на плиту таку порожню каструлю, то вона досить швидко нагрівається до температури близько 98°C , а потім довго поглинає тепло без підвищення температури. Коли температура знов починає зростати, каструлю потрібно зняти з плити й покласти в неї овочі. Ще довгий час температура в каструлі буде 98°C , і овочі готуватимуться за такої температури без води. Що може міститися всередині порожнистого дна каструлі?
- 6.40. Свинцевий і олов'яний бруски однакової маси, що мають температуру 0°C , потрібно розплавити. Для плавлення якого з них знадобиться більша кількість теплоти? у скільки разів більша?
- 6.41. Сталевий і алюмінієвий циліндри однакових розмірів дістали з посудини з льодом і водою. Для плавлення якого з циліндрів потрібна більша кількість теплоти? у скільки разів більша?

- 6.42.** З розплавленого свинцю відлили пластинку розміром $10 \times 20 \times 50$ см. Яку кількість теплоти віддав навколишньому середовищу свинець, якщо його початкова температура була 700 K , а кінцева становить 27°C ? Питома теплоємність розплавленого свинцю дорівнює $170 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$.
- 6.43.** У калориметр, який містить воду за температури 40°C , поклали шматок льоду масою 400 г за температури 0°C . Визначте початкову масу води в калориметрі, якщо весь лід розтанув і в калориметрі встановилася температура 0°C .
- 6.44.** У каструлю з окропом масою 1 кг кидають шматочки льоду за температури 0°C . Лід якої маси потрібно кинути в каструлю, щоб температура води стала 40°C ? Теплоємність каструлі дорівнює $1000 \text{ Дж}/^\circ\text{C}$.
- 6.45.** Яку максимальну кількість льоду за температури 0°C можна кинути в 4 кг води за температури 40°C , щоб увесь лід розтанув?
- 6.46.** До мокрого снігу масою 500 г , який міститься в калориметрі, долили 500 г окропу. Після встановлення теплової рівноваги температура в калориметрі дорівнює 30°C . Скільки води було в снігу?
- 6.47.** Залізний брусок за температури 500°C кинули в замет снігу за температури 0°C . Остигаючи, брусок розтопив 2 кг снігу. Визначте масу бруска.
- 6.48.** Калориметр містить воду масою $1,2 \text{ кг}$ за температури 20°C . У воду поміщають лід масою 1 кг . Якою була початкова температура льоду, якщо його кінцева маса становить $0,84 \text{ кг}$?
- 6.49.** З якої висоти має падати свинцева дробинка, щоб, ударившись об землю, вона розплавилася? Температуру на початку падіння вважайте рівною 27°C . Унаслідок теплообміну 50% внутрішньої енергії, що виділяється, передається навколишньому середовищу.

- 6.50.** З якою швидкістю має летіти мідна кулька, щоб, ударившись об мішок з піском, вона розплавилася? Температура кульки перед ударом дорівнює 87°C . Унаслідок теплообміну 50 % внутрішньої енергії, що виділяється, передається навколишньому середовищу.

Задачі для допитливих

- 6.51.** Нагріту сталеву кульку ставлять на лід, що має температуру 0°C . Кулька занурюється в лід наполовину. До якої температури була нагріта кулька?
- 6.52.** У воду масою 0,8 кг із температурою 30°C поклали лід, температура якого становить 0°C . Яка температура встановиться в посудині, якщо маса льоду дорівнює: а) 80 г; б) 0,4 кг?
- 6.53.** У воду з температурою 30°C поклали лід масою 300 г за температури -20°C . Яка температура встановиться в посудині, якщо маса води дорівнює: а) 0,6 кг; б) 1,5 кг; в) 3 кг?
- 6.54.** Калориметр містить воду масою 400 г за температури 0°C . У воду кладуть шматок льоду масою 200 г, температура якого дорівнює -20°C . Яка температура встановиться в калориметрі?
- 6.55.** У переохолоджену до -8°C воду кидають маленький кристалик льоду. У воді починається швидкий процес кристалізації льоду на первинному кристалику. Яка частина води перетвориться в лід?

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

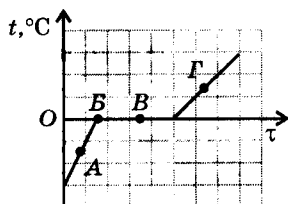
1. Під час замерзання води:

- А** збільшується середня швидкість теплового руху її молекул
- Б** виникає кристалічна решітка
- В** зменшується середня швидкість теплового руху її молекул
- Г** руйнується кристалічна решітка

2. Посудину для плавлення золота можна виготовити:

- А зі свинцю або сталі
- Б з алюмінію або вольфраму
- В із заліза або срібла
- Г зі сталі або вольфраму

3. Морозного зимового дня хлопчик заповнив банку снігом і переніс цю банку в теплу кімнату. На рисунку наведено графік залежності температури t вмісту банки від часу τ . Моменту часу, коли розтанула приблизно половина снігу, відповідає:



- А точка А
- Б точка Б

- В точка В
- Г точка Г

4. Щоб розплавити 4 кг свинцю, узятим за температури плавлення, необхідна кількість теплоти:

- А 25 кДж
- Б 6,25 кДж

- В 100 кДж
- Г 0,16 кДж

5. Під час кристалізації рідкого свинцю виділилася кількість теплоти Q_1 , а під час охолодження отриманого кристалічного свинцю до температури 227°C — кількість теплоти Q_2 . Відношення $\frac{Q_2}{Q_1}$ дорівнює:

- А 0,18
- Б 1,8

- В 0,56
- Г 5,6

6. Щоб перетворити на воду 2 кг снігу, що має температуру -30°C , потрібна кількість теплоти щонайменше:

- А 126 кДж
- Б 660 кДж

- В 330 кДж
- Г 786 кДж

7. ПАРОУТВОРЕННЯ ТА КОНДЕНСАЦІЯ. КИПІННЯ

1-й рівень складності

- ? 7.1. Чому в мокрій одежі завжди холодніше, ніж у сухій?
- ? 7.2. Чому показання термометра, загорненого в мокру тканину, нижчі від показань сухого термометра?
- ? 7.3. Щоб зменшити біль у разі травмування, до травмованого місця можна прикласти лід. Але часто місце травми футболіста або хокеїста «заморожують», поливаючи «летючою» рідиною. Поясніть, на чому ґрунтується цей метод.
- ? 7.4. У якій чашці чай охолоне скоріше: у широкій та низькій чи у вузькій та високій? Поясніть свою відповідь.
- ? 7.5. У вітряну погоду калюжі після дощу висихають значно швидше, ніж без вітру. Чому?
- ? 7.6. Чому чай остигає скоріше, якщо на нього дуть?
- ? 7.7. Процес переходу води в пару захопив увесь об'єм води в каструлі. Який саме процес відбувається: випаровування чи кипіння?
- ? 7.8. Над багаттям підвісили казанок із водою. У якому випадку вода закипить швидше: якщо казанок закрити кришкою чи якщо залишити відкритим? Поясніть свою відповідь.
- ? 7.9. Щоб прискорити процес приготування юшки, рибалки підкинули ще гілок у багаття під казаном, у якому вже кипіла вода з рибою та овочами. Чи дійсно процес прискориться? Відповідь обґрунтуйте.
- ? 7.10. Що має більшу внутрішню енергію: 1 кг води за температури 100°C чи 1 кг водяної пари за тієї самої температури?

7.11. Водяна пара масою 1 кг за температури 100°C сконденсувалась у воду. Як змінилася внутрішня енергія речовини?

7.12. Яка кількість теплоти потрібна, щоб перетворити на пару 100 г води? 50 г спирту? 12 г ефіру? Рідини беруть за температур кипіння.

7.13. Яку кількість теплоти отримано під час конденсації водяної пари масою 500 г, що мала початкову температуру 100°C?

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. Яка кількість теплоти потрібна для перетворення 2,5 кг льоду з температурою -20°C на пару з температурою 100°C?

Дано:

$$m = 2,5 \text{ кг}$$

$$t_1 = -20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{л}} = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$\lambda = 330\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q = ?$$

Розв'язання

Процес перетворення льоду на пару проходить у чотири етапи:

1) нагрівання льоду до температури плавлення, при цьому $Q_1 = c_{\text{л}}m(t_2 - t_1)$;

2) плавлення льоду, при цьому $Q_2 = \lambda m$;

3) нагрівання отриманої з льоду води до температури кипіння, при цьому $Q_3 = c_{\text{в}}m(t_3 - t_2)$;

4) пароутворення, при цьому $Q_4 = Lm$.

Загальна кількість теплоти:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4.$$

Остаточну отримаємо:

$$Q = m(c_{\text{л}}(t_2 - t_1) + \lambda + c_{\text{в}}(t_3 - t_2) + L).$$

Перевіримо одиниці:

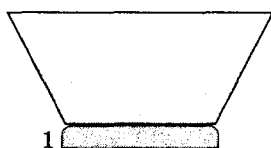
$$[Q] = \text{кг} \cdot \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} (\text{ }^\circ\text{C} - \text{ }^\circ\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C}} (\text{ }^\circ\text{C} - \text{ }^\circ\text{C}) + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right) = \text{Дж}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

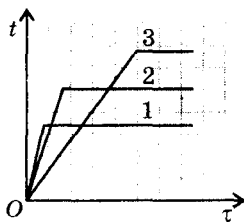
$$Q = 2,5 \cdot (2100 \cdot 20 + 330\,000 + 4200 \cdot 100 + 2\,300\,000) \approx 7,7 \cdot 10^6 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь: $Q = 7,7 \text{ МДж}$.

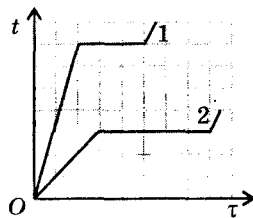
- ? 7.14. За якої температури відбувається випаровування води?
- ? 7.15. Чому випаровування спричиняє охолодження рідини?
- ? 7.16. Коли й чому запотівають окуляри?
- ? 7.17. Чому сирі дрова горять гірше, ніж сухі?
- ? 7.18. На столі стоять дві відкриті склянки: з водою та ефіром. У якій склянці термометр покаже вищу температуру?
- ? 7.19. Кожний грам води під час випаровування поглинає значно більшу кількість теплоти, ніж грам спирту. Лікар, коли робить укол, протирає місце уколу спиртом. Чому ж відчуття холоду при цьому значно сильніше, ніж у разі протирання шкіри вологою серветкою?
- ? 7.20. У сауні можна витримати температуру 100–120 °С, а в російській лазні — тільки 80 °С. Як це пов'язано з вологістю повітря в сауні та лазні?
- ? 7.21. На столі стоять дві тарілки: перша з жирним борщем, а друга з гарячою водою. Яка рідина охолоне швидше? Чому?
- ? 7.22. Для більш тривалого зберігання фрукти вкривають пластиковою герметичною плівкою. Чому при цьому термін зберігання фруктів збільшується?
- ? 7.23. Чому степові пожежі бувають тільки в середині або наприкінці спекотного літа, а не навесні?
- ? 7.24. Дві посудини, що мають однакову площу дна, містять однакову кількість води за кімнатної температури. Посудини поставили на однакові електроплитки, розміри яких збігаються з розмірами дна посудин (див. рисунки). У якій посудині вода закипить раніше? Чому?



- ? 7.25. Якщо з цупкого паперу зробити «склянку», то в ній можна закип'ятити воду на газовому пальнику. Чому ж папір не згоряє в полум'ї пальника?
- ? 7.26. Під час кипіння води в чайнику біля нього утворюється туман. Чому він утворюється не біля самого чайника, а на невеликій відстані від нього? Чому туман зникає, якщо до нього піднести запалений сірник?
- ? 7.27. Улітку та восени перед сходом сонця, коли температура повітря падає, часто утворюється туман. Чому утворення туману запобігає подальшому зниженню температури повітря?
- ? 7.28. На рисунку наведено графіки залежності температури t від часу τ для води, спирту та ефіру однакової маси, які мали однакову початкову температуру й отримували щосекунди однакову кількість теплоти. Установіть, який із графіків відповідає кожній рідині.
- ? 7.29. На однакових нагрівниках нагрівають однакові маси двох різних рідин. Установіть за графіками (див. рисунок), яка з рідин має: а) меншу питому теплоємність; б) більш високу температуру кипіння; в) більшу питому теплоту пароутворення.



До задачі 7.28



До задачі 7.29

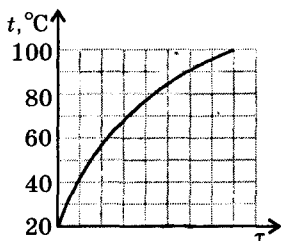
- 7.30. Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб 2 кг води, узятої за температури 10°C , перетворити в пару за температури 100°C ?
- 7.31. Яку кількість теплоти потрібно витратити, щоб 4 кг льоду, узятого за температури -30°C , перетворити в пару за температури 100°C ?

- 7.32.** Після закипання в каструлі виявилось на 200 г менше води, ніж на початку нагрівання. Яку кількість теплоти отримала вода в каструлі, якщо початковий об'єм води дорівнював 2 л, а початкова температура становила 15°C ?
- 7.33.** Яка кількість теплоти виділиться під час конденсації 250 г водяної пари, що має температуру 100°C , і охолодження утвореної рідини до температури 20°C ?
- 7.34.** Яку кількість теплоти потрібно відібрати від 50 г водяної пари з температурою 100°C , щоб отримати 50 г льоду з температурою 0°C ?

3-й рівень складності

- 7.35.** Чи можливе випаровування твердих тіл? Обґрунтуйте свою відповідь.
- 7.36.** Чому мокра білизна висихає навіть у сильні морози?
- 7.37.** Поясніть, чому в посудинах зі слабообпаленої глини вода лишається прохолодною навіть у літню спеку.
- 7.38.** Перед закипанням чайник «гудить». Які процеси зумовлюють виникнення звуку?
- 7.39.** Чому високо в горах у воді, що кипить в казані на вогнищі, неможливо зварити м'ясо?
- 7.40.** Чи можна викликати кипіння води, не нагріваючи її?
- 7.41.** Ампулу з водою відкривають на поверхні Місяця. Що відбуватиметься з водою?
- 7.42.** У каструлях-скороварках вода кипить за температури 120°C . Яка особливість конструкції каструль дозволяє так підвищити температуру кипіння води?
- 7.43.** У відкритій каструлі з гладенькими стінками і дном можна, обережно нагріваючи, довести чисту воду без порошинок та розчиненого повітря до температури понад 110°C . Чому ж вода не закипає?

- ? 7.44. У каструлі, у якій кипить вода, плаває миска з невеликою кількістю води. Чи кипить вода в мисці?
- ? 7.45. Відкрита каструля з водою стоїть на газовому пальнику. На рисунку подано графік залежності температури t води від часу τ . Чому графік має такий вигляд? Уважайте, що кожної секунди вода отримує однакову кількість теплоти.



- ? 7.46. Відкриту каструлю з окропом зняли з газового пальника й поставили на підставку на стіл. Накресліть приблизний графік залежності температури води в каструлі від часу.
- ? 7.47. Чому водяна пара за температури 100°C завдає більш серйозних опіків, ніж окріп?
- 7.48. Калориметр містить 1 кг води за температури 10°C . Скільки грамів пари, яка має температуру 100°C , потрібно впустити в калориметр, щоб температура в ньому піднялася до 60°C ?
- 7.49. Визначте початкову масу води в калориметрі за температури 0°C , якщо після впускання 10 г водяної пари з температурою 100°C температура піднялася до 40°C .
- 7.50. У калориметр, що містив 500 г води, впустили 20 г водяної пари з температурою 100°C . Там встановилася теплова рівновага за температури 50°C . Якою була початкова температура води?

Задачі для допитливих

- ? 7.51. З якого боку утворюється взимку на шибках іній? Поясніть цей процес.

- 7.52.** У калориметр, який містить 100 г води за температури 0°C , впустили 100 г водяної пари з температурою 100°C . Яка температура встановилась у калориметрі?
- 7.53.** У посудину з перегрітою водою (температура 108°C) кидають крупинку піску. Це спричиняє раптове закипання води. Якою буде температура води після того, як закінчиться кипіння? Яка частина від початкової кількості води залишиться в посудині?
- 7.54.** З якою мінімальною швидкістю мають летіти назустріч одна одній дві однакові краплинки води, щоб унаслідок зіткнення повністю випаруватися? Температура краплинок перед зіткненням дорівнює 20°C . Уважайте, що у внутрішню енергію краплинок переходить 50 % їх механічної енергії.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Випаровування води відбувається:
 - А** тільки за температури 100°C
 - Б** тільки за температури, вищої за 100°C
 - В** за будь-якої температури, з однаковою швидкістю
 - Г** за будь-якої температури, швидкість процесу залежить від температури
- Визначте, який із процесів є прикладом конденсації:
 - А** висихання калюж на асфальті після дощу
 - Б** виникнення туману раннього літнього ранку
 - В** «зникнення» снігу під яскравим весняним сонцем
 - Г** виникнення бульбашок у воді внаслідок нагрівання
- Під час випаровування рідини з її поверхні вилітають:
 - А** молекули з найменшою масою
 - Б** молекули з найбільшою кінетичною енергією
 - В** будь-які молекули, що опинилися поблизу поверхні
 - Г** молекули з найменшою кінетичною енергією

4. Температура кипіння води:
- А завжди дорівнює 100°C
 - Б збільшується зі збільшенням зовнішнього тиску
 - В зменшується зі збільшенням зовнішнього тиску
 - Г може бути будь-якою незалежно від зовнішнього тиску
5. Вода у відкритій каструлі скипіла. Щоб перетворити 100 г води на пару, потрібно передати воді кількість теплоти:
- А 23 кДж
 - Б 230 кДж
 - В 2,3 МДж
 - Г 23 МДж
6. Яку кількість теплоти необхідно передати воді масою 2 кг, щоб збільшити її температуру від 50 до 100°C , а половину води перетворити на пару?
- А 0,42 МДж
 - Б 2,3 МДж
 - В 2,72 МДж
 - Г 5,02 МДж

8. ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА

1-й рівень складності

- ? 8.1. Яка кількість теплоти виділяється внаслідок повного згоряння 1 кг гасу?
- ? 8.2. Під час повного згоряння 2 кг якого палива — деревного вугілля чи бензину — виділяється більша кількість теплоти?
- 8.3. Яка кількість теплоти виділяється внаслідок повного згоряння 2,5 кг деревного вугілля?
- 8.4. Яку кількість теплоти можна отримати, повністю спаливши 15,5 кг дров?
- 8.5. Щоб отримати кількість теплоти 23 МДж, довелося повністю спалити певну кількість гасу. Визначте масу цього гасу.
- 8.6. Антрацит якої маси спалили, якщо отримано кількість теплоти 60 МДж?

8.7. Під час повного згоряння 2 кг горючої речовини виділилася кількість теплоти 54 МДж. Яка питома теплота згоряння цієї речовини? Що це може бути за речовина?

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. На спиртівку ставлять сталевий кухоль з водою за температури 12°C . Спирт якої маси потрібно спалити, щоб довести воду до кипіння? Маса кухля дорівнює 100 г, води — 200 г, ККД спиртівки становить 25 %.

Дано:

$$t_1 = 12^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 100^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{к}} = 100 \text{ г} = 0,1 \text{ кг}$$

$$m_{\text{в}} = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$\eta = 25\%$$

$$c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$c_{\text{ст}} = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$q = 2,7 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_{\text{сп}} = ?$$

Розв'язання

Згідно з визначенням ККД нагрівника

$$\eta = \frac{Q_{\text{кор}}}{Q_{\text{нагр}}} \cdot 100\%$$

Під час згоряння шуканої маси спирту виділяється кількість теплоти $Q_{\text{нагр}} = qm_{\text{сп}}$. Корисною є кількість теплоти, що витрачається на нагрівання води та кухля:

$$Q_{\text{кор}} = c_{\text{в}}m_{\text{в}}(t_2 - t_1) + c_{\text{ст}}m_{\text{к}}(t_2 - t_1).$$

$$\text{Звідси } \eta = \frac{(c_{\text{в}}m_{\text{в}} + c_{\text{ст}}m_{\text{к}}) \cdot (t_2 - t_1)}{qm_{\text{сп}}} \cdot 100\%$$

Остаточнo отримуємо:

$$m_{\text{сп}} = \frac{(c_{\text{в}}m_{\text{в}} + c_{\text{ст}}m_{\text{к}}) \cdot (t_2 - t_1)}{\eta q} \cdot 100\%$$

Перевіримо одиниці:

$$[m_{\text{сп}}] = \frac{\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot \text{кг} \right) \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})}{\% \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \cdot \% = \text{кг}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$m_{\text{сп}} = \frac{(4200 \cdot 0,2 + 500 \cdot 0,1) \cdot (100 - 12)}{25 \cdot 2,7 \cdot 10^7} \cdot 100 \approx 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ (кг)}.$$

Відповідь: $m_{\text{сп}} \approx 12 \text{ г}$.

- 8.8. Спочатку спалили 10 кг спирту, а потім — 10 кг бензину. На скільки більша кількість теплоти виділилася в другому випадку?
- ? 8.9. Вам пропонують рідке паливо, питома теплота згоряння якого в 1,5 разу більша, ніж бензину. Чи значить це, що під час згоряння 1 л цього палива виділиться в 1,5 разу більша кількість теплоти, ніж під час згоряння 1 л бензину?
- 8.10. Яка кількість теплоти виділяється внаслідок повного згоряння 2,5 л гасу?
- 8.11. Яка кількість теплоти виділяється внаслідок повного згоряння 10 см³ бензину?
- 8.12. У скільки разів зменшується маса витраченого палива, коли теплова електростанція переходить з кам'яного вугілля на природний газ?
- 8.13. Суміш, яка складається з 3 кг бензину та 2 кг спирту, повністю згоряє. Яка кількість теплоти при цьому виділяється?
- 8.14. Суміш містить 5 кг бензину та 5 кг спирту. На скільки теплота згоряння цієї суміші менша від теплоти згоряння 10 кг чистого бензину?
- 8.15. Воду якої маси можна нагріти на 23°C за рахунок повного згоряння 10,5 г бензину?
- 8.16. Воду масою 2,5 кг нагріли, спаливши для цього 14 г бензину. Визначте кінцеву температуру води, якщо її початкова температура дорівнювала 18°C.
- 8.17. На яку висоту можна підняти людину масою 80 кг за рахунок енергії, що виділяється під час згоряння 100 г цукру? Унаслідок згоряння 1 г цукру виділяється приблизно 17,2 кДж енергії.
- 8.18. Чверть від кількості теплоти, що виділяється під час згоряння палива в нагрівнику, передається навколишньому середовищу. Визначте ККД цього нагрівника.

3-й рівень складності

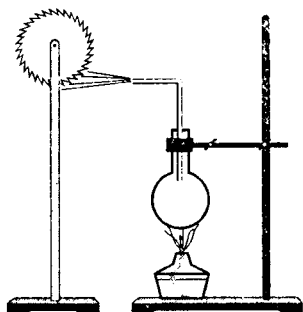
- ? 8.19. Чому у вибухових зарядах не використовують бензин або гас? Адже вони виділяють під час згоряння набагато більшу кількість теплоти, ніж порох.
- 8.20. У мідну каструлю масою 400 г полярники поклали 2 кг снігу за температури -30°C . Каструлю поставили на газовий пальник. Гас якої маси потрібно спалити полярникам, щоб отримати в каструлі окріп? Половина кількості теплоти, що виділяється під час згоряння гасу, передається навколишньому середовищу.
- 8.21. Дрова якої маси потрібно спалити, щоб 5 кг води за температури кипіння перетворити на пару? Уважайте, що вся кількість теплоти, яка виділяється під час згоряння дров, іде на пароутворення.
- 8.22. Визначте максимальну масу води з початковою температурою 20°C , яку можна перетворити на пару з температурою 100°C за рахунок теплоти, що виділиться внаслідок повного згоряння 10 г бензину. Втрати енергії не враховуйте.
- 8.23. Щоб одержати питну воду з морської, цю воду випаровують, а потім конденсують отриману пару. Речовини, які розчинені в морській воді, при цьому не випаровуються. Природний газ якої маси потрібно спалити, щоб опріснити 20 т морської води? Початкова температура води 15°C , питомі теплоємність та теплота пароутворення морської води такі самі, як і прісної. Уважайте, що вода отримує 50 % кількості теплоти, що виділилася внаслідок згоряння газу.
- 8.24. На газовий пальник поставили каструлю, що містить 1,5 л води за температури 20°C . Коли вода закипіла, виявилось, що її частина випарувалася. Визначте масу утвореної пари, якщо було витрачено 30 г гасу. Вода отримала 50 % кількості теплоти, що виділилася під час згоряння гасу.

- 8.25.** На газовому пальнику в алюмінієвому чайнику масою 400 г нагрівають 3 л води. Природний газ якої маси потрібно спалити, щоб вода нагрілася від 15°C до кипіння? ККД нагрівника становить 40 %.
- 8.26.** Чи можна нагріти в печі 100 кг заліза до плавлення, спаливши 2,5 кг деревного вугілля? Початкова температура заліза дорівнює 35°C , ККД печі становить 75 %.
- 8.27.** У мідній чашці масою 100 г на спиртівці нагрівають 400 мл води від 15 до 95°C і витрачають на це 13,2 г спирту. Обчисліть за цими даними ККД спиртівки.

9. ТЕПЛОВІ МАШИНИ

1-й рівень складності

- ? **9.1.** Чи можна вважати установку, зображену на рисунку, тепловим двигуном? Якщо так, то вкажіть, які перетворення енергії відбуваються в такому двигуні.



- ? **9.2.** Виберіть транспортні засоби, на яких використовують теплові двигуни: автомобіль, автобус, трамвай, тролейбус, літак, спортивний велосипед.
- ? **9.3.** Чому в поїздах метро не використовують двигуни внутрішнього згорання?

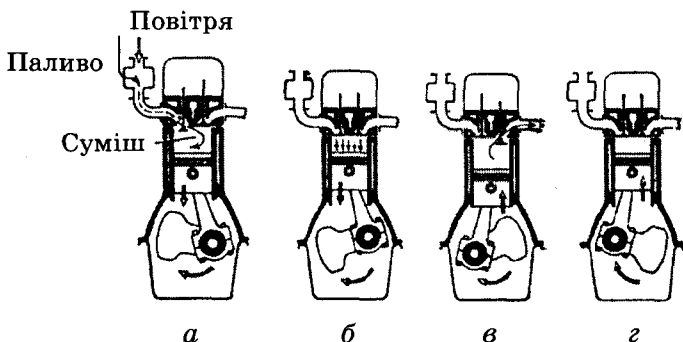
- ? 9.4. Чому в розвинених країнах висувають дуже жорсткі вимоги до виробників автомобілів щодо повноти згоряння палива у двигунах?
- ? 9.5. У якій галузі масово використовують дуже потужні теплові двигуни?
- ? 9.6. На яких транспортних засобах використовують найпотужніші поршневі двигуни? Що це за двигуни?
- 9.7. Яку корисну роботу виконує тепловий двигун, якщо він отримує від згоряння палива кількість теплоти 100 МДж, а передає навколишньому середовищу 70 МДж?

9.8. За один цикл тепловий двигун виконав корисну роботу 50 Дж. При цьому навколишньому середовищу передано кількість теплоти 100 Дж. Скільки енергії за цикл виділилося під час згоряння палива?

9.9. Дизельний двигун отримує від згоряння палива 20 МДж теплоти й виконує корисну роботу 7 МДж. Яку кількість теплоти за цей час передано навколишньому середовищу?

2-й рівень складності

- ? 9.10. З чого складається горюча суміш, що подається в циліндр двигуна внутрішнього згоряння?
- ? 9.11. Чому пара, яка пройшла парову турбіну, має меншу температуру, ніж пара на вході турбіни?
- ? 9.12. Навіщо в більшості теплових двигунів є радіатор з водою?
- ? 9.13. Назвіть, користуючись рисунками, такти роботи чотиритактного двигуна внутрішнього згоряння.
- ? 9.14. Під час яких тактів роботи чотиритактного двигуна внутрішнього згоряння відкриті обидва клапани? хоча б один? обидва закриті?
- ? 9.15. Чому в дизельних двигунах для подачі палива в циліндри використовують насоси високого тиску?



До задачі 9.13

- ? 9.16. Перший двигун використовує для виконання роботи $\frac{1}{3}$ кількості теплоти, що виділяється під час згоряння палива, а другий — $\frac{1}{4}$. Потужності та вартості обох двигунів однакові. Який із них ви встановили б на власний автомобіль? Чому?
- 9.17. Під час згоряння порції палива у двигуні внутрішнього згоряння виділилася кількість теплоти 100 МДж. Двигун при цьому виконав роботу 30 МДж. Обчисліть ККД двигуна.
- 9.18. Двигун отримав від згоряння палива кількість теплоти 250 МДж і передав навколишньому середовищу кількість теплоти 200 МДж. Обчисліть ККД двигуна.
- 9.19. У циліндрах дизельного двигуна виділилася кількість теплоти 120 МДж. При цьому навколишньому середовищу передано кількість теплоти 80 МДж. Обчисліть ККД двигуна.
- 9.20. Двигун виконав роботу 100 кДж, передавши при цьому навколишньому середовищу кількість теплоти 300 кДж. Обчисліть ККД двигуна.
- 9.21. Обчисліть ККД двигуна дизель-електростанції, яка для виробництва 26,7 МДж електроенергії використовує 2 л дизельного палива.

9.22. Двигун вантажівки за 1 год використав 20 кг дизельного палива. Обчисліть ККД двигуна, якщо він розвивав потужність 77 кВт.

9.23. Визначте масу бензину, який витрачає автомобіль за 10 хв, якщо потужність його двигуна становить 55 кВт, а ККД — 25 %.

9.24. Яку корисну роботу виконує двигун екологічно чистого автомобіля з ККД 30 %, коли витрачає 15 л спирту?

9.25. За 3 год роботи газова турбіна, ККД якої дорівнює 40 %, витратила 628 кг газу. Яку потужність розвивала турбіна?

3-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. Скільки літрів бензину витратив автомобіль потужністю 100 кВт на шлях у 270 км, який він пройшов зі швидкістю 90 км/год? ККД двигуна автомобіля становить 35 %.

Дано:

$$N = 100 \text{ кВт} = 10^5 \text{ Вт}$$

$$l = 270 \text{ км} = 2,7 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$v = 90 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\eta = 35 \%$$

$$\rho = 700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}} = 4,6 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

V — ?

Розв'язання

Під час згоряння бензину виділилася кількість теплоти $Q = qm = q\rho V$. За час подорожі двигун виконав

$$\text{роботу } A = Nt = N \frac{l}{v}.$$

$$\text{ККД двигуна } \eta = \frac{A}{Q} \cdot 100 \%$$

$$\text{Звідси } \eta = \frac{Nl}{q\rho vV} \cdot 100 \%$$

$$\text{Отже, } V = \frac{Nl}{\eta q\rho v} \cdot 100 \%$$

$$\text{Перевіримо одиниці: } [V] = \frac{\text{Вт} \cdot \text{м}}{\% \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}} \cdot \% = \frac{\text{Вт} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^3}{\text{Дж}} = \text{м}^3.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$V = \frac{10^5 \cdot 2,7 \cdot 10^5}{35 \cdot 4,6 \cdot 10^7 \cdot 700 \cdot 25} \cdot 100 = 0,096 \text{ (м}^3\text{)}.$$

Відповідь: $V = 96 \text{ л}$.

- 9.26.** На сучасних теплових електростанціях для виробництва кожного мегаджоуля електроенергії використовується в середньому 105 г кам'яного вугілля. Скільки потрібно вугілля для роботи протягом року теплової електростанції електричною потужністю 500 МВт? Обчисліть ККД електростанції.
- 9.27.** Дизельне паливо якої маси витрачає тепловоз на шляху з Києва до Одеси (відстань 500 км), якщо він перевозить поїзд масою 5000 т? Сила опору рухові дорівнює 0,008 від ваги поїзда, ККД двигунів тепловоза становить 35 %.
- 9.28.** За паспортом автомобіль витрачає на 100 км шляху 6 л бензину за швидкості 90 км/год. Яку потужність при цьому розвиває двигун автомобіля, якщо його ККД становить 25 %?
- 9.29.** Автомобіль пройшов 120 км. Двигун автомобіля розвивав середню потужність 40 кВт і витратив 21 л бензину. З якою середньою швидкістю рухався автомобіль, якщо ККД його двигуна становить 30 %?
- 9.30.** Для подорожі від Львова до Донецька (відстань 1300 км) водій вантажівки залив у баки автомобіля 650 л дизельного палива. Скільки літрів палива залишилось у баках вантажівки, коли вона прибула до місця призначення? Маса вантажівки дорівнює 12 т, ККД її двигуна — 39%. Сила опору рухові становить 0,05 від ваги вантажівки.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Щоб отримати кількість теплоти 21 МДж, потрібно спалити:
- А 0,3 кг дизельного палива
 - Б 0,5 кг дизельного палива
 - В 2,0 кг дизельного палива
 - Г 3,3 кг дизельного палива

2. Тепловий двигун — це машина, у якій:
- А потенціальна енергія палива перетворюється на внутрішню енергію
 - Б внутрішня енергія палива перетворюється на механічну енергію
 - В потенціальна енергія тіла перетворюється на його кінетичну енергію
 - Г кінетична енергія тіла перетворюється на його внутрішню енергію
3. Теплові двигуни НЕ застосовують:
- А в автомобілі
 - Б у космічному кораблі
 - В у моторному човні
 - Г у трамваї
4. Унаслідок згорання палива в тепловому двигуні виділилася кількість теплоти 400 МДж, при цьому двигун виконав корисну роботу 100 МДж. ККД цього двигуна дорівнює: ,
- А 10 %
 - Б 25 %
 - В 40 %
 - Г 75 %
5. Унаслідок згорання в нагрівнику води 20 г гасу вода отримала кількість теплоти 460 кДж. Визначте ККД цього нагрівника.
- А 23 %
 - Б 46 %
 - В 50 %
 - Г 92 %
6. Тепловий двигун потужністю 460 Вт щохвилини витрачає 3 г гасу. ККД цього теплового двигуна дорівнює:
- А 20 %
 - Б 25 %
 - В 33 %
 - Г 50 %

РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ

10. ЕЛЕКТРИЧНИЙ ЗАРЯД, ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ

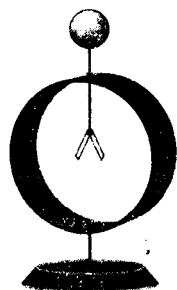
1-й рівень складності

- ? 10.1. Які способи електризації тіл вам відомі?
- ? 10.2. Які зміни відбулися з дослідником та металевою кулею на ізолюючій підставці (див. рисунки)?



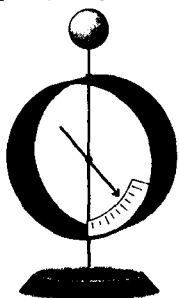
- ? 10.3. Яку властивість тіл характеризує електричний заряд?
- ? 10.4. Чи завжди під час електризації тертям електризуються обидва тіла? Порівняйте заряди, яких набувають при цьому тіла.
- ? 10.5. У разі електризації тертям скляної палички об шовк ця паличка набуває позитивного заряду. Чи набуває заряду шовк? Якщо набуває, то що можна сказати про модуль і знак цього заряду?

- ? 10.6. Поясніть принцип дії електроскопа, зображеного на рисунку. З яких речовин мають бути виготовлені його основні частини?

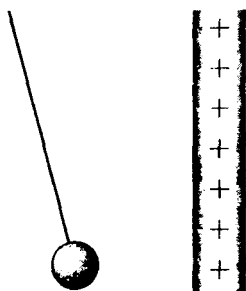


До задачі 10.6

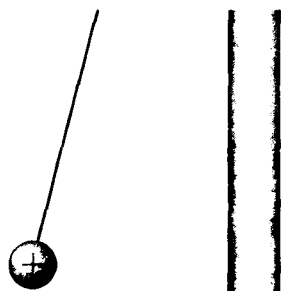
- ? 10.7. Поясніть принцип дії шкільного електрометра, зображеного на рисунку.



- ? 10.8. Чому з перебігом часу кут відхилення листочків фольги зарядженого електроскопа зменшується?
- ? 10.9. Натерту графітом маленьку повітряну кульку, яка висить на шовковій нитці, піднесли до зарядженої пластинки (див. рисунок). Визначте знак заряду кульки.
- ? 10.10. Натерту графітом маленьку повітряну кульку, яка висить на шовковій нитці, зарядили позитивно й піднесли до зарядженої пластинки (див. рисунок). Визначте знак заряду пластинки.



До задачі 10.9



До задачі 10.10

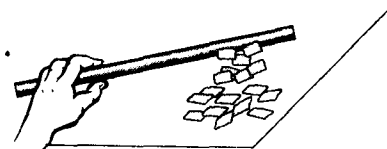
- ? 10.11. Кулька з металевої фольги мала позитивний заряд. Кульку розрядили, і вона стала нейтральною. Чи можна стверджувати, що заряд кульки зник?
- ? 10.12. Заряд негативно зарядженого клаптика металевої фольги після дотику до нейтрального клаптика фольги зменшився за модулем. Чи можна стверджувати, що частина заряду зникла безслідно?

- ? 10.13. Дві монетки мали однакові за модулем та протилежні за знаками заряди. Після дотику одна з одною монетки стали нейтральними. Куди «зникли» заряди?
- ? 10.14. Металева кулька, яка висить на шовковій нитці, має певний заряд. До неї торкаються такою самою кулькою. Порівняйте заряди кульок після дотику.
- ? 10.15. Під час проведення дослідів з електрики взаємодію заряджених тіл спостерігають за відхиленням ниток, на яких підвішені заряджені тіла. Чому в цих дослідах використовують шовкові нитки?
- ? 10.16. Навіщо електрики, виконуючи деякі роботи, надягають гумові рукавички?
- ? 10.17. Чому правила техніки безпеки вимагають, щоб робітник під час роботи з електричними приладами стояв на гумовому килимку?
- ? 10.18. Щоб заряджена металева куля тривалий час зберегла заряд, її встановлюють на пластмасову підставку. Яку властивість пластмаси використовують при цьому?
- ? 10.19. Наведіть приклади провідників і діелектриків. За допомогою яких дослідів можна відрізнити ці речовини?
- ? 10.20. У яких випадках електризація тіл є небажаною? небезпечною?

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

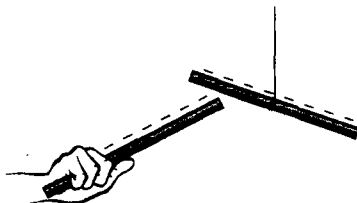
Задача. Чому незаряджені клаптики паперу притягуються до наелектризованої палички (див. рисунок) незалежно від знака її заряду?



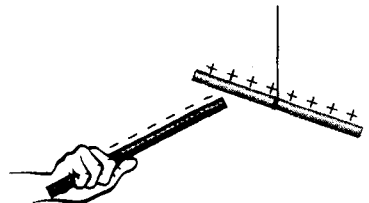
Розв'язання

Якщо піднести до незарядженого клаптика паперу наелектризовану паличку, електричне поле буде діяти на заряджені частинки всередині паперу. Унаслідок цього відбувається перерозподіл зарядів: на *ближній* від палички частині клаптика паперу утворюється заряд, протилежний за знаком заряду палички, і паличка його *притягує*; на *віддаленій* частині утворюється заряд того самого знака, що й заряд палички, і паличка його *відштовхує*. Утворені заряди однакові за модулем (клаптик залишається нейтральним). Однак сила притягання більша, ніж сила відштовхування: адже електричне поле тим менше, чим більша відстань від палички.

- ? **10.21.** Легка пінопластова кулька притягується до зарядженої позитивно скляної палички. Чи обов'язково кулька заряджена негативно? Відповідь обґрунтуйте.
- ? **10.22.** Поясніть механізм електризації тертям.
- ? **10.23.** Чи електризуються скляні палички в разі натирання їх одна об одну?
- ? **10.24.** Якщо з пластикового файла витягти аркуш паперу й піднести його до файла, то вони будуть помітно притягатися. Поясніть це явище.
- ? **10.25.** Дві ебонітові палички, які потерли об хутро, піднесли одну до одної (див. рисунок). Як вони поведуться? Відповідь обґрунтуйте.
- ? **10.26.** Як поведуться ебонітова та скляна палички, які спочатку натерли об хутро та шовк відповідно й піднесли одну до одної (див. рисунок)? Відповідь обґрунтуйте.

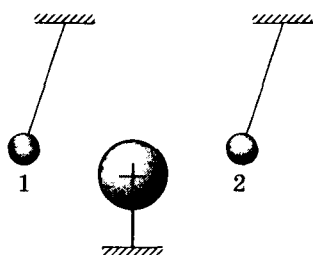


До задачі 10.25

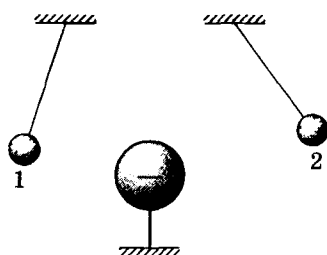


До задачі 10.26

- ? 10.27. Як за допомогою ебонітової палички та вовняної хустки визначити знак заряду металевої кульки, що висить на шовковій нитці?
- ? 10.28. До металевої кульки, що висить на шовковій нитці, повільно підносять скляну паличку, яку попередньо потерли об шовк. Кулька відхиляється в бік палички. Визначте знак заряду кульки.
- ? 10.29. Визначте знаки зарядів кульок однакової маси, зображених на рисунку, та порівняйте модулі цих зарядів. Відповідь обґрунтуйте.
- ? 10.30. Визначте знаки зарядів кульок однакової маси, зображених на рисунку, та порівняйте модулі цих зарядів. Відповідь обґрунтуйте.



До задачі 10.29



До задачі 10.30

- ? 10.31. Ебонітова паличка під час тертя об рукавичку набула електричного заряду -8 нКл. Визначте, якого заряду набула під час тертя рукавичка.
- 10.32. Дві однакові металеві кульки мали заряди 44 і -28 нКл. Кульки привели в дотик і віддалили одну від одної. Якими стали заряди кульок?
- 10.33. Дві однакові металеві кульки мали заряди 20 і -26 нКл. Кульки привели в дотик і віддалили одну від одної. Якими стали заряди кульок?
- ? 10.34. Чи може якесь тіло мати заряд $1,2e$, де e — елементарний електричний заряд?
- ? 10.35. Чи може негативно заряджене тіло перетворитися на нейтральне, отримавши заряд $2,5e$?

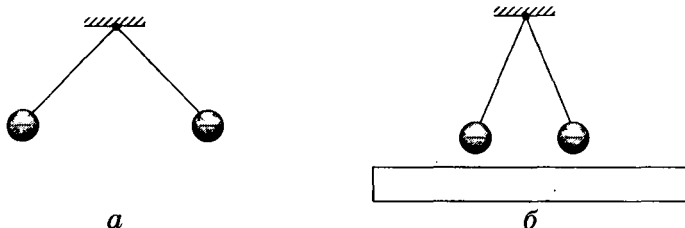
- 10.36.** Незаряджена краплина води «утратила» 20 мільярдів електронів. Якого заряду вона набула?
- 10.37.** Кулька має електричний заряд -48 нКл. Визначте кількість надлишкових електронів на цій кульці.
- 10.38.** Двом однаковим металевим кулькам, що торкалися одна одної, передали 50 мільярдів надлишкових електронів. Якими стали заряди кульок?
- ? **10.39.** Щоб стрілка електроскопа помітно відхилилася, потрібно не просто торкнутися його кульки зарядженою паличкою (ебонітовою або скляною), а кілька разів провести нею по кульці. Чому?
- ? **10.40.** Як можна розділити навпіл заряд металевої кульки, якщо є ще одна така сама незаряджена?
- ? **10.41.** Негативно зарядженою ебонітовою паличкою доторкнулися до металевої посудини, яка стояла на сухому дерев'яному столі й попередньо не була заряджена. Потім посудину перенесли до металевої мийки. Як змінювався заряд посудини?
- ? **10.42.** До підвішеної на шовковій нитці металевої кульки спочатку доторкнулися позитивно зарядженою скляною паличкою, а потім пальцем руки. Як змінювався заряд кульки?
- ? **10.43.** Щоб заряджене тіло втратило свій заряд, його заземлюють (з'єднують провідником із землею). Поясніть причину втрати заряду.
- ? **10.44.** Набуває чи втрачає електрони позитивно заряджене провідне тіло внаслідок заземлення?
- ? **10.45.** Позитивно заряджену мідну кулю з'єднують дротом із землею. У якому напрямі рухатимуться дротом вільні електрони?
- ? **10.46.** Для чого заземлюють металеві корпуси електроприладів?
- ? **10.47.** Якщо розчісувати чисте волосся пластмасовим гребінцем, то помітно, що волосся «прилипає» до гребінця. Які зміни в гребінці приводять до цього?

- ? 10.48. Чому явище «прилипання» волосся до гребінця не спостерігається, коли використовують металевий гребінець?
- ? 10.49. Яка особливість будови металів зумовлює те, що вони є найкращими провідниками?
- ? 10.50. На чому ґрунтується дія антистатиків — речовин, що запобігають електризації тіл?
- 10.51. Під час досліду заряджена порошок масою 0,2 мг нерухомо висить під дією електричного поля між двома горизонтальними зарядженими пластинками. З якою силою електричне поле діє на цю порошок?
- 10.52. Під час досліду заряджена порошок нерухомо висить під дією електричного поля між двома горизонтальними зарядженими пластинками. Електричне поле діє на цю порошок із силою 4 мкН. Визначте масу порошок.

3-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

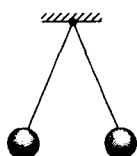
Задача. Дві заряджені негативно кульки підвішені на шовкових нитках (рис. а). До кульок знизу підносять пластинку з оргскла, унаслідок чого кут між нитками помітно зменшується (рис. б). Визначте знак заряду пластинки. Відповідь обґрунтуйте.



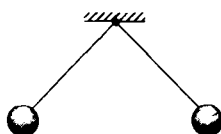
Розв'язання

Зменшення кута між нитками свідчить про те, що відштовхування кульок одна від одної частково компенсується притяганням їх до пластинки. Це можливо у двох випадках: а) пластинка має заряд, протилежний за знаком заряду кульок (вона заряджена позитивно); б) пластинка нейтральна (заряджені кульки притягатимуться до неї).

- ? 10.53. Дві заряджені кульки підвішені на шовкових нитках (рис. а). До кульок знизу підносять позитивно заряджену пластинку, унаслідок чого кут між нитками збільшується (рис. б). Визначте знаки зарядів кульок. Відповідь обґрунтуйте.

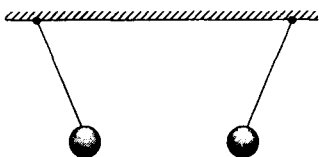


а

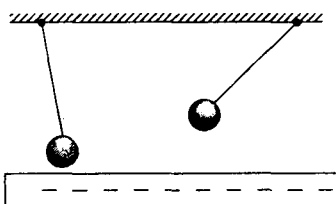


б

- ? 10.54. Дві заряджені кульки підвішені на шовкових нитках (рис. а). До кульок знизу підносять негативно заряджену ебонітову пластинку, унаслідок чого кути між нитками та вертикаллю змінюються (рис. б). Визначте знаки зарядів кульок. Відповідь обґрунтуйте.



а

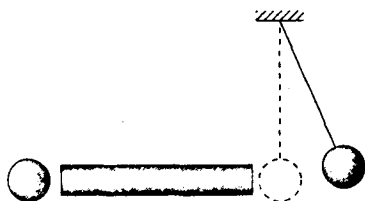


б

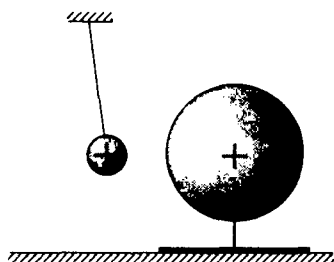
- ? 10.55. Які експериментальні факти свідчать про існування зарядів двох знаків?
- ? 10.56. Легку провідну кульку кладуть між горизонтальними металевими пластинками, які мають заряди протилежних знаків. Коли кулька торкається нижньої пластинки, то підскакує та стикається з верхньою, після чого рухається вниз. Потім рух кульки повторюється. Поясніть це явище.
- ? 10.57. Чи є спосіб зарядити хоча б частину тіла позитивно чи негативно, не торкаючись цього тіла? Відповідь обґрунтуйте.

- 10.58.** Дві легкі однакові металеві кульки, що мають однакові позитивні заряди q , підвішені на однакових шовкових нитках в одній точці. Однієї кульки торкаються зарядженим тілом на ізолюючій ручці. Кульки стикаються й знов розходяться на попередню відстань. Визначте заряд, переданий кулькам від тіла, та поясніть їх поведінку.
- 10.59.** Дві легкі однакові металеві кульки, що підвішені на шовкових нитках в одній точці, мають позитивні заряди. Однієї кульки торкаються рукою. Опишіть і поясніть, що відбувається після цього.
- 10.60.** Струмінь води витікає з невеликого отвору в металевій посудині. Як зміниться рух крапель води в струмені, якщо посудині надати електричного заряду?
- 10.61.** Відомо, що під час падіння в склянку з водою краплини води розбризкуються. Чи зміниться ступінь розбризкування, якщо краплини води будуть падати з посудини, зарядженої негативно? позитивно?
- 10.62.** Під час фарбування деталей складної форми досить часто використовують спосіб нанесення фарби шляхом розпорошення її крапельок. Чому заряджання деталі та фарби різнойменними зарядами суттєво зменшує втрати фарби?
- 10.63.** Як за допомогою зарядженої ебонітової палички надати двом металевим кулькам заряди різного знака? Заряд самої палички при цьому має залишитися незмінним.
- 10.64.** Якщо піднести до незарядженого електроскопа заряджене тіло, листочки фольги відхиляться. Чому це відбувається?
- 10.65.** Електроскоп заряджений негативно. Коли заряджену паличку піднесли до кулі електроскопа, не торкаючись її, кут відхилення листочків фольги збільшився. Визначте знак заряду палички.

- ? 10.66. Запропонуйте метод визначення знака заряду електроскопа за допомогою шовку та скляної палички. Торкатися електроскопа не дозволяється. Обґрунтуйте запропонований метод.
- ? 10.67. Чи існує електричне поле всередині зарядженого суцільного металевого тіла? Відповідь обґрунтуйте.
- ? 10.68. До металеві консервної банки піднесли заряджену ебонітову паличку. Чи існує електричне поле біля банки? усередині банки? Відповідь обґрунтуйте.
- ? 10.69. Поясніть, чому заряди провідних тіл розташовані тільки на їх поверхні.
- ? 10.70. Порожниста металева кулька має негативний заряд. Де розташований цей заряд? Зобразіть на рисунку розподіл зарядів.
- ? 10.71. Плоский лист фольги має позитивний заряд. Зобразіть на рисунку розподіл зарядів. Як зміниться розподіл зарядів, якщо фольгу згорнути в циліндр?
- ? 10.72. Чому кулю електроскопа виготовляють порожнистою та з отвором?
- ? 10.73. Яку частину свого заряду передає електроскопу невелике металеве заряджене тіло, яким торкнулися внутрішньої поверхні кулі електроскопа? Відповідь обґрунтуйте.
- ? 10.74. Легка провідна кулька висить на шовковій нитці. До кульки злегка торкається правим кінцем горизонтальний металевий стрижень. Якщо до лівого кінця стрижня піднести заряджене тіло, то кулька відхилиться (див. рисунок). Поясніть це явище. Чи залежить воно від знака заряду тіла?



- ? 10.75. Чи може спостерігатися взаємодія, зображена на рисунку?



- ? 10.76. Як зміниться сила притягання двох різнойменно заряджених тіл, якщо між ними розмістити незаряджений металевий стрижень (див. рисунок)?

- ? 10.77. Як зміниться сила відштовхування двох однойменно заряджених тіл, якщо між ними розмістити незаряджений металевий стрижень (див. рисунок)?



До задачі 10.76



До задачі 10.77

- ? 10.78. Дві кульки з однаковими зарядами створюють електричне поле в навколишньому просторі. Як зміниться потенціальна енергія взаємодії кульок, якщо відстань між ними збільшити? зменшити?

Задачі для допитливих

- ? 10.79. Ви маєте заряджену ебонітову паличку, незаряджений електроскоп і невелику металеву кульку на ізолюючій ручці. Як надати електроскопу заряд, у кілька разів більший, ніж заряд палички?
- ? 10.80. Якщо підвісити на нитці голку, то вона притягнеться до зарядженої скляної палички. Та сама голка, коли вона лежить на поверхні води, відштовхуватиметься від тієї самої палички. Чому? Чи зміниться результат досліду, якщо скляну паличку замінити на ебонітову?

11. ЗАКОН КУЛОНА

1-й рівень складності

11.1. Як зміниться сила взаємодії двох точкових зарядів, якщо відстань між ними зменшити в 3 рази?

11.2. Відстань між двома точковими зарядами збільшили вдвічі. Як змінилася сила взаємодії між ними?

11.3. Позитивні заряди 1 і 2 нКл розташовані на відстані 3 см один від одного. Визначте, з якою силою вони відштовхуються.

11.4. Два заряди -2 і $+4$ нКл розташовані на відстані 4 см один від одного. Визначте силу притягання між ними.

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. На якій відстані два точкових заряди* 40 і -20 нКл притягуються один до одного із силою 2 мН?

Дано:

$$q_1 = 40 \text{ нКл} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$q_2 = -20 \text{ нКл} = -2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

$$F = 2 \text{ мН} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

R — ?

Розв'язання

Згідно із законом Кулона сила взаємодії двох точкових зарядів

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

Отримаємо з цього виразу відстань між зарядами:

$$R^2 = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{F} \Rightarrow R = \sqrt{k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{F}}.$$

Перевіримо одиниці: $[R] = \sqrt{\text{Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot \frac{\text{Кл} \cdot \text{Кл}}{\text{Н}}} = \sqrt{\text{м}^2} = \text{м}.$

Визначимо значення шуканої величини:

$$R = \sqrt{9 \cdot 10^9 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-8} \cdot 2 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 10^{-3}}} = \sqrt{36 \cdot 10^{-4}} = 6 \cdot 10^{-2} \text{ (м)}.$$

Відповідь: відстань між зарядами становить 6 см.

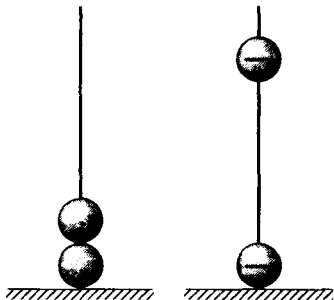
* Надалі в деяких задачах термін «точковий заряд» замінено на термін «заряд».

- 11.5. На якій відстані два точкових заряди 25 і 32 нКл відштовхуються один від одного із силою 0,5 мН?
- 11.6. На якій відстані два заряди 8 і -40 нКл притягуються один до одного із силою 5 мН?
- ? 11.7. Якою має бути відстань між зарядженими тілами, щоб можна було застосовувати закон Кулона?
- 11.8. Як зміниться сила взаємодії двох маленьких заряджених кульок, якщо заряд кожної кульки збільшити вдвічі?
- 11.9. Як зміниться сила взаємодії двох маленьких заряджених кульок, якщо заряд однієї кульки збільшити вдвічі, а заряд іншої — зменшити вдвічі?
- 11.10. Два однакових заряди розташовані на відстані 10 см один від одного та відштовхуються із силою 81 мН. Визначте значення зарядів.
- 11.11. Відстань між двома однаковими зарядами дорівнює 3 см. Визначте значення зарядів, якщо вони відштовхуються із силою 0,25 мН.

3-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. На вертикальну діелектричну спицю нанизують дві однакові маленькі кульки (див. рисунок). Вони можуть без тертя ковзати по спиці. Який загальний негативний заряд потрібно передати кулькам, щоб верхня кулька за рахунок кулонівського відштовхування зайняла положення на висоті 5 см від нижньої? Маса кожної кульки дорівнює 81 мг.



Дано:

$$h = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$m = 81 \text{ мг} = 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

$q = ?$

Розв'язання

Рівновага встановиться, коли сила тяжіння, що діє на верхню кульку, буде зрівноважена силою кулонівського відштовхування:

$$mg = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{h^2}.$$

Оскільки кульки однакові, то $q_1 = q_2 = \frac{q}{2}$.

$$\text{Звідси отримуємо } mg = k \frac{q^2}{4h^2} \Rightarrow q = -2h \sqrt{\frac{mg}{k}}.$$

$$\text{Перевіримо одиниці: } [q] = \text{м} \cdot \sqrt{\frac{\frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}}{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}}} = \text{м} \cdot \sqrt{\frac{\text{Кл}^2}{\text{м}^2}} = \text{Кл}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$q = -2 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{\frac{8,1 \cdot 10^{-5} \cdot 10}{9 \cdot 10^9}} = -10^{-1} \cdot \sqrt{9 \cdot 10^{-14}} = -3 \cdot 10^{-8} \text{ (Кл)}.$$

Відповідь: кулькам потрібно передати загальний заряд -30 нКл .

11.12 Дві маленькі металеві кульки мають заряди q і $-q$ та розташовані на певній відстані одна від одної. Як зміниться сила їх взаємодії, якщо кожній кульці передати ще й заряд $2q$?

11.13 Дві маленькі металеві кульки мають заряди $2q$ і $-q$ та розташовані на певній відстані одна від одної. Як зміниться сила їх взаємодії, якщо кожній кульці передати ще й заряд $-3q$?

11.14 Як зміниться кулонівська сила взаємодії двох однакових металевих кульок, що мають заряди q і $-5q$, якщо ними доторкнутися одна до одної й розвести на початкову відстань?

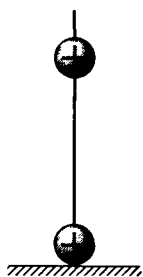
11.15. Дві маленькі нейтральні металеві кульки розташовані на відстані 1 см одна від одної. Якою буде сила взаємодії між ними, якщо 5 мільярдів електронів з однієї кульки перенести на іншу?

11.16. З однієї маленької металевої кульки на іншу перенесли певну кількість електронів. Кульки почали притягатися із силою 16 мН. Скільки електронів перенесено, якщо відстань між кульками становить 10 см? Початкові заряди кульок дорівнювали нулю.

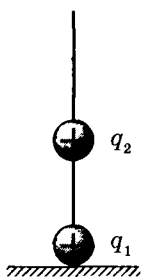
11.17. На вертикальну діелектричну спицю нанизують дві однаково заряджені кульки (див. рисунок). Вони можуть без тертя ковзати по спиці. На якій висоті над нижньою кулькою розташується верхня, якщо заряд кожної кульки становить 10 нКл, а маса — 36 мг?

11.18. На вертикальну діелектричну спицю нанизують дві позитивно заряджені кульки (див. рисунок). Вони можуть без тертя ковзати по спиці. Заряди кульок $q_1 = 2$ нКл і $q_2 = 4$ нКл. Верхня кулька встановлюється на висоті 2 см над нижньою. Визначте масу верхньої кульки.

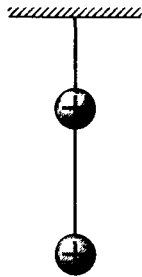
11.19. На шовковій нитці висять дві позитивно заряджені кульки масами 40 мг кожна (див. рисунок). Заряди кульок дорівнюють 10 нКл, відстань між ними становить 5 см. Чому дорівнює сила натягу нитки між кульками? Як зміниться відповідь у випадку, коли заряд однієї з кульок дорівнює -10 нКл?



До задачі 11.17



До задачі 11.18



До задачі 11.19

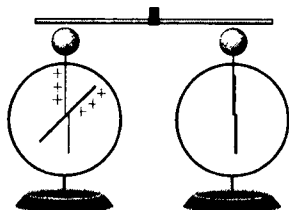
Задачі для допитливих

- 11.20. Позитивні заряди 8 і 2 нКл розташовані на відстані 9 см один від одного. Де потрібно розмістити третій заряд, щоб на нього не діяла сила з боку цих зарядів?
- 11.21. Позитивний заряд 9 нКл і негативний заряд -1 нКл розташовані на відстані 8 см один від одного. Який третій заряд потрібно додати до цієї системи, щоб притягання між зарядами «зникло»? Де треба розмістити цей заряд?
- 11.22. Двом металевим кулькам надають загальний заряд q і віддаляють їх одну від одної на певну відстань. Доведіть, що сила взаємодії кульок буде найбільшою, якщо наданий заряд поділиться між ними навпіл.
- 11.23. Двом однаковим металевим кулькам надали певні заряди й розмістили на відстані 3 см одна від одної. Виявилось, що на цій відстані кульки притягуються із силою 90 мкН. Потім кульками торкнулися одна до одної й розвели на ту саму відстань. Тепер кульки почали відштовхуватися із силою 40 мкН. Які заряди були надані кулькам на початку досліду?

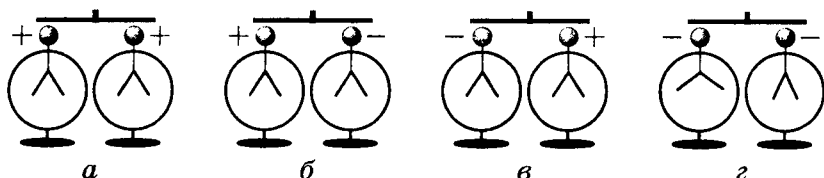
ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Під час електризації тертям тіло A набуває позитивного електричного заряду, а тіло B — негативного. Це свідчить про те, що:
- A** обидва тіла втрачають електрони
Б тіло A передає певну кількість електронів тілу B
В обидва тіла отримують додаткові електрони
Г тіло B передає певну кількість електронів тілу A
2. Дві однакові металеві кульки мали заряди 8 і -2 нКл. Кульки привели в дотик і віддалили одну від одної. Якими стали заряди кульок?
- A** 0 і -6 нКл
Б 5 і 5 нКл
В 3 і 3 нКл
Г -8 і 2 нКл

- ? 12.3. Кулі двох електроскопів, один із яких заряджений, з'єднують металевим дротом (див. рисунок). Чи виникає при цьому електричний струм?



- ? 12.4. Кулі двох заряджених електроскопів з'єднують металевим стрижнем на ізолюючій ручці (рис. а-г). У якому напрямі потече струм у стрижні в кожному випадку?

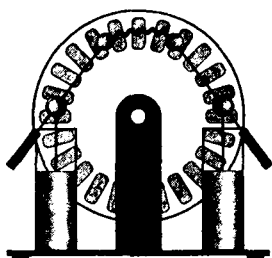


- ? 12.5. Позитивно заряджену кулю заземлюють (з'єднують за допомогою металевого дроту із землею). У який бік потече струм по дроту? Які заряджені частинки і в який бік будуть рухатися?
- ? 12.6. За допомогою ебонітової палички, яку попередньо наелектризували тертям об вовну, заряджають електроскоп. У який бік потече струм по стрижню електроскопа? Які заряджені частинки при цьому будуть переміщатися? у який бік?
- ? 12.7. Назвіть пристрої, у яких використовується теплова дія електричного струму.
- ? 12.8. Виберіть із перелічених пристроїв ті, у яких використовується магнітна дія електричного струму: електропраска, електрична лампа, електродвигун, електродриль, електровентилятор, електрочайник.

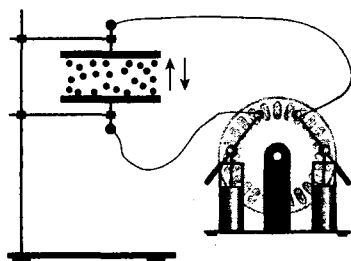
2-й рівень складності

- ? 12.9. Чи завжди для існування електричного струму потрібне електричне поле?

- ? 12.10. Чи протікає електричний струм під час спалаху блискавки?
- ? 12.11. Якщо зблизити розрядники працюючої електрофорної машини, то між ними починають проскакувати іскри (див. рисунок). Чи можна стверджувати, що між розрядниками в повітрі протікає струм?
- ? 12.12. Із зарядженої металевої посудини на землю падають краплини води. Чи виникає при цьому електричний струм?
- ? 12.13. До заряджених позитивно невеликих клаптиків паперу, що лежать на діелектричній пластині, зверху підносять ебонітову паличку, наелектризовану тертям об вовну. Клаптики паперу починають підстрибувати до палички. Чи виникає при цьому електричний струм між пластиною й паличкою?
- ? 12.14. Якщо розрядники працюючої електрофорної машини з'єднати з двома горизонтальними металевими пластинками (див. рисунок), то крупинки манки, які заздалегідь насипали на нижню пластинку, почнуть підстрибувати до верхньої й повертатися назад. Чи можна стверджувати, що між пластинками протікає струм?



До задачі 12.11



До задачі 12.14

- ? 12.15. Через розчин кам'яної солі пропускають електричний струм. Які дії струму можна при цьому спостерігати?
- ? 12.16. Електричний струм протікає через лампу розжарення. Які дії струму можна при цьому спостерігати?

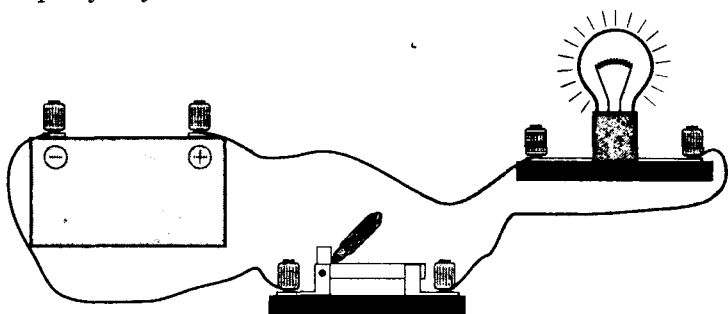
3-й рівень складності

- ? 12.17. Назвіть дії електричного струму, який протікає під час спалаху блискавки.
- ? 12.18. Чому неможливо користуватися магнітним компасом в електричці під час руху?
- 12.19. Магнітний компас значно сильніше реагує на тролейбус, що проїжджає повз спостерігача, ніж на автобус. Чому?

13. ДЖЕРЕЛА СТРУМУ. ЕЛЕКТРИЧНЕ КОЛО

1-й рівень складності

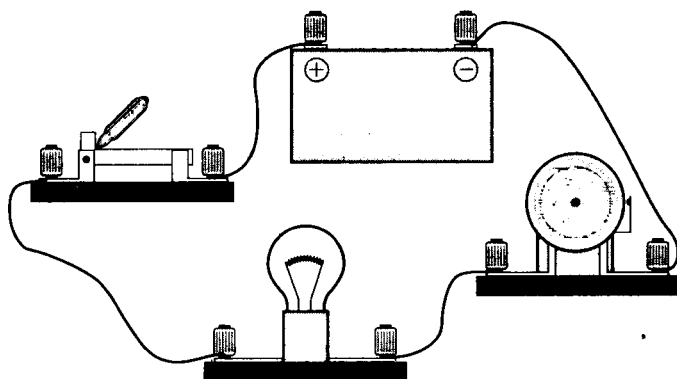
- ? 13.1. Які джерела електричного струму ви знаєте?
- ? 13.2. Які види енергії можна перетворювати на електричну енергію? Наведіть приклади.
- ? 13.3. Який процес відбувається в кожному джерелі електричного струму?
- ? 13.4. Якщо провідник приєднано до полюсів джерела струму, то в провіднику існує електричне поле, що підтримує струм у колі. Чому виникає електричне поле в провіднику?
- ? 13.5. Назвіть елементи електричного кола, зображеного на рисунку.
- 13.6. Накресліть схему електричного кола, зображеного на рисунку.



До задач 13.5, 13.6

? 13.7. Назвіть елементи електричного кола, зображеного на рисунку.

13.8. Накресліть схему електричного кола, зображеного на рисунку.



До задач 13.7, 13.8

? 13.9. Визначте напрям електричного струму в лампах і з'єднувальних провідниках (див. рисунки до задач 13.5–13.8).

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. Чи можна створити джерело струму з ебонітової палички та вовняної рукавички?

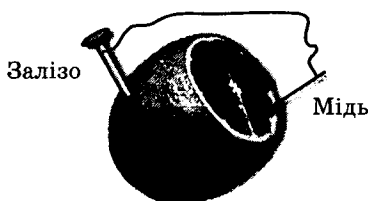
Розв'язання

Головне призначення будь-якого джерела струму — розділяти позитивні і негативні заряди. Саме це спостерігається, коли ебонітову паличку натирають об вовну. Тому в принципі ніщо не заважає створити джерело струму з ебонітової палички та вовняної рукавички. Але таке джерело може забезпечити тільки короточасні електричні розряди, струм у яких буде дуже слабким, і не матиме практичної цінності.

? 13.10. Чи можна стверджувати, що в джерелах струму виникають позитивні і негативні заряди?

? 13.11. У якому напрямку тече струм усередині джерела струму?

- 13.12.** Чи збігається напрям струму в металевих провідниках із напрямом упорядкованого руху електронів?
- 13.13.** До якого полюса рухаються негативні заряди всередині джерела струму?
- 13.14.** Залізний цвях та відрізок мідного дроту ввіткнули в лимон (див. рисунок). Чи потече струм через провід, яким з'єднують цвях і дріт?



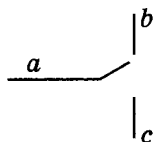
- 13.15.** У чому полягає принципова різниця між гальванічним елементом та акумулятором як джерелами струму?
- 13.16.** Які перетворення енергії відбуваються в електрофорній машині та фотоелементах, коли вони працюють як джерела струму?
- 13.17.** Накресліть схему підключення двох лампочок до джерела струму, при якому перегорання однієї лампочки не впливає на роботу іншої.
- 13.18.** Накресліть схему підключення лампочки та електричного дзвоника до джерела струму, при якому дзвоник припиняє дзвонити, якщо перегоріє лампочка.
- 13.19.** Вам потрібно так з'єднати гальванічний елемент, лампочку та два ключі, щоб лампочка світила тільки тоді, коли ввімкнені обидва ключі. Накресліть схему відповідного електричного кола.
- 13.20.** Як треба змінити електричне коло (див. попередню задачу), щоб лампочка світила при замиканні хоча б одного ключа? Накресліть схему відповідного електричного кола.

- 13.21.** Накресліть схему підключення двох лампочок і двох ключів до гальванічного елемента, при якому кожний ключ керує роботою «своїх» лампочок.
- 13.22.** Додайте до електричного кола (див. попередню задачу) третій ключ, яким можна відключити все коло. Накресліть схему відповідного електричного кола.
- 13.23.** Як потрібно підключити до гальванічного елемента дві лампочки й два ключі, щоб при замиканні хоча б одного ключа одночасно загорялися обидві лампочки? Накресліть схему відповідного електричного кола.

3-й рівень складності

- 13.24.** Тролейбусна лінія має два контактних проводи, що приєднані відповідно до позитивного і негативного полюсів джерела струму. Трамвайна ж лінія має лише один контактний провід. Як же замикається коло живлення електродвигуна трамвая?
- 13.25.** Для живлення запальної свічки в бензинових двигунах внутрішнього згорання використовують тільки один провід, який з'єднує джерело високої напруги зі свічкою. Як же замикається коло живлення запальної свічки?

- 13.26.** Перемикач (див. рисунок) в одному з положень з'єднує проводи a та b , а в іншому — проводи a та c . Накресліть схему з'єднання батарейки, перемикача і двох лампочок, при якому та чи інша лампочка світиться залежно від положення перемикача.



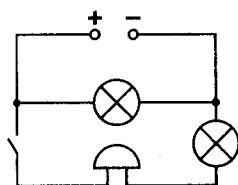
- 13.27.** Зі стелі в місці кріплення люстри з чотирма лампами звисають три проводи, по яких має йти струм при ввімкнених лампах. Перший із двох вимикачів має вмикати та вимикати одну лампу, а другий — решту три. Накресліть схему з'єднання ламп у люстрі, вимикачів та джерела струму.

Задачі для допитливих

- 13.28.** Робітник, що підключав люстру (див. попередню задачу), переплутав проводи: якщо замкнути перший вимикач, то горять із неповним розжаренням усі лампи, а якщо замкнути й другий вимикач, то горітиме тільки одна лампа, але з повним розжаренням. Накресліть можливу схему з'єднання ламп у люстрі, вимикачів та джерела струму.
- 13.29.** Запропонуйте схему з'єднання джерела струму, лампочки і двох *перемикачів*, що дозволяє *вмикати* і *вимикати* світло з двох різних місць.

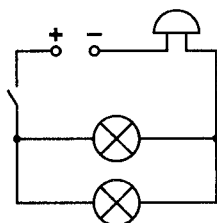
ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

- Електричним струмом називають:
А напрямлений рух атомів
Б напрямлений рух заряджених частинок
В хаотичний рух заряджених частинок
Г хаотичний рух атомів
- Для виникнення електричного струму достатньо, щоб:
А у тілі були вільні заряджені частинки
Б у тілі були вільні заряджені частинки та існувало електричне поле
В у тілі існувало електричне поле
Г тіло було наелектризоване
- Перетворення електричної енергії в механічну відбувається:
А в електричному чайнику
Б у гальванічному елементі
В в електричній лампі
Г в електродвигуні
- В електричному колі, схема якого зображена на рисунку, за допомогою ключа можна вмикати та вимикати:
А тільки одну електричну лампу
Б обидві електричні лампи
В тільки електричний дзвоник
Г одну лампу та електричний дзвоник



5. В електричному колі, схема якого зображена на рисунку, за допомогою ключа можна вмикати та вимикати:

- А тільки одну електричну лампу
- Б тільки дві електричні лампи
- В обидві лампи та електричний дзвоник
- Г тільки електричний дзвоник



6. Теплову дію електричного струму застосовують:

- А в електричній прасці
- Б у світлодіодних лампах
- В у шкільному амперметрі
- Г в електродвигунах

14. СИЛА СТРУМУ ТА НАПРУГА. ЗАКОН ОМА ДЛЯ ДІЛЯНКИ КОЛА

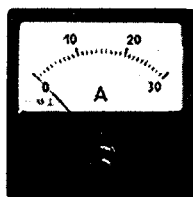
1-й рівень складності

- 14.1.** Через поперечний переріз провідника за 4 с проходить електричний заряд 16 Кл. Визначте силу струму в провіднику.
- 14.2.** За 12 с через контакти ключа, який вмикає лампочку, пройшов заряд 6 Кл. Визначте силу струму через ключ.
- 14.3.** Який заряд щосекунди проходить через поперечний переріз провідника, якщо сила струму в ньому становить 3 А?
- 14.4.** Сила струму, який живить лампу розжарення, становить 0,8 А. Який заряд проходить через нитку лампи розжарення протягом 2 с?
- 14.5.** Сила струму через двигун дорівнює 10 А. Протягом якого часу через обмотку електродвигуна проходить заряд 50 Кл?

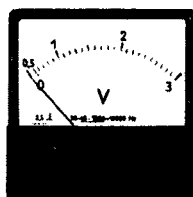
14.6. Якою є напруга на обмотці електродзвоника, якщо під час протікання через неї заряду 2 Кл електричне поле виконує роботу 10 Дж?

14.7. Під час протікання через нитку лампи розжарення заряду 10 Кл електричне поле виконало роботу 360 Дж. Під якою напругою працює лампа?

14.8. Назвіть прилади, зображені на рисунках. Визначте ціну поділки шкали кожного приладу.

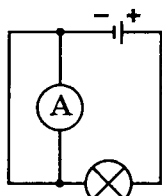


a

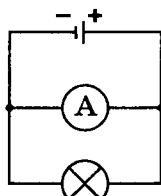


б

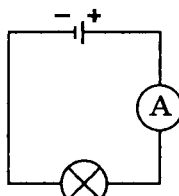
14.9. На якому з рисунків правильно зображено схему підключення амперметра для вимірювання сили струму через лампочку?



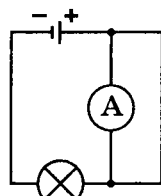
a



б

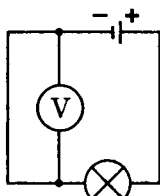


в

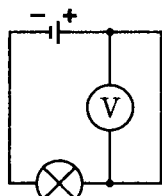


г

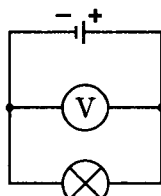
14.10. На якому з рисунків правильно зображено схему підключення вольтметра для вимірювання напруги на лампочці?



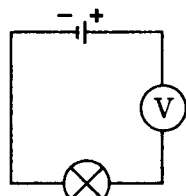
a



б



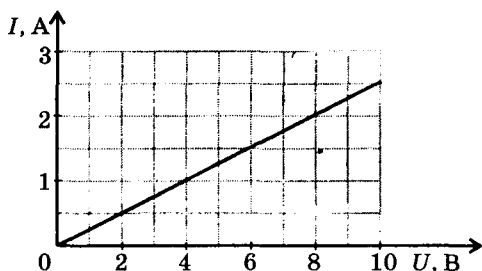
в



г

? 14.11. За графіком залежності сили струму через резистор від напруги (див. рисунок) визначте силу струму, якщо напруга на резисторі дорівнює: а) 2 В; б) 8 В; в) 10 В.

14.12. За графіком залежності сили струму через резистор від напруги (див. рисунок) визначте напругу на резисторі, за якої сила струму в ньому дорівнює: а) 1 А; б) 1,5 А; в) 2,5 А.



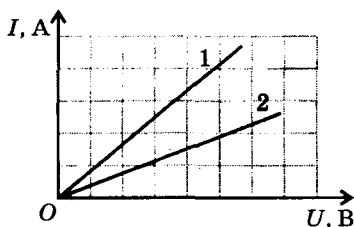
До задач 14.11, 14.12, 14.20

14.13. Якщо напруга на резисторі дорівнює 12 В, то через нього протікає струм 0,8 А. Яку напругу потрібно подати на резистор, щоб сила струму стала 0,4 А?

14.14. Якщо напруга на резисторі становить 8 В, то сила струму дорівнює 0,2 А. За якої напруги сила струму через резистор дорівнюватиме 0,3 А?

14.15. Якщо напруга на резисторі дорівнює 24 В, то сила струму через нього становить 1,2 А. Якою буде сила струму, якщо напругу зменшити до 18 В?

? 14.16. На рисунку зображено вольт-амперні характеристики двох резисторів. Який із них має більший опір?



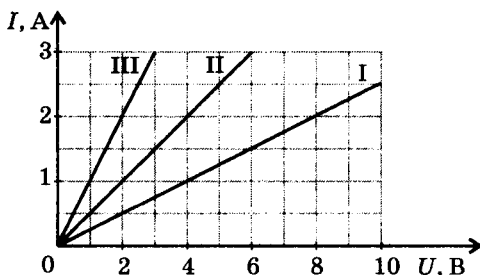
14.17. Якщо напруга на резисторі дорівнює 6 В, то через нього протікає струм 0,2 А. Визначте опір резистора.

14.18. На електричній лампі розжарення зазначено «3,5 В, 0,7 А». Обчисліть опір нитки лампи розжарення в робочому режимі.

14.19. Електричну лампочку приєднано до мережі з напругою 220 В. Визначте опір лампочки, якщо сила струму в ній дорівнює 0,25 А.

14.20. За графіком залежності сили струму через резистор від напруги (див. рисунок на с. 81) визначте опір резистора.

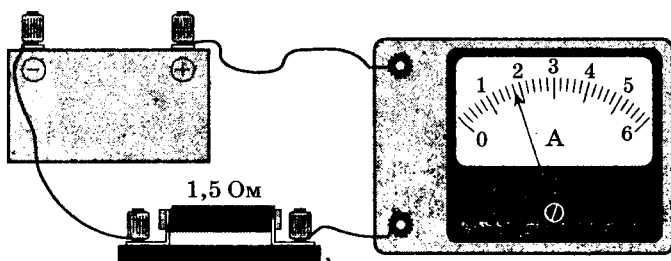
14.21. За графіком залежності сили струму через резистори від напруги (див. рисунок) визначте опір кожного з трьох резисторів.



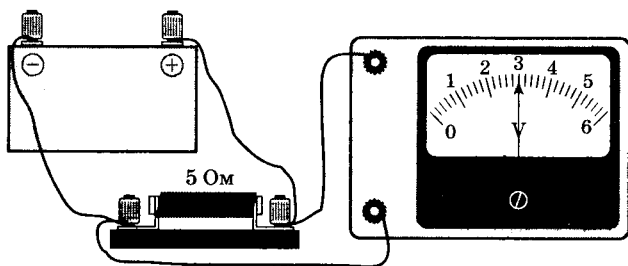
14.22. Яку напругу потрібно прикласти до обмотки електромагніту опором 0,2 Ом, щоб сила струму в обмотці дорівнювала 4 А?

14.23. За якої напруги через резистор опором 3 Ом протікатиме струм 2,4 А?

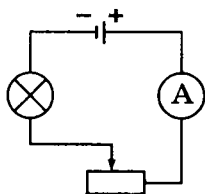
14.24. Виконуючи лабораторну роботу, учень склав електричне коло (див. рисунок). Обчисліть напругу на резисторі.



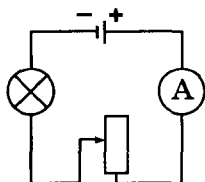
- 14.25. Виконуючи лабораторну роботу, учень склав електричне коло (див. рисунок). Чому дорівнює сила струму через резистор?



- 14.26. Який опір має ніхромовий дріт завдовжки 1 м із площею поперечного перерізу 1 мм^2 ?
- 14.27. Який опір має мідний дріт завдовжки 10 м із площею поперечного перерізу $0,17 \text{ мм}^2$?
- 14.28. Який опір має нікеліновий дріт завдовжки 200 м із площею поперечного перерізу $0,21 \text{ мм}^2$?
- 14.29. Алюмінієвий і залізний дроти мають однакову довжину та однакову площу поперечного перерізу. Який із дротів має більший опір?
- 14.30. Свинцевий і срібний дроти мають однакову довжину та однакову площу поперечного перерізу. Який із дротів має менший опір?
- ? 14.31. Два мідних дроти однакового поперечного перерізу мають різну довжину. Який із дротів має менший опір?
- ? 14.32. Два манганінових дроти однакової довжини мають різну товщину. Який із дротів має більший опір?
- ? 14.33. В електричне коло включений реостат (див. рисунок). Як зміняться показання амперметра після пересування ковзного контакту реостата праворуч?



14.34. Як зміняться показання амперметра, якщо ковзний контакт реостата пересунути вниз (див. рисунок)?



2-й рівень складності

Приклади розв'язування задач

Задача. Сила струму в лампі розжарення дорівнює 2 А. За якої напруги працює лампа, якщо протягом 1 хв електричне поле виконує в ній роботу 1,44 кДж?

Дано:

$$I = 2 \text{ А}$$

$$t = 1 \text{ хв} = 60 \text{ с}$$

$$A = 1,44 \text{ кДж} = 1440 \text{ Дж}$$

U — ?

Розв'язання

За означенням напруги $U = \frac{A}{q}$.

Оскільки через лампу пройшов за-

ряд $q = It$, отримуємо $U = \frac{A}{It}$.

Перевіримо одиниці: $[U] = \frac{\text{Дж}}{\text{А} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} = \text{В}$.

Визначимо значення шуканої величини: $U = \frac{1440}{2 \cdot 60} = 12 \text{ (В)}$.

Відповідь: $U = 12 \text{ В}$.

Задача. Щоб виготовити реостат, на керамічний циліндр діаметром 5 см намотали 122 витки ніхромового дроту з площею поперечного перерізу $0,8 \text{ мм}^2$. На яку максимальну напругу розрахований цей реостат, якщо сила струму в ньому не може перевищувати $0,8 \text{ А}$?

Дано:

$$d = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$N = 122$$

$$S = 0,8 \text{ мм}^2$$

$$I = 0,8 \text{ А}$$

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

U — ?

Розв'язання

Згідно із законом Ома $U = IR$.

Опір реостата можна розрахувати за форму-

лою $R = \rho \frac{l}{S}$, де довжина намотаного дроту

$$l = \pi dN.$$

Звідси $U = I\rho \frac{\pi dN}{S}$.

Перевіримо одиниці:

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

Визначимо значення шуканої величини:

$$U = 0,8 \cdot 1,1 \cdot \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \cdot 122}{0,8} = 21 \text{ (В)}.$$

Відповідь: $U = 21 \text{ В}$.

14.35. Автомобільний акумулятор поставили на зарядку. Який заряд пройшов через акумулятор протягом 8 год за сили струму 5 А?

14.36. Під час протікання електричного струму через водний розчин кислоти виділяється водень. Який електричний заряд пройшов через розчин кислоти, якщо за сили струму 2 А процес тривав 5 год?

14.37. Для проведення хімічних реакцій в повному обсязі через ванну з хімічним розчином потрібно пропустити заряд 900 Кл. Скільки триває процес, якщо сила струму через ванну дорівнює 0,2 А?

14.38. Зображення на екрані променевого телевізора формується завдяки тому, що на внутрішню поверхню екрана потрапляє пучок електронів. Скільки електронів щосекунди потрапляє на екран, якщо сила струму в електронному промені становить 80 мкА?

14.39. Мікроамперметр показує силу струму 0,4 мкА. Скільки електронів проходить щохвилини через вимірний прилад?

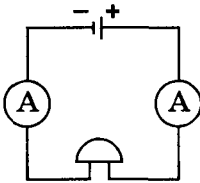
14.40. Який заряд пройшов через поперечний переріз провідника в колі живлення лампи розжарення, якщо електричне поле виконало роботу 13,2 кДж? Лампа працює за напруги 220 В.

14.41. Лампочка кишенькового ліхтарика працює від гальванічного елемента, який забезпечує напругу 1,5 В. Яку роботу виконує електричне поле під час протікання через лампочку заряду 0,4 Кл?

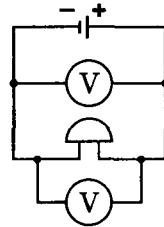
14.42. Чи однакову силу струму показують амперметри (див. рисунок)? Відповідь обґрунтуйте.

14.43. У вас є еталонний амперметр і новий амперметр, у якого ще немає шкали. Запропонуйте схему підключення амперметрів для того, щоб проградувати новий амперметр.

14.44. Чи однакову напругу показують вольтметри (див. рисунок)? Відповідь обґрунтуйте.



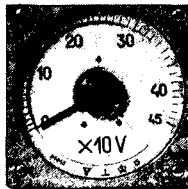
До задачі 14.42



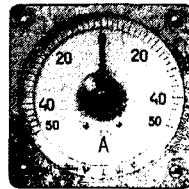
До задачі 14.44

14.45. Для градування вольтметра після ремонту електротехнік використав еталонний вольтметр. Як він підключив прилади до електричної мережі?

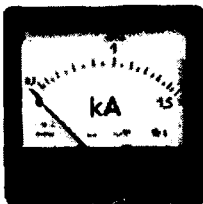
14.46. Назвіть прилади, зображені на рисунках. Визначте ціну поділки кожного з приладів.



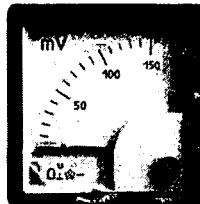
а



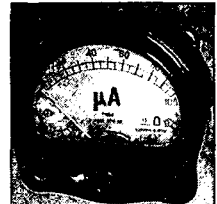
б



в

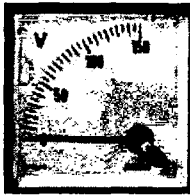


г

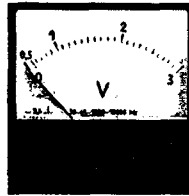


д

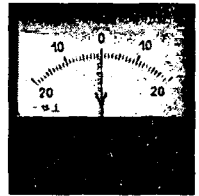
14.47. У якого з приладів, зображених на рисунках, найменша ціна поділки? Визначте її.



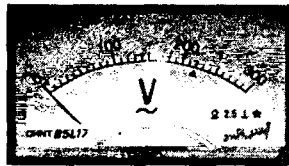
a



б

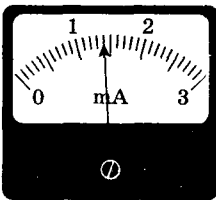


в

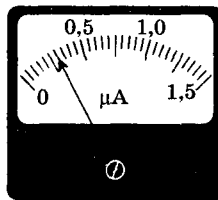


г

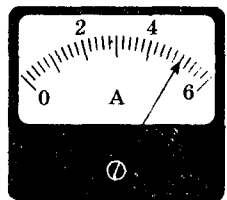
14.48. Яку силу струму показують амперметри, зображені на рисунках?



a

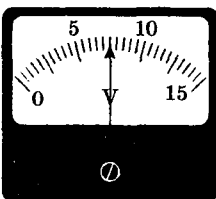


б

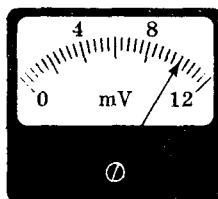


в

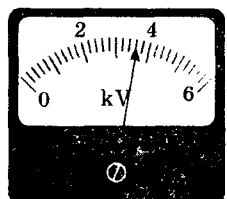
14.49. За допомогою вольтметрів (рис. *a–в*) вимірюють напругу на ділянках різних електричних кіл. Запишіть показання приладів.



a

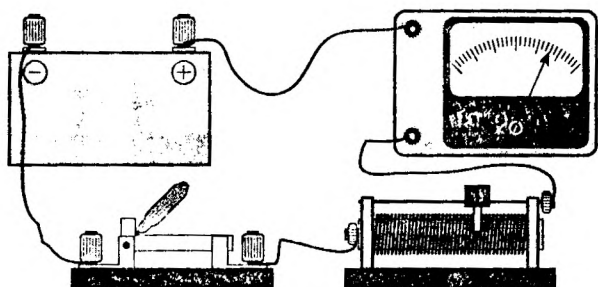


б

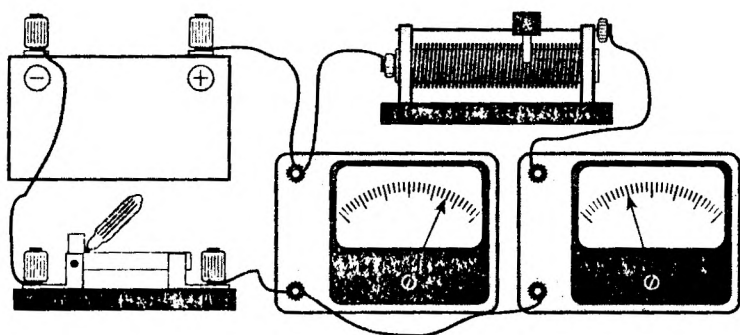


в

14.50. Накресліть схеми електричних кіл, зображених на рисунках.

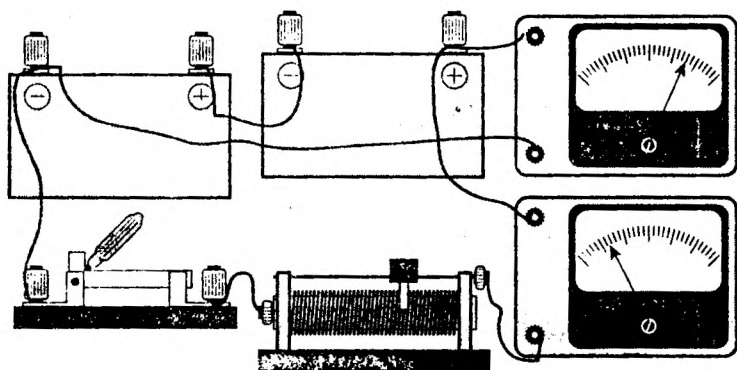


a

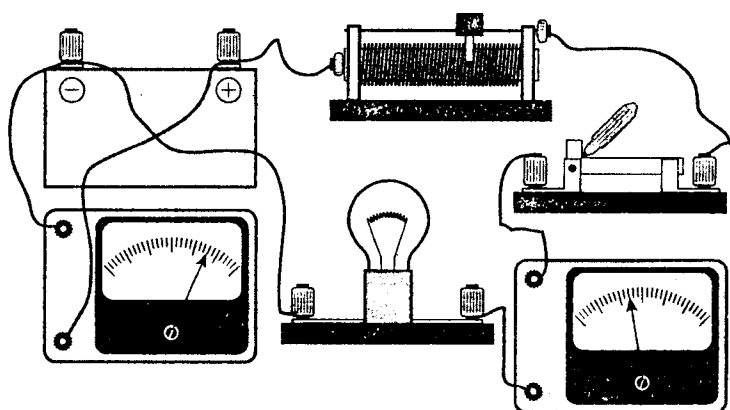


б

14.51. Накресліть схеми електричних кіл, зображених на рисунках.



a

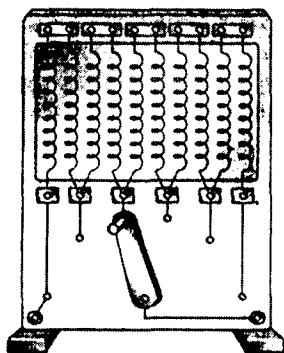


б

- ? 14.52. Для чого на електричних лампах завжди вказано напругу, на яку вони розраховані?
- 14.53. Два резистори мають опори 1,2 і 3,2 Ом. Ці резистори по черзі підключають до джерела струму, напругу на полюсах якого можна змінювати в межах від 2,4 до 9,6 В. Накресліть графіки залежності сили струму через резистори від напруги.
- 14.54. Сила струму через резистор опором 35 Ом змінюється від 0,1 до 0,4 А. У яких межах змінюється напруга на резисторі? Накресліть графік залежності сили струму від напруги.
- 14.55. Мідний дріт із площею поперечного перерізу $0,34 \text{ мм}^2$ замінюють залізним дротом такої самої довжини та такого самого опору. Визначте площу поперечного перерізу залізного дроту.
- 14.56. У вимірювальному приладі сталевий провідник із площею поперечного перерізу $0,24 \text{ мм}^2$ замінюють на нікеліновий такої самої довжини. Якою має бути площа поперечного перерізу нікелінового провідника, щоб прилад «не помітив» підміни?
- 14.57. Мідний дріт завдовжки 120 м замінюють залізним дротом із такою самою площею поперечного перерізу. Якою має бути довжина залізного дроту, щоб його опір був таким самим, як і в мідного?

- 14.58.** Під час ремонту нагрівального елемента електричної праски нікеліновий дріт завдовжки 250 м замінили на ніхромовий дріт із такою самою площею поперечного перерізу. Якою має бути довжина ніхромового дроту, щоб праска працювала після ремонту так само, як і до нього?
- 14.59.** Якої довжини потрібно взяти ніхромовий дріт із площею поперечного перерізу $0,5 \text{ мм}^2$, щоб виготовити з нього резистор опором $2,2 \text{ кОм}$?
- 14.60.** Якою має бути довжина константанової проволочки з площею поперечного перерізу $0,2 \text{ мм}^2$, щоб із неї можна було виготовити нагрівальний елемент опором 500 Ом ?
- 14.61.** Мідний дріт завдовжки 250 м має опір $0,68 \text{ Ом}$. Визначте площу поперечного перерізу дроту.
- 14.62.** Для виготовлення нагрівального елемента електричного чайника було використано ніхромовий дріт завдовжки 200 м. Визначте площу поперечного перерізу дроту, якщо опір нагрівального елемента чайника становить 22 Ом .
- 14.63.** Який опір має відрізок алюмінієвої проволочки завдовжки 1960 м, якщо радіус проволочки становить $2,5 \text{ мм}$?
- 14.64.** Спіраль електроплитки виготовили з ніхромового дроту завдовжки 24 м і діаметром $0,4 \text{ мм}$. Який опір має спіраль?
- 14.65.** Який питомий опір має матеріал проволочки з площею поперечного перерізу $0,4 \text{ мм}^2$, якщо 150 м цієї проволочки мають опір 90 Ом ?
- 14.66.** До джерела струму з напругою 24 В підключено реостат із максимальним опором 240 Ом . Накресліть графік залежності сили струму через реостат від його опору.
- 14.67.** До реостата прикладено постійну напругу 48 В . Накресліть графік залежності сили струму через реостат від його опору, якщо мінімальна сила струму в колі становить 1 А , а максимальна — 8 А .

- ? 14.68. Важільний реостат (див. рисунок) увімкнений в електричне коло. У якому напрямку потрібно рухати перемикач реостата, щоб сила струму в колі зменшувалася?
- ? 14.69. Важільний реостат (див. рисунок) розрахований на максимальний опір 80 Ом. Чому дорівнює опір однієї спіралі? Яким є опір реостата при положенні перемикача, показаному на рисунку?

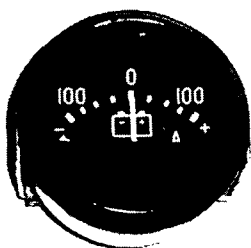


До задач 14.68, 14.69

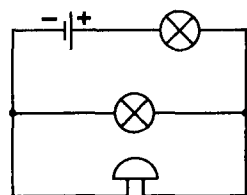
- 14.70. Двометровий мідний дріт із площею поперечного перерізу $0,1 \text{ мм}^2$ підключений до гальванічного елемента напругою $1,5 \text{ В}$. Визначте силу струму через дріт.
- 14.71. Розрахуйте силу струму в реостаті, виготовленому з нікелінового дроту завдовжки 40 м із площею поперечного перерізу 1 мм^2 , якщо напруга на затискачах реостата дорівнює 21 В .
- 14.72. Сила струму в залізному дроті завдовжки 10 м дорівнює 2 А . Яку напругу забезпечує джерело струму, до якого підключений цей дріт, якщо площа його поперечного перерізу становить $0,4 \text{ мм}^2$?
- 14.73. Визначте напругу на кінцях ніхромового провідника завдовжки 140 м із площею поперечного перерізу 2 мм^2 , якщо сила струму в провіднику становить 2 А .

3-й рівень складності

- ? 14.74. За допомогою амперметра, зображеного на рисунку, вимірюють силу струму в провіднику, що з'єднує акумулятор автомобіля з бортовою електричною мережею. Чому на шкалі цього приладу є позитивні і негативні значення?
- ? 14.75. Яку найменшу кількість вимірювань потрібно зробити, щоб установити розподіл струмів і напруг в електричному колі (див. рисунок)?

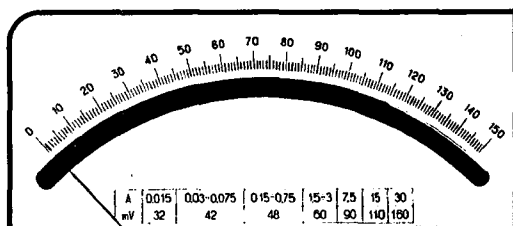
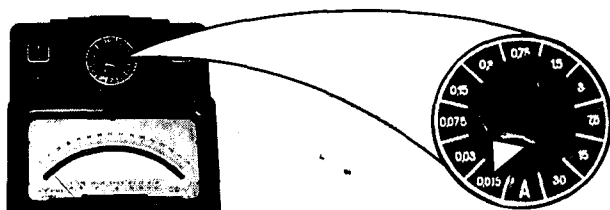


До задачі 14.74



До задачі 14.75

- ? 14.76. Яку максимальну і мінімальну силу струму можна виміряти за допомогою амперметра з перемикачем діапазонів вимірювання (див. рисунок)? Визначте ціну поділки цього вимірювального приладу, ураховуючи положення перемикача, показане на рисунку.



14.77. У скільки разів відрізняються опори двох залізних дротів, якщо перший із них має в 4 рази більшу довжину й у 5 разів більшу площу поперечного перерізу, ніж другий?

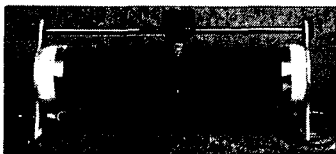
14.78. Коли дріт протягли через волочильний верстат, довжина дроту збільшилася в 4 рази. Як змінився його опір?

14.79. Дріт, опір якого дорівнює 200 Ом, розрізали на чотири рівні частини й скрутили з них джгут. Визначте опір цього дротового джгута.

14.80. Який із двох суцільних залізних стрижнів різного діаметра та однакової маси має більший електричний опір?

14.81. Два суцільних мідних стрижні мають однаковий опір, але різну довжину. Який зі стрижнів має більшу масу?

14.82. Обмотки двох реостатів виготовлені з однакового дроту (див. рисунки), намотаного на різні керамічні циліндри. Діаметр керамічного циліндра та довжина намотки в першого реостата в 1,5 разу більші, ніж у другого. Який із реостатів має більший опір? у скільки разів більший?



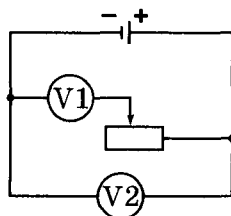
а



б

14.83. Щоб виготовити реостат, на керамічний циліндр діаметром $D=2$ см намотали впритул один до одного $N=150$ витків нікелінового проводу. Довжина намотки $L=15$ см. Визначте опір реостата.

14.84. Показання першого та другого вольтметрів (див. рисунок) дорівнюють відповідно 4 і 8 В. Як зміняться показання приладів, якщо ковзний контакт реостата пересунути ліво?



Задачі для допитливих

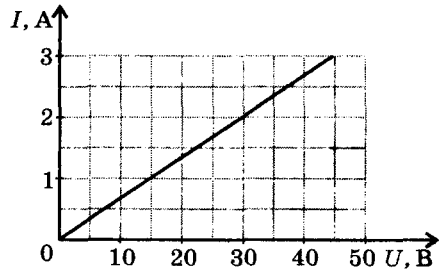
- 14.85.** Опір мідного дроту для електрифікації залізничного полотна дорівнює 1,7 Ом, а маса становить 89 кг. Якої довжини ділянку залізничного полотна можна електрифікувати цим дротом?
- 14.86.** Згідно зі стандартами опір заземлення не повинен перевищувати 0,5 Ом. Чи можна для заземлення використовувати відрізок залізної труби завдовжки 2 м із зовнішнім діаметром 17 мм і товщиною стінок 2 мм?
- 14.87.** Опір лінії електропередачі має не перевищувати певного значення. З міді чи алюмінію потрібно виготовити проводи для цієї лінії, щоб навантаження на її опори було меншим?
- ? **14.88.** Як за допомогою вимірювальних приладів визначити довжину мідного дроту, намотаного на скляний циліндр? Які прилади для цього знадобляться? Поверхня дроту вкрита тонким шаром непровідного лаку. Кінці дроту стирчать із намотки.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Якщо через поперечний переріз провідника протягом 10 хв проходить заряд 600 Кл, то сила струму в цьому провіднику дорівнює:
- | | |
|---------------|-----------------|
| А 1 А | В 6 кА |
| Б 10 А | Г 360 кА |
2. Два провідники виготовлені з одного матеріалу та мають однакову площу поперечного перерізу. Довжина першого провідника вдвічі більша. Його електричний опір:
- | |
|---|
| А у 4 рази менший, ніж у другого провідника |
| Б у 2 рази менший, ніж у другого провідника |
| В у 2 рази більший, ніж у другого провідника |
| Г у 4 рази більший, ніж у другого провідника |

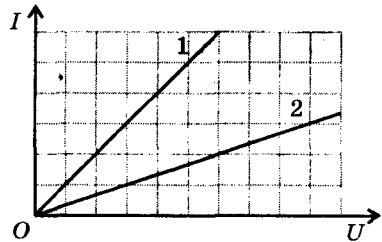
3. На рисунку зображено графік залежності сили струму в провіднику від напруги на кінцях цього провідника. Опір провідника становить:

- А 15 Ом
 Б 30 Ом
 В 60 Ом
 Г 135 Ом



4. На рисунку зображено графіки залежності сили струму від напруги для двох провідників. Опори цих провідників пов'язані співвідношенням:

- А $R_2 = \frac{R_1}{3}$
 Б $R_2 = 3R_1$
 В $R_2 = 6R_1$
 Г $R_2 = 9R_1$



5. Напруга на кінцях ніхромового провідника завдовжки 5 м дорівнює 22 В. Площа його поперечного перерізу становить $0,5 \text{ мм}^2$. Сила струму в провіднику дорівнює:

- А 0,22 А
 Б 2 А
 В 22 А
 Г 55 А

6. Довжина провідника дорівнює 25 м, площа його поперечного перерізу — 4 мм^2 . Коли напруга на кінцях провідника становить 0,85 В, сила струму в ньому дорівнює 8 А. Питомий опір матеріалу, з якого виготовлений цей провідник, становить:

- А $0,017 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
 Б $0,085 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
 В $0,17 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
 Г $0,85 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

15. ПОСЛІДОВНЕ Й ПАРАЛЕЛЬНЕ З'ЄДНАННЯ ПРОВІДНИКІВ

1-й рівень складності

- ? 15.1. Послідовно з резистором опором 7,8 Ом приєднали резистор опором 2,2 Ом. Визначте їх загальний опір.
- ? 15.2. Провідник опором 4,2 Ом і резистор опором 1,6 Ом з'єднано послідовно. Визначте їх загальний опір.
- ? 15.3. Перший резистор опором 2,5 Ом з'єднаний послідовно з другим. Їх загальний опір становить 7 Ом. Визначте опір другого резистора.
- ? 15.4. Резистор якого опору потрібно послідовно з'єднати з резистором опором 6 Ом, щоб загальний опір ділянки кола був 9,5 Ом?
- ? 15.5. Електричні прилади у квартирах підключені до електричної мережі паралельно. Які переваги має саме таке підключення?
- ? 15.6. Як потрібно підключити лампочки, розраховані на напругу 220 В, до мережі з напругою 220 В? Як вплине перегорання однієї лампочки на роботу інших?
- 15.7. Резистори опорами 180 і 60 Ом з'єднані паралельно. Чому дорівнює їх загальний опір?
- 15.8. Два резистори опорами 120 і 80 Ом з'єднані паралельно. Визначте опір цієї ділянки кола.

2-й рівень складності

Приклади розв'язування задач

Задача. Ділянка кола містить три резистори, які з'єднані послідовно. Сила струму через перший резистор становить 0,5 А, напруга на другому резисторі — 6 В, загальна напруга на ділянці кола — 24 В. Обчисліть опір кожного з резисторів, якщо опір третього резистора більший за опір першого в 3 рази.

Дано:

$$I_1 = 0,5 \text{ А}$$

$$U_2 = 6 \text{ В}$$

$$U = 24 \text{ В}$$

$$R_3 = 3R_1$$

$$R_1, R_2, R_3 \text{ — ?}$$

Розв'язання

Загальний опір ділянки кола обчислимо із закону Ома:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24}{0,5} = 48 \text{ (Ом)}.$$

Оскільки резистори з'єднані послідовно, загальна сила струму дорівнює силі струму в кожному резисторі:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = 0,5 \text{ А}.$$

Опір другого резистора $R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{6}{0,5} = 12 \text{ (Ом)}$.

Загальний опір ділянки $R = R_1 + R_2 + R_3 = 4R_1 + R_2$ (ми врахували, що $R_3 = 3R_1$).

$$\text{Звідси } R_1 = \frac{R - R_2}{4} = \frac{48 - 12}{4} = 9 \text{ (Ом)} \text{ і } R_3 = 3R_1 = 27 \text{ (Ом)}.$$

Відповідь: $R_1 = 9 \text{ Ом}$, $R_2 = 12 \text{ Ом}$, $R_3 = 27 \text{ Ом}$.

Задача. Ділянку кола, що складається з двох паралельно з'єднаних резисторів, підключили до джерела струму. Сила струму через перший резистор дорівнює 400 мА, через другий — 1,2 А. Загальний опір ділянки кола становить 7,5 Ом. Визначте опір кожного резистора та напругу на цій ділянці кола.

Дано:

$$I_1 = 400 \text{ мА} = 0,4 \text{ А}$$

$$I_2 = 1,2 \text{ А}$$

$$R = 7,5 \text{ Ом}$$

$$R_1, R_2 \text{ — ?}$$

$$U \text{ — ?}$$

Розв'язання

При паралельному з'єднанні двох резисторів $I = I_1 + I_2 = 1,6 \text{ А}$.

$$\text{Згідно із законом Ома } U = IR = 1,6 \text{ А} \cdot 7,5 \text{ Ом} = 12 \text{ В}.$$

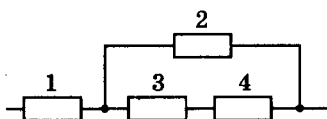
Оскільки для паралельно з'єднаних провідників $U = U_1 = U_2$, можна обчислити опори провідників із закону Ома:

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{12 \text{ В}}{0,4 \text{ А}} = 30 \text{ Ом},$$

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{12 \text{ В}}{1,2 \text{ А}} = 10 \text{ Ом}.$$

Відповідь: $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $U = 12 \text{ В}$.

Задача. Ділянку кола, яка складається з чотирьох резисторів (див. рисунок), підключено до джерела з напругою 40 В. Обчисліть силу струму через резистори 1 і 2 та напругу на резисторі 3. Опори резисторів $R_1 = 2,5$ Ом, $R_2 = R_3 = 10$ Ом, $R_4 = 20$ Ом.



Дано:

$$U = 40 \text{ В}$$

$$R_1 = 2,5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = R_3 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 20 \text{ Ом}$$

$$I_1, I_2 - ?$$

$$U_3 - ?$$

Розв'язання

Обчислимо опір R ділянки кола. Для цього спочатку визначимо опір частини цієї ділянки, що містить резистори 3 і 4: $R_{3-4} = R_3 + R_4$. Резистор 2 з'єднаний із ділянкою 3-4 паралельно, отже,

$$R_{2-3-4} = \frac{R_2 R_{3-4}}{R_2 + R_{3-4}}. \text{ Резистор } 1 \text{ приєднаний}$$

до ділянки кола 2-3-4 послідовно, тому

$$R = R_1 + R_{2-3-4} = R_1 + \frac{R_2 R_{3-4}}{R_2 + R_{3-4}} = 10 \text{ Ом.}$$

За законом Ома $I = \frac{U}{R} = 4 \text{ А.}$

Через резистор 1 тече такий самий струм: $I_1 = I$.

Отже, напруга на цьому резисторі $U_1 = I_1 R_1 = 10 \text{ В}$, а на ділянці 2-3-4 напруга $U_{2-3-4} = U - U_1 = 30 \text{ В}$. Очевидно, що

$$U_{2-3-4} = U_2 = U_{3-4}. \text{ За законом Ома } I_2 = \frac{U_2}{R_2} = 3 \text{ А.}$$

Звідси $I_3 = I_{3-4} = I - I_2 = 1 \text{ А}$, тоді $U_3 = I_3 R_3 = 10 \text{ В}$.

Відповідь: $I_1 = 4 \text{ А}$, $I_2 = 3 \text{ А}$, $U_3 = 10 \text{ В}$.

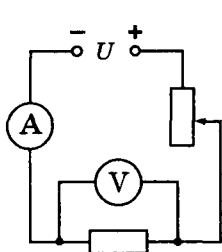
15.9. Яким має бути опір амперметра?

15.10. Яким має бути опір вольтметра?

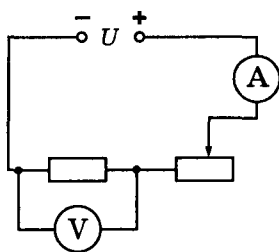
15.11. Учень помилився та приєднав вольтметр до лампочки не паралельно, а послідовно. Чи світитиме лампочка? Що покаже вольтметр?

15.12. Як зміняться показання вимірювальних приладів (див. рисунок), якщо ковзний контакт реостата перемістити вниз? угору?

- 15.13.** Як зміняться показання амперметра та вольтметра (див. рисунок), якщо ковзний контакт реостата перемістити з крайнього правого положення в крайнє ліве?

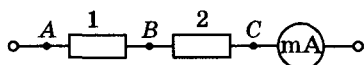


До задачі 15.12



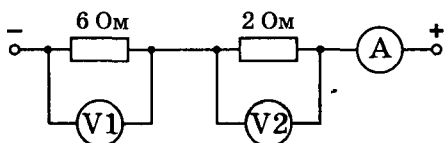
До задачі 15.13

- 15.14.** До одного з резисторів у колі послідовно приєднали ще один. Як змінився загальний опір кола?
- 15.15.** До двох послідовно з'єднаних резисторів приєднали паралельно ще один. Як змінився загальний опір ділянки кола?
- 15.16.** Коло складається з двох послідовно з'єднаних резисторів опорами $R_1 = 12$ Ом і $R_2 = 4$ Ом (див. рисунок). Міліамперметр показує силу струму в колі 8 мА. Якими будуть показання вольтметра, підключеного між точками А і В? В і С? А і С?

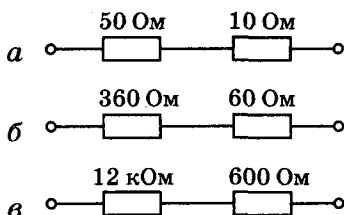


- 15.17.** Перший вольтметр (див. рисунок) показує напругу 18 В. Що показують амперметр і другий вольтметр?

- 15.18.** Для кожної ділянки кола (рис. а-в) визначте, у скільки разів напруга на лівому резисторі більша, ніж на правому.

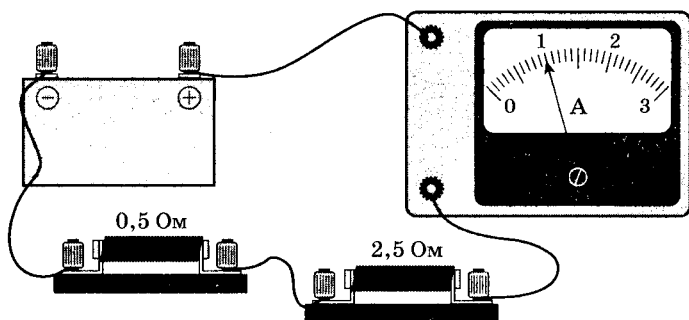


До задачі 15.17



До задачі 15.18

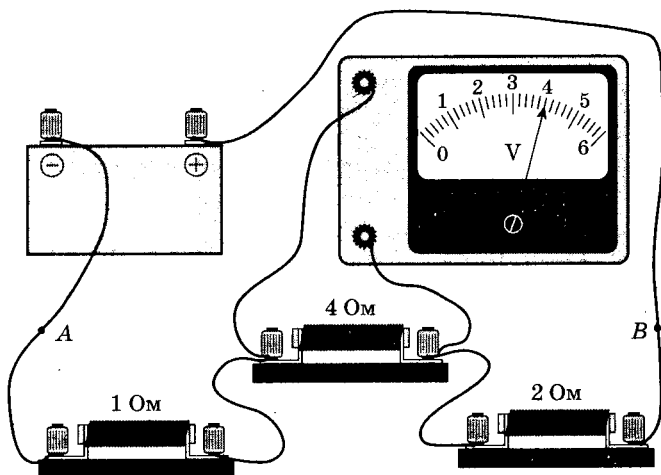
- 15.19.** До мережі з напругою 220 В потрібно підключити лампочку, розраховану на напругу 36 В. Опір лампочки в робочому стані становить 54 Ом. Ви маєте реостат із максимальним опором 400 Ом. Накресліть можливу схему кола та визначте потрібний опір реостата.
- 15.20.** Для обмеження сили струму через обмотку електричного нагрівника до нього підключили резистор опором 4 Ом. Накресліть схему електричного кола та визначте опір нагрівника, якщо по резистору тече струм 2 А, а напруга в мережі становить 24 В.
- 15.21.** До полюсів джерела струму приєднані послідовно два дроти однакових розмірів — алюмінієвий і нікеліновий. Між кінцями якого дроту вольтметр покаже більшу напругу? у скільки разів більшу?
- 15.22.** Виконуючи дослід, учень склав електричне коло й за допомогою амперметра виміряв силу струму (див. рисунок). Визначте за даними дослідження напругу на полюсах джерела струму.
- 15.23.** Виконуючи дослід, учень склав електричне коло й за допомогою амперметра виміряв силу струму (див. рисунок). Визначте за даними дослідження напругу на кожному з резисторів.



До задач 15.22, 15.23

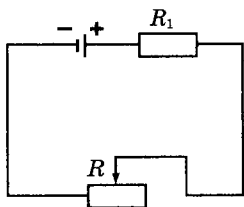
- 15.24.** Ділянка кола складається з двох резисторів опороми 100 і 300 Ом, які з'єднані послідовно. Визначте напругу на ділянці кола, якщо сила струму в першому резисторі дорівнює 24 мА.

- 15.25. Виконуючи дослід, учень склав електричне коло (див. рисунок). Яка сила струму в колі?
- 15.26. Чому дорівнює напруга на резисторі опором 2 Ом (див. рисунок)?
- 15.27. Чому дорівнює напруга між точками А і В (див. рисунок)?

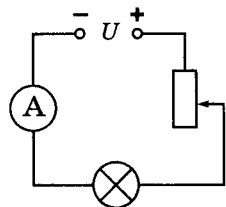


До задач 15.25–15.27

- 15.28. У яких межах можна змінювати опір кола (див. рисунок), якщо максимальний опір реостата R становить 200 Ом? Опір резистора $R_1 = 50$ Ом.
- 15.29. Лампочка від кишенькового ліхтарика приєднана до батареї гальванічних елементів із напругою 9 В через реостат (див. рисунок). Визначте опір реостата, якщо лампочка, розрахована на напругу 5,1 В, працює в нормальному режимі. Опір лампочки в такому режимі дорівнює 3 Ом.

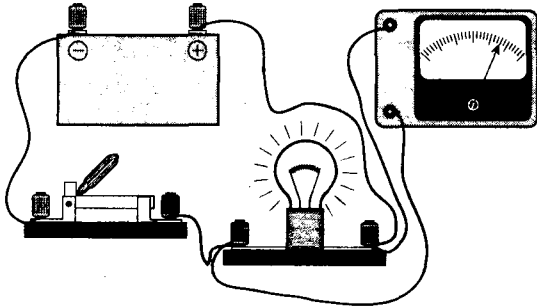


До задачі 15.28

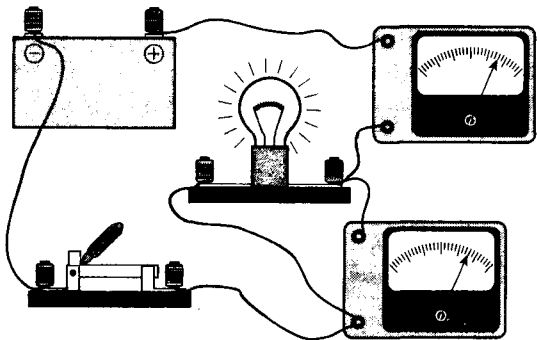


До задачі 15.29

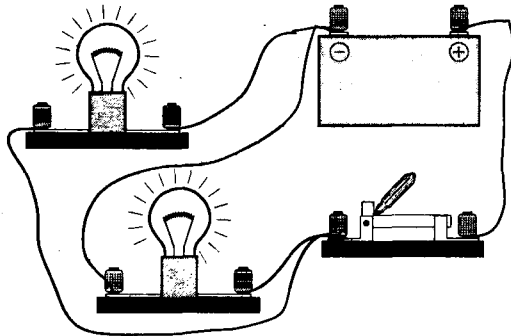
- 15.30.** Ялинкова гірлянда складається з однакових лампочок, розрахованих на напругу 5,5 В кожна. Скільки лампочок знадобиться та як їх потрібно з'єднати, щоб гірлянду можна було підключати до мережі з напругою 220 В? Чи можна кількість лампочок збільшити? зменшити?
- 15.31.** Накресліть схеми електричних кіл, зображених на рисунках.



a



б



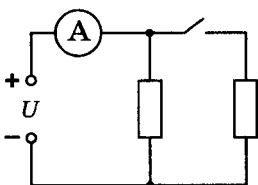
в

15.32. Накресліть схему електричного кола, що складається з джерела струму, трьох ламп, увімкнених паралельно, амперметрів, що вимірюють силу струму в кожній лампі й у всьому колі, і вимикача, загального для всього кола.

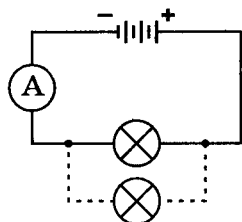
15.33. Сила струму, що йде через лампочку розжарення, невелика: близько 0,5 А. Чому ж проводи, по яких струм живить люстру з п'ятьма лампочками, розраховані на значно більшу силу струму?

15.34. Порівняйте показання амперметра до замикання ключа (див. рисунок) і після його замикання.

15.35. Порівняйте показання амперметра перед додаванням ще однієї лампочки в коло (див. рисунок) і після її додавання.



До задачі 15.34



До задачі 15.35

15.36. Як зміниться опір ділянки кола, якщо паралельно до неї підключити резистор?

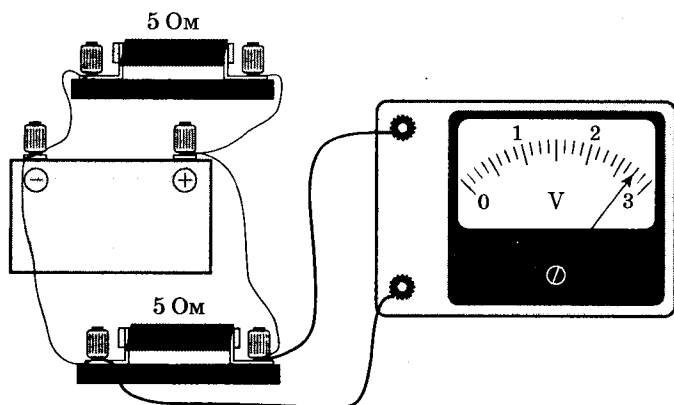
15.37. Два однакових резистори опороми по 10 Ом з'єднані паралельно. Визначте опір цієї ділянки кола.

15.38. Загальний опір чотирьох однакових ламп, з'єднаних паралельно, дорівнює 24 Ом. Чому дорівнює опір кожної лампи?

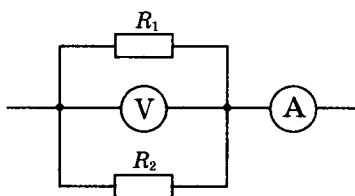
15.39. До резистора опором 150 Ом, приєднаного до гальванічного елемента, паралельно під'єднали резистор опором 60 Ом. У якому резисторі сила струму більша? у скільки разів?

15.40. Два резистори з'єднані паралельно. Сила струму в першому резисторі в 4 рази більша за силу струму в другому. Опір якого резистора більший? у скільки разів?

- 15.41.** Виконуючи лабораторну роботу, учень за допомогою вольтметра визначив напругу на одному з резисторів, що складають електричне коло (див. рисунок). Визначте силу струму через джерело струму.



- 15.42.** Амперметр (див. рисунок) показує силу струму 2,4 А, а вольтметр — напругу 54 В. Опір резистора $R_1 = 90$ Ом. Визначте опір резистора R_2 .



- 15.43.** До джерела струму з напругою 22,5 В приєднали з'єднані паралельно резистори опороми 180 і 60 Ом. Визначте силу струму через джерело.

- 15.44.** Ділянка кола складається з двох резисторів опороми 120 і 180 Ом, з'єднаних паралельно. Визначте загальну силу струму через ділянку кола, якщо напруга на першому резисторі дорівнює 36 В.

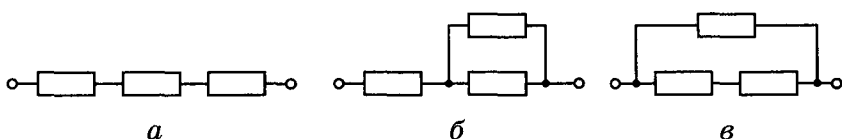
- 15.45.** Дві електричні лампи опороми 600 і 400 Ом з'єднані паралельно та приєднані до джерела струму з напругою 48 В. Визначте силу струму через кожену лампу та джерело струму.

- 15.46.** Два резистори, з'єднані паралельно, приєднали до джерела струму з напругою 44 В. Сила струму через перший резистор дорівнює 200 мА, через другий — 1,8 А. Опір якого резистора більший? у скільки разів? Визначте загальний опір ділянки кола.
- 15.47.** Резистори з опорами 500 Ом і 1,5 кОм з'єднані паралельно. Яка частина загального струму тече через другий резистор?
- 15.48.** Резистори з опорами 400 Ом і 2,4 кОм з'єднані паралельно. Яка частина загального струму тече через перший резистор?
- ? **15.49.** Два дроти, залізний і мідний, однакової довжини та однакового діаметра приєднали до полюсів джерела струму паралельно. По якому з них тече більший струм? у скільки разів більший?
- ? **15.50.** Ніхромовий та нікеліновий дроти однакових розмірів підключено паралельно до джерела струму. По якому з них тече менший струм? Яку частину він складає від загального струму в колі?
- 15.51.** Мідний дріт опором 8 Ом розрізали навпіл, а отримані шматки з'єднали паралельно. Який опір було отримано?
- 15.52.** Залізний дріт розрізали на три однакові частини, які потім з'єднали паралельно. Опір отриманої ділянки кола виявився 3 Ом. Яким був опір дроту до розрізання?
- 15.53.** Три резистори з опорами 4, 6 і 8 Ом з'єднали паралельно та підключили до джерела струму. Резистором якого опору можна замінити ці три резистори? Яка сила струму буде в кожному з резисторів, якщо напруга на полюсах джерела становить 2,4 В?
- 15.54.** Визначте мінімальне та максимальне можливі значення опору кола з трьох резисторів опорами 10, 20 і 30 Ом.

15.55. До джерела струму приєднали три однакових резистори, з'єднані паралельно. Як зміниться сила струму через джерело, якщо видалити з кола один резистор? Напруга на полюсах джерела є незмінною.

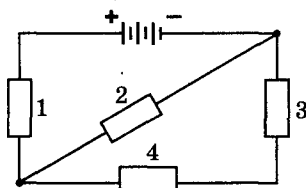
15.56. Обчисліть опір ділянок електричних кіл (рис. а-в). Опір кожного резистора становить 6 Ом.

15.57. Визначте силу струму в кожному з резисторів (рис. а-в), якщо напруга на ділянці кола дорівнює 3 В, а опір кожного резистора становить 2 Ом.



До задач 15.56, 15.57

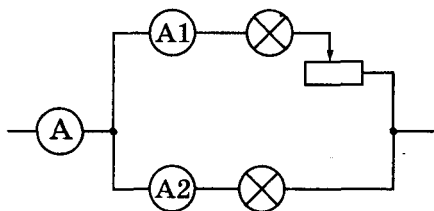
15.58. Напруга на полюсах джерела струму дорівнює 30 В. Опори резисторів $R_1 = 60$ Ом, $R_2 = 120$ Ом, $R_3 = 40$ Ом, $R_4 = 20$ Ом. Визначте повний опір кола (див. рисунок) та силу струму в кожному з резисторів.



15.59. Накресліть схему ділянки кола, що складається з однакових резисторів опором 5 Ом і має загальний опір 12 Ом. Яка найменша кількість резисторів знадобиться?

15.60. Накресліть схему ділянки кола, що складається з однакових резисторів опором 4 Ом і має загальний опір 9 Ом. Яка найменша кількість резисторів знадобиться?

- 15.61.** Обидві лампи в колі (див. рисунок) однакові. При крайньому правому положенні ковзного контакту реостата амперметр $A1$ показує $0,5$ А. Що показують амперметри A і $A2$? Як зміняться показання амперметрів, якщо ковзний контакт пересунути ліворуч?

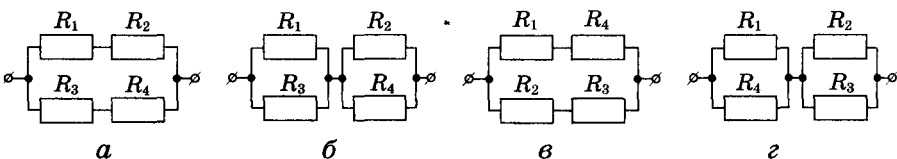


- 15.62.** До джерела струму з напругою 12 В спочатку послідовно, а потім паралельно приєднали два однакових резистори опором по 240 Ом кожний. Визначте силу струму в кожному резисторі при першому й другому варіантах з'єднання.

- 15.63.** Опір одного резистора більший за опір другого в 4 рази. Їх з'єднують спочатку послідовно, а потім паралельно. Визначте, у скільки разів відрізняються загальні опори в цих випадках.

- 15.64.** Два резистори спочатку з'єднали послідовно, а потім паралельно. Опори з'єднань виявилися 120 і $22,5$ Ом. Визначте опори цих резисторів.

- 15.65.** Обчисліть опір ділянок електричних кіл (рис. *a-г*). Опори резисторів $R_1 = R_4 = 100$ Ом, $R_2 = R_3 = 400$ Ом.

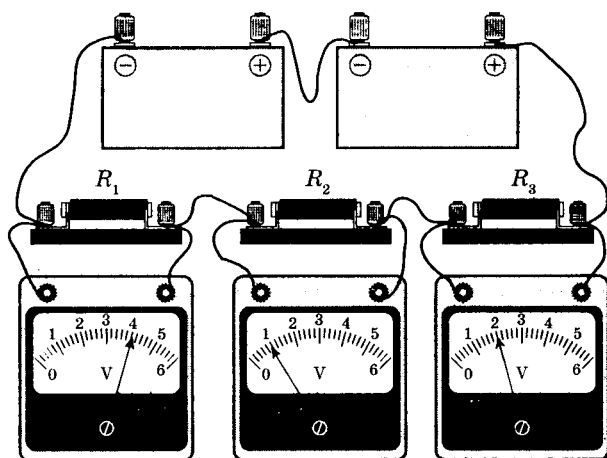


- 15.66.** До амперметра опором $0,5$ Ом приєднали шунт опором $0,1$ Ом. У скільки разів збільшилася ціна поділки приладу?

- 15.67*. Межу вимірювання міліамперметра потрібно збільшити в 10 разів. Визначте опір необхідного шунта, якщо опір міліамперметра дорівнює 18 Ом.
- 15.68*. Амперметр опором 0,03 Ом розраховано на вимірювання сили струму до 2 А. Визначте опір шунта, що дозволить вимірювати за допомогою даного амперметра силу струму до 5 А.
- 15.69*. До вольтметра опором 15 кОм приєднали додатковий опір 45 кОм. У скільки разів збільшилася ціна поділки приладу?
- 15.70*. Межу вимірювання вольтметра потрібно збільшити в 10 разів. Визначте необхідний додатковий опір, якщо опір вольтметра дорівнює 10 кОм.
- 15.71*. Вольтметр опором 6 кОм розраховано на вимірювання напруги до 6 В. Визначте додатковий опір, що дозволить вимірювати за допомогою даного вольтметра напругу до 30 В.

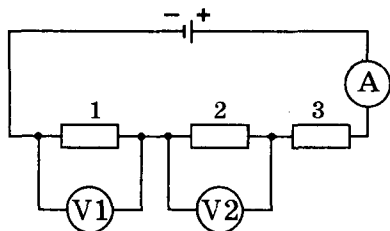
3-й рівень складності

- 15.72. Виконуючи дослід, учень склав електричне коло (див. рисунок). Визначте опір резистора R_1 , якщо $R_2 = 10$ Ом.

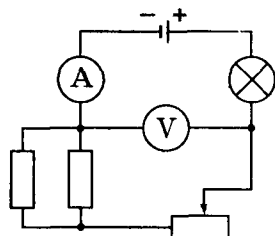


До задач 15.72, 15.73, 15.74

- 15.73. Якою є сила струму в колі (див. рисунок), якщо $R_1 = 80 \text{ Ом}$?
- 15.74. Визначте опір резистора R_2 (див. рисунок), якщо через резистор R_3 тече струм 500 мА .
- 15.75. Резистор опором 20 Ом приєднаний до джерела струму. На скільки відсотків зміниться сила струму в колі, якщо вимірювати напругу на резисторі за допомогою вольтметра опором 250 кОм ?
- 15.76. Як зміняться показання електровимірювальних приладів у колі (див. рисунок), якщо паралельно резистору 3 підключити ще один резистор? Опори всіх резисторів однакові.
- ? 15.77. Як зміняться показання електровимірювальних приладів, якщо ковзний контакт реостата перемістити праворуч (див. рисунок)?
- 15.78. Визначте показання амперметра в електричному колі (див. рисунок), якщо напруга джерела струму становить 33 В , опір лампочки — 4 Ом , максимальний опір реостата — 20 Ом , а опір кожного з двох однакових резисторів дорівнює 36 Ом . Ковзний контакт реостата займає крайнє ліве положення.
- 15.79. Визначте показання вольтметра в електричному колі (див. рисунок), якщо напруга джерела струму становить 24 В , опір лампочки — 4 Ом , максимальний опір реостата — 26 Ом , а опір кожного з двох однакових резисторів дорівнює 36 Ом . Ковзний контакт реостата займає крайнє праве положення.



До задачі 15.76

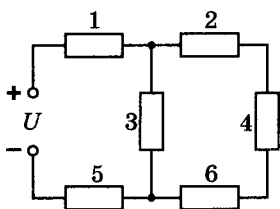


До задач 15.77, 15.78, 15.79

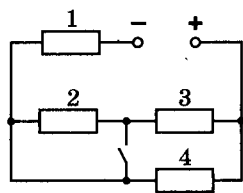
15.80. Знайдіть силу струму в кожному з резисторів (див. рисунок), якщо опір кожного з них становить 120 Ом, а напруга джерела струму — 33 В.

15.81. Знайдіть напругу на кожному з резисторів (див. рисунок), якщо опір кожного з них становить 8 Ом, а напруга джерела струму — 11 В.

15.82. Опір кожного резистора в колі, схема якого зображена на рисунку, $r = 60$ Ом, а напруга на полюсах джерела струму $U = 18$ В. Визначте силу струму в резисторі 4: а) коли ключ розімкнутий; б) коли ключ замкнений.



До задач 15.80, 15.81

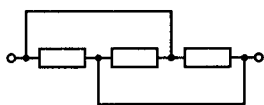


До задачі 15.82

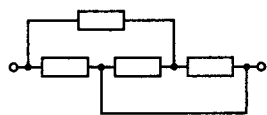
15.83* Опір кожного резистора в ділянках кола (рис. а-в) становить 60 Ом. Визначте опір кожної ділянки кола.



а

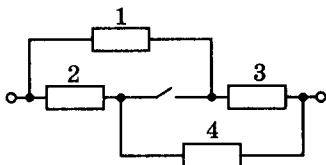


б

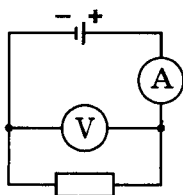


в

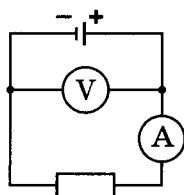
15.84* У ділянці кола, схема якої зображена на рисунку, опори резисторів $R_1 = R_4 = 60$ Ом, $R_2 = R_3 = 30$ Ом. Визначте опір цієї ділянки кола: а) коли ключ розімкнутий; б) коли ключ замкнений.



- 15.85.** Опір вольтметра R_V набагато більший за опір амперметра R_A . Яка з наведених на рисунках схем дозволить найточніше виміряти опір R резистора? Розгляньте два випадки: коли значення R порівнянне з R_V та коли воно порівнянне з R_A .



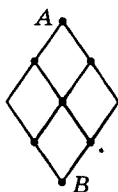
a



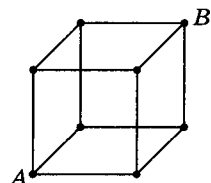
б

- 15.86*** З 12 однакових відрізків проводу зроблено каркас, зображений на рисунку. Визначте опір цього каркаса між точками A і B , якщо опір кожного відрізка проводу дорівнює 6 Ом.

- 15.87*** З 12 однакових відрізків дроту зроблено каркас у вигляді куба (див. рисунок). Яким є опір цього каркаса між точками A і B , якщо опір кожного відрізка дроту дорівнює 6 Ом?

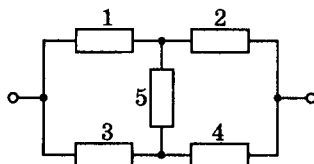


До задачі 15.86



До задачі 15.87

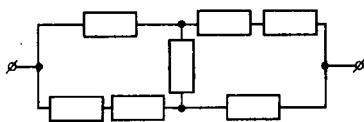
- 15.88*** Визначте опір ділянки кола, схема якої зображена на рисунку, якщо $R_1 = R_4 = R_5 = 60$ Ом, $R_2 = 180$ Ом, $R_3 = 20$ Ом.



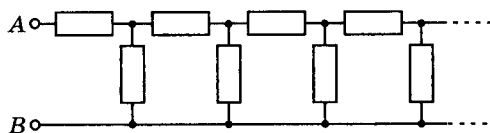
- 15.89*. Із 6 однакових відрізків дроту виготовлено каркас у формі правильного тетраедра. Визначте опір цього каркаса між двома вершинами тетраедра, якщо опір кожного відрізка дроту дорівнює 8 Ом.

Задачі для допитливих

- 15.90. Однорідний дріт опором 360 Ом склали в кільце. У яких точках цього кільця потрібно до нього підключитися, щоб отримати опір 80 Ом?
- 15.91. Чому дорівнює загальний опір кола, схема якого зображена на рисунку? Опір кожного резистора становить 4 Ом.



- 15.92. Коло складається з нескінченної кількості однакових ділянок (див. рисунок), опір кожного резистора становить 2 Ом. Чому дорівнює загальний опір кола між точками A і B?



ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

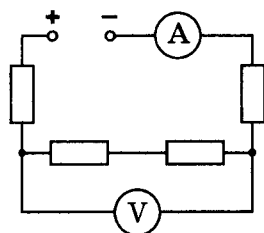
- Два резистори опорами 15 і 30 Ом з'єднані послідовно. Сила струму в колі дорівнює 0,4 А. Напряга на цій ділянці кола дорівнює:

А 6 В	В 18 В
Б 12 В	Г 24 В
- Два резистори опорами 6 і 12 Ом з'єднані паралельно. Загальний опір ділянки кола дорівнює:

А 2 Ом	В 9 Ом
Б 4 Ом	Г 18 Ом

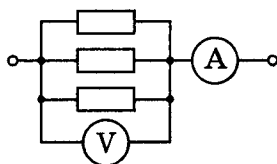
3. На рисунку зображено схему електричного кола, у якому опір кожного резистора становить 2 Ом. Амперметр показує силу струму 0,5 А, а вольтметр — напругу, що дорівнює:

А 1 В
 Б 2 В
 В 3 В
 Г 4 В



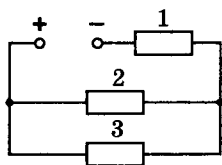
4. На рисунку зображено схему ділянки електричного кола. Кожний резистор має опір 10 Ом, вольтметр показує напругу 3 В. Амперметр показує:

А 0,1 А
 Б 0,3 А
 В 0,9 А
 Г 1,2 А



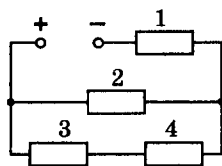
5. На рисунку зображено схему електричного кола, у якому опір кожного резистора дорівнює 12 Ом, а напруга на полюсах джерела струму становить 36 В. Визначте силу струму в резисторі 1.

А 0,5 А
 Б 1 А
 В 1,5 А
 Г 2 А



6. На рисунку зображено схему електричного кола, у якому опір кожного резистора дорівнює 120 Ом, а напруга на полюсах джерела струму становить 18 В. Визначте силу струму в резисторі 2.

А 0,06 А
 Б 0,09 А
 В 0,12 А
 Г 0,18 А



16. РОБОТА Й ПОТУЖНІСТЬ СТРУМУ. ЗАКОН ДЖОУЛЯ — ЛЕНЦА

1-й рівень складності

- 16.1.** Чому у квартирні лічильники електричної енергії вмонтовано автоматичні пристрої, які не дозволяють зростати силі струму через лічильник вище певного значення?
- 16.2.** Чому зростання споживання електроенергії у квартирі вище від певної границі може призвести до розплавлення ізоляції на з'єднувальних проводах і, як наслідок, до пожежі?
- 16.3.** Чому в плавких запобіжниках не використовують залізний дріт замість свинцевого?
- 16.4.** Чому в плавкому запобіжнику використовують дріт набагато тонший, ніж у проводах, що з'єднують джерело струму та споживачів електроенергії?
- 16.5.** Скільки енергії споживає електрична плитка щосекунди за напруги 220 В, якщо сила струму в її спіралі становить 6 А?
- 16.6.** Скільки енергії споживає щосекунди двигун електродриля, якщо за напруги 220 В сила струму у двигуні дорівнює 4 А?
- 16.7.** Яку роботу виконує струм в електродвигуні підійомника за 20 с, якщо за напруги 380 В сила струму у двигуні дорівнює 25 А?
- 16.8.** Скільки енергії споживає електричний чайник за 5 хв, якщо сила струму в ньому становить 1,5 А? Напруга в мережі дорівнює 220 В.
- 16.9.** Визначте потужність електричного струму в автомобільній лампі, якщо напруга в бортовій мережі автомобіля становить 14,4 В, а сила струму в лампі дорівнює 7,5 А.

16.10. На лампі розжарення зазначено «48 В, 96 Вт». Якою є сила струму в лампі, коли вона працює з номінальною потужністю?

16.11. Кімнату освітлюють дві лампи потужністю 60 і 120 Вт, які працюють за напруги 220 В. Порівняйте силу струму в цих лампах.

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. Ділянку кола, що складається з двох послідовно з'єднаних резисторів опороми $R_1 = 20$ Ом і $R_2 = 30$ Ом, приєднали до джерела струму з напругою $U = 200$ В. Обчисліть загальну потужність струму в цій ділянці кола. Воду якої маси можна нагріти на 10°C за рахунок кількості теплоти, що виділиться протягом 7 хв у резисторі опором R_1 ?

Дано:

$$U = 200 \text{ В}$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 30 \text{ Ом}$$

$$\Delta t = 10^\circ\text{C}$$

$$\tau = 7 \text{ хв} = 420 \text{ с}$$

$$c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$P - ?$$

$$m - ?$$

Розв'язання

Повний опір ділянки кола $R = R_1 + R_2$.

$$\begin{aligned} \text{Потужність струму в ділянці кола } P &= \frac{U^2}{R} = \\ &= \frac{(200 \text{ В})^2}{50 \text{ Ом}} = 800 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

У резисторі опором R_1 протягом часу τ виділяється кількість теплоти

$$Q = I^2 R_1 \tau = \frac{U^2 R_1 \tau}{(R_1 + R_2)^2}.$$

З другого боку, $Q = cm\Delta t$.

З цих двох співвідношень отримуємо:

$$m = \frac{U^2 R_1 \tau}{c \Delta t (R_1 + R_2)^2}.$$

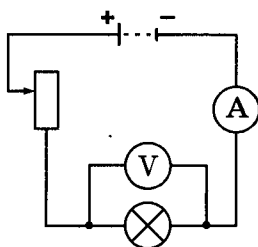
$$\text{Перевіримо одиниці: } [m] = \frac{\text{В}^2 \cdot \text{Ом} \cdot \text{с}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{Ом}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{В}^2 \cdot \text{с}}{\text{Дж} \cdot \text{Ом}} = \text{кг}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$m = \frac{200^2 \cdot 20 \cdot 420}{4200 \cdot 10 \cdot 50^2} = 3,2 \text{ (кг)}.$$

Відповідь: $P = 800$ Вт, $m = 3,2$ кг.

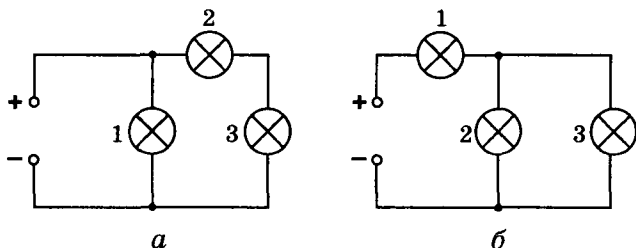
- 16.12.** За незмінної сили струму на ділянці кола було зменшено її опір. Як змінилася робота електричного струму за певний час?
- 16.13.** Спираль електроплитки дуже сильно нагрівається під час проходження по ній електричного струму. Чому ж дроти, якими електроплитка підключена до джерела струму, нагріваються значно менше?
- 16.14.** За незмінної напруги на ділянці кола було зменшено її опір. Як змінилася робота електричного струму за певний час?
- 16.15.** Чому вимикачі, через які підключені люстри з великою кількістю потужних ламп, сильно нагріваються та швидко виходять із ладу?
- 16.16.** Резистори опорами 50 і 10 Ом з'єднали послідовно та приєднали до джерела струму. Порівняйте потужності струму в резисторах.
- 16.17.** Резистори опорами 400 і 800 Ом з'єднали паралельно та приєднали до джерела струму. Порівняйте потужності струму в резисторах.
- 16.18.** Як зміниться кількість електроенергії, споживаної лампою щосекунди, якщо ковзний контакт реостата (див. рисунок) перемістити вгору?



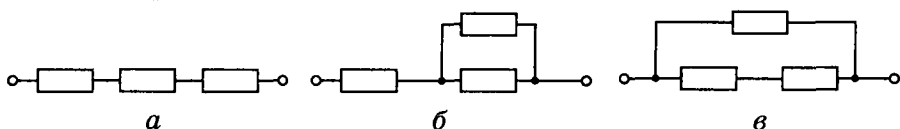
- 16.19.** Ялинкова гірлянда складається з певної кількості однакових лампочок, які з'єднані послідовно. Як зміниться потужність струму в гірлянді, якщо до неї послідовно додати ще кілька лампочок?

- 16.20.** Як змінилася потужність електричного струму в спіралі електроплитки, якщо під час ремонту спіраль трохи скоротили?
- 16.21.** Опір електричного чайника становить 22 Ом. Напруга, за якої він працює, дорівнює 220 В. Визначте потужність струму в електрочайнику.
- 16.22.** Визначте потужність струму в лампі розжарення, нитка якої в робочому стані має опір 6 Ом. Лампа працює від акумулятора напругою 12 В.
- 16.23.** Опір електричного нагрівника становить 11 Ом. До мережі якої напруги потрібно підключити нагрівник, щоб потужність електричного струму в ньому була 4,4 кВт?
- 16.24.** Електричний паяльник, який розрахований на потужність 80 Вт, у робочому стані має опір 605 Ом. За якої напруги на полюсах джерела струму паяльник матиме номінальну потужність?
- 16.25.** За напруги 37,5 В електричний двигун виконує роботу 900 Дж за 4 хв. Визначте силу струму через двигун.
- 16.26.** Виконуючи роботу 14,4 кДж, електродвигун насоса працював 2 хв. Визначте силу струму в електродвигуні, якщо він приєднаний до джерела струму з напругою 12 В.
- 16.27.** Визначте питомий опір матеріалу, з якого виготовлена спіраль нагрівального елемента потужністю 2,2 кВт. Довжина спіралі дорівнює 11 м, поперечний переріз — $0,21 \text{ мм}^2$, напруга в мережі становить 220 В.
- 16.28.** Яким є питомий опір матеріалу, з якого виготовлена спіраль нагрівального елемента потужністю 1,1 кВт? Довжина спіралі дорівнює 24 м, поперечний переріз — $0,12 \text{ мм}^2$, сила струму в спіралі становить 5 А.

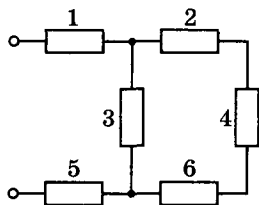
- 16.29. До джерела струму приєднали три однакові електричні лампи (рис. а, б). Порівняйте розжарення ламп у кожному випадку. Відповідь обґрунтуйте.



- 16.30. До джерела струму з напругою 9 В приєднали три однакових резистори опороми по 1 кОм (рис. а-в). Визначте загальну потужність струму в кожному варіанті з'єднання.



- 16.31. Ділянка електричного кола (див. рисунок) складається з однакових резисторів опором 6 Ом кожний. Якою буде потужність струму в ділянці, якщо її підключити до джерела струму з напругою 33 В?



- 16.32. У якому випадку під час свердлення отвору електродрилем витрати електроенергії більші: якщо використовують заточене чи затуплене свердло? Відповідь обґрунтуйте.

- 16.33. Два однакових тролейбуси рухаються однаковий час по горизонтальній дорозі. Швидкість руху першого більша за швидкість руху другого. Який із тролейбусів витрачає більше електроенергії протягом хвилини? Залежності сили опору рухові від швидкості знехтуйте.

3-й рівень складності

- 7 16.34. На першій лампі зазначено «220 В, 120 Вт», на другій — «220 В, 60 Вт». Лампи з'єднали послідовно та приєднали до мережі з напругою 220 В. Яка з ламп світитиме яскравіше*? Відповідь обґрунтуйте.
- 16.35. Визначте напругу на кожній лампі (див. умову попередньої задачі) та потужність струму в кожній лампі.
- 16.36. Чи можна приєднати до мережі з напругою 220 В дві послідовно з'єднані лампи, на яких зазначено «15 Вт, 110 В» і «150 Вт, 110 В»?
- 16.37. Потяг метрополітену масою 22 т живиться від мережі з напругою 825 В. Визначте силу струму в обмотках його електродвигунів, якщо швидкість руху потяга 54 км/год. Сила опору рухові становить 0,06 від ваги потяга.
- 16.38. З якою швидкістю рухається тролейбус масою 11 т, якщо сила струму в обмотках його двигуна дорівнює 400 А, а напруга контактної мережі — 550 В? Сила опору рухові становить 0,1 від ваги тролейбуса.
- 16.39. Яку корисну роботу виконує двигун електричного міксера протягом 2 хв, якщо за напруги 220 В сила струму в обмотці двигуна дорівнює 0,5 А? ККД двигуна становить 76 %.
- 16.40. Двигун кондиціонера працює від мережі з напругою 220 В. Сила струму у двигуні дорівнює 5 А. Яку корисну роботу виконує двигун за 10 хв, якщо його ККД становить 90 %?
- 16.41. Двигун ліфта працює від мережі з напругою 220 В. Його ККД становить 80 %. Визначте силу струму у двигуні ліфта під час рівномірного підйому кабіни масою 500 кг зі швидкістю 2 м/с.

* Тут і надалі залежність опору ламп і нагрівників від розжарення не враховуйте, якщо це не зазначено в умові задачі.

- 16.42.** Напруга мережі, від якої працює електродвигун підйомного крана, дорівнює 380 В. Сила струму в електродвигуні становить 40 А. Визначте ККД підйомного крана, якщо елемент будівельної конструкції масою 2 т кран піднімає на висоту 25 м за 44 с.
- 16.43.** В електричному чайнику за 4 хв можна нагріти 1 л води на 50°C . Скільки води можна нагріти на ті самі 50°C за ті самі 4 хв у двох таких самих електричних чайниках, які з'єднані послідовно та приєднані до тієї самої електричної мережі? Тепловими втратами знехтуйте.
- 16.44.** Електричний чайник за напруги в мережі 220 В нагріває 1,5 л води від 25 до 100°C протягом 5 хв. Визначте довжину ніхромового дроту з площею поперечного перерізу $0,25\text{ мм}^2$, з якого виготовлено нагрівник цього чайника. ККД чайника становить 50 %.
- 16.45.** Електричний нагрівник, ККД якого становить 75 %, нагріває воду від 25 до 75°C . Нагрівник виготовлено з 11 м нікелінового дроту з площею поперечного перерізу $0,5\text{ мм}^2$. Напруга в мережі дорівнює 220 В. Визначте масу води, що проходить через нагрівник за 2 хв 40 с.

Задачі для допитливих

- 16.46.** Кожна з однакових електричних ламп розрахована на напругу 36 В і потужність 72 Вт. Яку максимальну кількість таких ламп можна приєднати через реостат до джерела струму з напругою 120 В і максимально припустимою силою струму 7 А? Який опір повинен мати реостат? Лампи мають працювати в номінальному режимі:
- 16.47.** Електрична плитка має дві спіралі та перемикач, який дозволяє приєднати до мережі якусь одну спіраль або обидві (з'єднані послідовно або паралельно). Якщо працює перша спіраль, то вода в повній каструлі закипає за 4 хв, якщо друга — вода

закипає за 12 хв. За скільки хвилин закипить вода, якщо працюватимуть обидві спіралі? Втрати тепла не враховуйте.

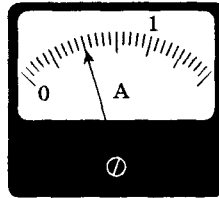
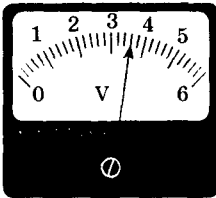
- 16.48. Оцініть час, за який перегорів би запобіжник за сили струму 10 А, якби тепло, що виділяється під час протікання струму, не відводилося б від нього. Запобіжник виготовлений зі свинцевого дроту діаметром 0,2 мм.

ТЕСТ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. На рисунку зображено шкали вольтметра, що вимірює напругу на ділянці кола, і амперметра, що вимірює силу струму в ній. Робота струму в цій ділянці кола протягом 10 с дорівнює:

- А 9 Дж
Б 18 Дж

- В 36 Дж
Г 72 Дж

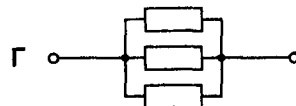
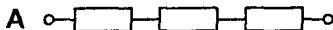


2. Якщо збільшити напругу на резисторі в 4 рази, то потужність струму в резисторі збільшиться:

- А у 2 рази
Б у 4 рази

- В у 8 разів
Г у 16 разів

3. До джерела струму приєднали три однакових резистори. При якому їх з'єднанні потужність струму в колі буде найбільшою? Напруга на полюсах джерела струму в усіх випадках однакова.



4. Опір першого резистора дорівнює 25 Ом, другого — 75 Ом. Резистори з'єднані паралельно. Потужність струму в першому резисторі:
- А у 3 рази більша, ніж у другому
 - Б у 9 разів більша, ніж у другому
 - В у 3 рази менша, ніж у другому
 - Г у 9 разів менша, ніж у другому
5. Два резистори опороми 32 і 38 Ом з'єднані послідовно та приєднані до полюсів джерела струму, напруга на яких дорівнює 35 В. Потужність струму в резисторі опором 32 Ом становить:
- А 7 Вт
 - Б 8 Вт
 - В 19 Вт
 - Г 32 Вт
6. Два резистори з'єднані паралельно. Сила струму в першому резисторі опором 18 Ом дорівнює 2 А. Потужність струму в другому резисторі опором 54 Ом дорівнює:
- А 12 Вт
 - Б 18 Вт
 - В 24 Вт
 - Г 36 Вт

17. ЕЛЕКТРОЛІТИ ТА ЕЛЕКТРОЛІЗ

1-й рівень складності

- ? 17.1. Які частинки є вільними носіями зарядів у розчинах електролітів (солей, кислот і лугів)?
- ? 17.2. Як змінюється кількість вільних носіїв зарядів у розчині електроліту зі збільшенням температури?
- 17.3. Електроліз у розчині солі Нікелю тривав протягом 40 хв за незмінної сили струму 1,5 А. Визначте масу нікелю, отриманого на катоді.
- 17.4. Скільки срібла осіло на катоді електролізної установки, якщо процес електролізу тривав 10 хв, а сила струму становила 25 А?

17.5. Через електролізну ванну з розчином солі CuCl пройшов заряд 600 Кл. Скільки чистої міді було отримано під час електролізу?

17.6. Залізо якої маси виділилося внаслідок електролізу на катоді електролізної ванни з розчином солі FeCl_2 під час проходження через ванну заряду 800 Кл?

2-й рівень складності

Приклад розв'язування задачі

Задача. Під час електролізу поверхню сталеві деталі площею 800 см^2 покрито шаром нікелю завтовшки 54 мкм. За якої сили струму проходив процес, якщо електроліз тривав 4 год?

Дано:

$$S = 800 \text{ см}^2 = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$d = 54 \text{ мкм} = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$t = 4 \text{ год} = 1,44 \cdot 10^4 \text{ с}$$

$$k = 3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$$

$$\rho = 8900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$I = ?$

Розв'язання

Маса речовини, що виділяється під час електролізу, $m = kIt$.

З другого боку, $m = \rho V = \rho dS$.

$$\text{Звідси } I = \frac{\rho dS}{kt}$$

Перевіримо одиниці:

$$[I] = \frac{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \text{м} \cdot \text{м}^2}{\frac{\text{кг}}{\text{Кл}} \cdot \text{с}} = \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = \text{А}$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$I = \frac{8,9 \cdot 10^3 \cdot 5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{3 \cdot 10^{-7} \cdot 1,44 \cdot 10^4} = 8,9 \text{ (А)}$$

Відповідь: $I = 8,9 \text{ А}$.

17.7. Метали та розчини електролітів є провідниками електричного струму. Назвіть відмінності в русі вільних носіїв зарядів під час протікання електричного струму через металевий провідник і розчин електроліту.

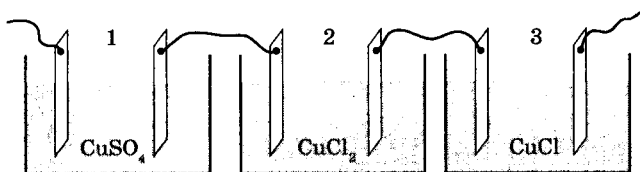
17.8. Як залежить опір електролізної ванни від температури?

- 17.9. У процесі електролізу з водного розчину солі FeCl_3 виділилося 560 мг заліза. Який заряд пройшов через електролізну ванну?
- 17.10. Який заряд пройшов через електролізну ванну з розчином йодиду срібла (AgI), якщо на катоді виділилося 20 г металу?
- 17.11. За якої сили струму проводили електроліз розчину солі CuSO_4 , якщо протягом 15 хв на катоді виділилося 2 г міді?
- 17.12. Протягом 20 хв електролізу водного розчину солі Цинку на катоді електролізної ванни виділився метал масою 4 г. За якої сили струму проходив електроліз?
- 17.13. За який час на катоді електролізної ванни виділиться 40 г хрому, якщо електроліз проходить за сили струму 25 А?
- 17.14. Маса катода, який був під час електролізу занурений в електролізну ванну з розчином солі FeCl_3 , збільшилася від 48 до 51 г. Скільки часу тривав електроліз, якщо сила струму весь час була 2,5 А?
- 17.15. Виконуючи лабораторну роботу з визначення електрохімічного еквіваленту міді, учень протягом 18 хв пропускав електричний струм 10 А через розчин солі CuSO_4 . За час досліду маса катода збільшилася від 40 до 43,2 г. Яке значення електрохімічного еквіваленту отримав учень?
- 17.16. Металеву деталь покривають шаром нікелю за допомогою електролізу протягом 5 год. Сила струму весь час електролізу становить 0,5 А, площа поверхні деталі дорівнює 200 см^2 . Визначте товщину шару нікелю на поверхні деталі.
- 17.17. За допомогою електролізу деталь покрили шаром хрому. Визначте товщину цього шару, якщо електроліз тривав 2 год. Площа поверхні деталі дорівнює 500 см^2 , сила струму через електролізну ванну становить 10 А.

- 17.18. Визначте час, потрібний для покриття сталеві деталі з площею поверхні 400 см^2 шаром хрому завтовшки 36 мкм . Електроліз проходить за сили струму 16 А .
- 17.19. Скільки часу потрібно для нікелювання металевого виробу з площею поверхні 120 см^2 , якщо товщина покриття має становити $0,03 \text{ мм}$? Сила струму під час електролізу дорівнює $0,5 \text{ А}$.
- 17.20. Під час електролізу виділилося 128 г міді (Cu^{2+}). Визначте витрачену енергію, якщо напруга на електролізній ванні становила 5 В .
- 17.21. Обчисліть електроенергію, витрачену на рафінування 2 т міді (Cu^{2+}), якщо напруга на електролізній ванні становила $1,2 \text{ В}$.

3-й рівень складності

- 17.22. Зазвичай коли відбувається електроліз, особливо в разі великих струмів, сила струму з часом зростає. Чому? Уважайте, що хімічний склад електроліту під час електролізу не змінюється.
- 17.23. На рисунку зображено три однакові електролізні ванни, з'єднані одна з одною. У якій ванні на катоді виділиться найбільше міді?



- 17.24. Для приготування розчинів електроліту в однакових об'ємах води розчинили різну кількість солі FeCl_3 . Цими розчинами заповнили однакові електролізні ванни й з'єднали їх між собою: а) послідовно; б) паралельно. У якій ванні виділилося більше заліза під час електролізу? Температури ванн однакові.

- 17.25.** Скільки електроенергії витрачається на алюмінієвому заводі для отримання кожної тонни алюмінію? Електроліз здійснюють за напруги 850 В, а ККД установки дорівнює 80 %.
- 17.26.** Який заряд потрібно пропустити через водний розчин кислоти, щоб отримати водень, яким можна було б заповнити аеростат об'ємом 520 м³?

Задачі для допитливих

- 17.27.** Набір металевих ложок із площею поверхні 200 см² покривають шаром срібла в електролізній ванні. З якою швидкістю зростає товщина шару? Під час електролізу сила струму через електролізну ванну дорівнює 20 А.
- 17.28.** Аеростат заповнюють воднем, який виділяється під час проходження електричного струму через слабкий розчин кислоти. Який заряд потрібно пропустити через розчин кислоти, щоб одержати водень, кількість якого достатня для здійснення польоту на аеростаті? Маса гондоли та оболонки аеростата становить 240 кг.

18. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ У РІЗНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

1-й рівень складності

- ?** 18.1. Які частинки є вільними носіями заряду в металах?
- ?** 18.2. Як рухаються вільні носії заряду в металах за відсутності електричного поля?
- ?** 18.3. Як залежить електричний опір металевого провідника від його температури?
- ?** 18.4*. Чим відрізняється самостійний газовий розряд від несамостійного?

- ? 18.5. Наведіть приклади джерел світла, у яких використовують газовий розряд.
- 18.6. Прикладом якого газового розряду є блискавка?
- 18.7. Як називають газовий розряд, через який у високівольтних електричних мережах зазнають втрат електроенергії?
- ? 18.8. Який газовий розряд використовують як дуже потужне джерело тепла та світла?
- ? 18.9. Як називають газовий розряд, що використовують в неоновій рекламі?
- ? 18.10*. Які частинки є вільними носіями заряду в напівпровідниках?
- ? 18.11*. Яку провідність має чистий германій?
- ? 18.12*. Що буде основним носієм вільних зарядів у кристалі силіцію, якщо в нього внести донорну домішку?
- ? 18.13*. Якого типу провідності набуває чистий силіцій, коли в нього вносять акцепторні домішки?
- ? 18.14*. Як залежить опір напівпровідника від температури та освітленості?
- ? 18.15*. Що таке фоторезистор? Для чого застосовують фоторезистори?
- ? 18.16*. Що таке терморезистор? Для чого застосовують терморезистори?

2-й рівень складності

- ? 18.17. У мідному провіднику тече електричний струм. Чи є всередині цього провідника електричне поле?
- ? 18.18. Відомо, що електричний струм — упорядкований рух заряджених частинок. Чи означає це, що під час протікання електричного струму в металах електрони перестали брати участь у хаотичному русі?

- 18.19. Чому заряджений електроскоп досить довго зберігає заряд у приміщенні з чистим повітрям і швидко розряджається у приміщеннях, де в повітрі є пил або дим?
- 18.20. До зарядженого електрометра піднесли запаленого сірника. Як змінюється відхилення стрілки приладу? Поясніть це явище.
- 18.21. Як вплине на коронний газовий розряд опромінення повітря рентгенівськими променями? Відповідь поясніть.
- 18.22. Чому заряджений електроскоп дуже швидко розряджається, якщо поряд із ним працює рентгенівська трубка?
- 18.23*. Як виникають дірки в чистих напівпровідниках? Чому дірку можна розглядати як частинку з позитивним зарядом?
- 18.24*. Чому під час виробництва напівпровідникових матеріалів для електронної промисловості вживають надзвичайних засобів забезпечення хімічної чистоти?
- 18.25*. Яку провідність має германій з домішкою індію*?

Al ^{26,981} ¹³ Алюміній	Si ^{28,086} ¹⁴ Силіцій	P ^{30,973} ¹⁵ Фосфор
²¹ _{44,956} Sc Скандій	²² _{47,90} Ti Титан	²³ _{50,941} V Ванадій
Ga ^{69,72} ³¹ Галій	Ge ^{72,59} ³² Германій	As ^{74,921} ³³ Арсен
³⁹ _{88,906} Y Ітрій	⁴⁰ _{91,22} Zr Цирконій	⁴¹ _{92,906} Nb Ніобій
In ^{114,82} ⁴⁹ Індій	Sn ^{118,69} ⁵⁰ Станум Олово	Sb ^{121,75} ⁵¹ Стибій

До задач 18.25—18.28

* У цій і наступних задачах скористайтеся наведеним на рисунку фрагментом Періодичної системи елементів, що містить елементи III, IV та V груп.

- 18.26*. Які частинки будуть основними носіями вільних зарядів у кристалі силіцію, якщо в нього внести домішку стибію?
- ? 18.27*. Яку провідність має кристал германію з невеликою кількістю домішки арсену?

3-й рівень складності

- ? 18.28*. У сучасній електроніці практично повністю перейшли на використання кристалічної сполуки — арсеніду галію — як напівпровідникового матеріалу. Яку провідність має кристал арсеніду галію, якщо кількості атомів As і Ga в ньому однакові? Як потрібно змінити кількість атомів цих речовин, щоб отримати напівпровідник *p*-типу? *n*-типу?
- ? 18.29*. На чому ґрунтується дія напівпровідникового діода? Для чого застосовують напівпровідникові діоди?
- ? 18.30*. Для чого застосовують транзистори?

Задачі для допитливих

- 18.31. У кожному кубічному сантиметрі всередині провідника міститься $2 \cdot 10^{22}$ вільних електронів. З якою середньою швидкістю електрони упорядковано рухаються по провіднику, якщо сила струму в ньому дорівнює 8 А? Площа поперечного перерізу провідника становить 1 мм^2 .
- 18.32. У вакуумі електрон під дією електричного поля проходить між двома точками, напруга між якими становить 1,5 В. Якої швидкості набуває електрон? Уважайте, що його початкова швидкість дорівнювала нулю.

ВІДПОВІДІ, ВКАЗІВКИ, РОЗВ'ЯЗАННЯ

1.10. 4 °С. 1.11. На 3 см. 1.12. Висота стовпчика води змінюється залежно від погоди (від атмосферного тиску). 1.15. Час вирівнювання температур зменшиться (теплопередача прискориться). 2.6. Значення кута не змінюється. 2.8. Пластинка прогнеться опуклістю вгору. 2.11. Висота стовпчика зменшувалася б унаслідок підвищення температури. 2.12. Збільшується. 2.14. Вода розширюється та стискає повітряну бульбашку. 3.16. *Розв'язання.* Туман — це маленькі краплинки води, що утворюються з водяної пари. Сама ж водяна пара невидима. 3.19. *Розв'язання.* Молекули, що переносять запахи, змінюють напрям руху після кожного зіткнення з іншими молекулами. Тому вони рухаються в повітрі не прямолінійно, а дуже заплутаними ламаними лініями. Щоб запах поширився на певну відстань, молекули мають пройти набагато більший шлях. 3.24. Силами притягання між молекулами. 5.9. $2,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$. 5.10. 0,5 кг. 5.11. 0,75 кг. 5.12. На 1,2 °С. 5.13. На 120 °С. 5.19. 170 кДж. 5.20. 540 кДж. 5.21. 80 кДж. 5.22. 7 кДж. 5.23. 550 кДж. 5.24. 200 МДж. 5.25. З алюмінію. 5.26. З олова. 5.27. Із цегли. 5.28. На 7,5 °С. 5.29. 510 кДж. 5.30. 1,2 МДж. 5.31. 49 МДж. 5.32. На 0,4 °С. 5.33. 2,5 кг. 5.34. На 0,5 °С. 5.35. На 0,1 °С. 5.36. 31 °С. 5.37. 3 л. 5.38. 220 л. 5.39. 83 °С. 5.40. 42 °С. 5.41. Зі срібла. 5.45. 1 — мідь, 2 — сталь, 3 — вода. 5.46. 900 кДж; 1 кВт. 5.47. На 45 °С. 5.48. На 0,15 °С. 5.49. На 50 °С. 5.50. Свинцева куля. 5.51. 37 °С. 5.52. 152 л холодної води та 48 л гарячої. 5.53. Теплові втрати були. 5.54. Гарячої води потрібно взяти більше на 2,4 г. 5.55. 810 м³. 5.56. Найбільшу — сталева, найменшу — алюмінієва. 5.57. Для нагрівання алюмінієвої деталі потрібна кількість теплоти, більша в 1,6 разу. 5.58. На 12 °С. 5.59. 5%. 5.60. Не може. 5.61. На 6 °С. 5.62. На 3,6 °С. 5.63. На 3,7 °С. 6.19. На 79 °С. 6.20. 480 МДж. 6.21. 4,7 МДж. 6.22. 33,5 кДж. 6.23. 1 кг. 6.24. 22 кДж. 6.25. 4,9 кДж. 6.26. 3,1 МДж. 6.27. 2,7 МДж. 6.28. 24 МДж. 6.29. 93 кДж. 6.30. 71 кДж. 6.31. У твердому стані; у 2 рази. 6.32. У другого металу; в 1,25 разу. 6.39. У середині порожнистого дна каструлі може бути, наприклад, натрій (його температура плавлення

становить саме 98°C). Розплавлений натрій під час кристалізації віддає тепло без зміни температури. **6.40.** Для плавлення олов'яного бруска; в 1,6 разу більша. **6.41.** Для плавлення сталевого циліндра; у 2,3 разу більша. **6.42.** 9,5 МДж. **6.43.** 0,79 кг. **6.44.** 0,63 кг. **6.45.** 2 кг. **6.46.** 245 г. **6.47.** 2,9 кг. **6.48.** -23°C .

6.49. 13,4 км. **6.50.** $1,6 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. **6.51.** 38°C . **6.52.** а) 20°C ; б) 0°C .

6.53. а) 0°C ; б) 10°C ; в) 19°C . **6.54.** 0°C . **6.55.** 0,1. **7.14.** За будь-якої температури; з підвищенням температури зростає швидкість випаровування. **7.18.** У склянці з водою, тому що ефір випаровується швидше та сильніше охолоджується. **7.20.** У сауні вологість повітря менша, тому випаровування поту ефективніше охолоджує тіло. **7.25.** Температура паперу не піднімається вище за температуру кипіння води. **7.27.** Під час конденсації водяної пари повітрю передається тепло, що запобігає подальшому зниженню температури. **7.30.** 5,4 МДж. **7.31.** 12,4 МДж. **7.32.** 1,2 МДж. **7.33.** 660 кДж. **7.34.** 150 кДж. **7.36.** Вода спочатку перетворюється на лід, а потім лід — на пару. **7.38.** Бульбашки пари потрапляють у менш нагрітий шар води та «склопуються» (пара конденсується). **7.41.** Вода кипітиме та замерзатиме. **7.43.** Відсутні центри пароутворення. **7.44.** Ні, оскільки за температури кипіння вона не може отримувати тепло від води в каструлі. **7.47.** Пара має більшу внутрішню енергію, під час її конденсації виділяється велика кількість теплоти. **7.48.** 85 г. **7.49.** 0,15 кг. **7.50.** 26°C .

7.52. 100°C . **7.53.** 100°C ; 98,5 %. **7.54.** $3,25 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. **8.5.** 0,5 кг.

8.6. 2 кг. **8.7.** $27 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$. **8.8.** На 190 МДж. **8.9.** Ні, треба врахувати й густину палива. **8.10.** 92 МДж. **8.11.** 320 кДж. **8.12.** В 1,6 разу. **8.13.** 192 МДж. **8.14.** На 95 МДж. **8.15.** 5 кг. **8.16.** 79°C . **8.17.** 2,15 км. **8.18.** 75 %. **8.20.** 72 г. **8.21.** 1,15 кг. **8.22.** 175 г. **8.23.** 2,4 т. **8.24.** 81 г. **8.25.** 63 г. **8.26.** Нагріти залізо до плавлення не можна. **8.27.** 39 %. **9.3.** Щоб не було накопичення вихлопних газів у тунелях. **9.4.** Щоб зменшити шкідливі викиди. **9.6.** На суднах; дизельні двигуни. **9.15.** Паливо подається, коли всередині циліндра стиснуте повітря під високим тиском. **9.17.** 30 %. **9.18.** 20 %. **9.19.** 33 %. **9.20.** 25 %. **9.21.** 40 %. **9.22.** 33 %. **9.23.** 2,9 кг. **9.24.** 97 МДж. **9.25.** 1,1 МВт. **9.26.** 1,7 млн т; 35 %. **9.27.** 13,6 т. **9.28.** 12 кВт.

9.29. $24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. **9.30.** 55 л. **10.32.** 8 нКл. **10.33.** -3 нКл. **10.36.** 3,2 нКл.
10.37. 300 мільярдів електронів. **10.38.** Заряд кожної кульки -4 нКл. **10.44.** Набуває. **10.45.** Від землі до кулі. **10.50.** Вони створюють на поверхні тіла провідний шар, через який заряди стікають. **10.51.** 2 мкН. **10.52.** 0,4 мг. **10.54.** Заряд лівої кульки позитивний, правої — негативний. **10.58. Розв'язання.** Очевидно, тіло мало негативний заряд. Кулька, якої торкнулося тіло, теж набула негативного заряду, тому відштовхування кульок змінилося на притягання. Коли кульки стикнулися, їх заряди стали однаковими, і кульки розійшлися. Оскільки вони розійшлися на початкову відстань, тепер заряди кульок дорівнюють $-q$. Отже, загальний заряд кульок змінився від $2q$ до $-2q$. Це свідчить, що тіло передало під час дотику заряд $-4q$. **10.60.** Краплі матимуть заряди одного знака, через їх відштовхування струмись розбризкається. **10.73.** Тіло передає весь заряд. **10.74.** Унаслідок перерозподілу зарядів у провідних тілах кулька та правий кінець стрижня набувають однойменних зарядів. **10.75.** Зображена ситуація можлива, якщо заряд маленької кульки достатньо великий. **10.76.** Збільшиться. **10.77.** Зменшиться. **10.78. Розв'язання.** Між кульками діє сила відштовхування. Якщо збільшити відстань між ними, ця сила виконає додатну роботу (наприклад, надасть кулькам кінетичної енергії). Із закону збереження енергії випливає, що потенціальна енергія взаємодії кульок при цьому зменшиться. Якщо ж зменшити відстань між кульками, потенціальна енергія взаємодії між ними збільшиться. **10.80.** Вода теж притягається до зарядженої палички. На воді утворюється гірка, з якої голка з'їжджає. **11.3.** 20 мкН. **11.4.** 45 мкН. **11.5.** 12 см. **11.6.** 2,4 см. **11.10.** $\pm 0,3$ мкКл. **11.11.** ± 5 нКл. **11.12.** Замість притягання виникне відштовхування; модуль сили збільшиться в 3 рази. **11.13.** Замість притягання виникне відштовхування; модуль сили збільшиться у 2 рази. **11.14.** Замість притягання виникне відштовхування; модуль сили зменшиться в 1,25 разу. **11.15.** 58 мкН. **11.16.** $8,3 \cdot 10^{11}$. **11.17.** 5 см. **11.18.** 18 мг. **11.19.** 760 мкН, 40 мкН. **11.20.** На відрізок між зарядами, на відстані 6 см від більшого заряду.

11.21. 2,25 нКл; на відстані 4 см від негативного заряду і 12 см — від позитивного. 11.23. 5,6 і $-1,6$ нКл або $-5,6$ і $1,6$ нКл. 12.5. Струм потече в бік землі, вільні електрони в дроті рухатимуться в протилежному напрямі. 12.12. Так, виникає. 13.11. Від негативного полюса до позитивного. 13.12. Ці напрями протилежні. 13.17. Рис. 1. 13.18. Рис. 2. 13.19. Рис. 3. 13.20. Рис. 4. 13.21. Рис. 5. 13.23. Рис. 6. 13.24. Через рейки. 13.25. Через металевий корпус двигуна. 13.26. Рис. 7. 13.27. Рис. 8. 13.28. Рис. 9. 13.29. Рис. 10.

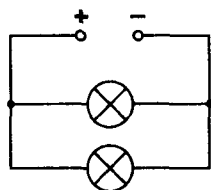


Рис. 1

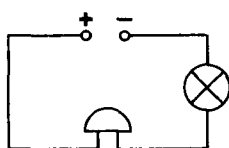


Рис. 2

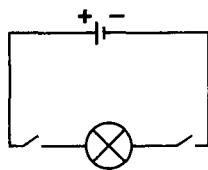


Рис. 3

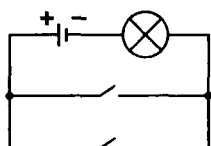


Рис. 4

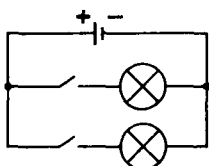


Рис. 5

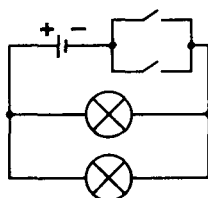


Рис. 6

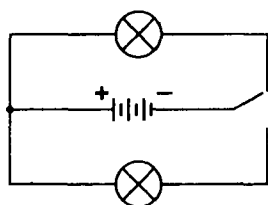


Рис. 7

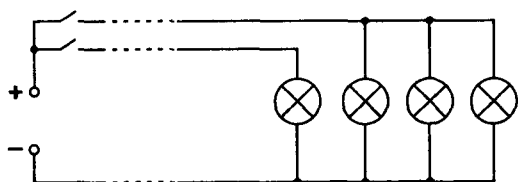


Рис. 8

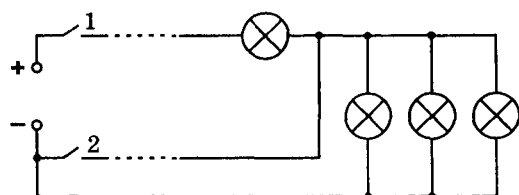


Рис. 9

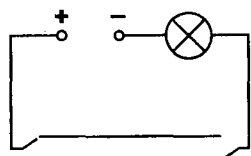


Рис. 10

14.13. 6 В. 14.14. 12 В. 14.15. 0,9 А. 14.17. 30 Ом. 14.18. 5 Ом.
 14.19. 880 Ом. 14.20. 4 Ом. 14.21. $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 4$ Ом,
 $R_3 = 1$ Ом. 14.22. 0,8 В. 14.23. 7,2 В. 14.25. 0,6 А. 14.26. 1,1 Ом.
 14.27. 1 Ом. 14.28. 400 Ом. 14.33. Збільшаться. 14.34. Збіль-
 шаться. 14.35. 144 кКл. 14.36. 36 кКл. 14.37. 75 хв.
 14.38. $5 \cdot 10^{14}$. 14.39. $1,5 \cdot 10^{14}$. 14.40. 60 Кл. 14.41. 0,6 Дж.
 14.46. а) Вольтметр, 10 В; б) амперметр, 2 А; в) кілоампер-
 метр, 0,05 кА; г) мілівольтметр, 10 мВ; д) мікроамперметр,
 5 мкА. 14.47. У приладу б; 0,1 В. 14.48. а) 1,4 мА; б) 0,3 мкА;
 в) 5 А. 14.49. а) 7,5 В; б) 10 мВ; в) 3,6 кВ. 14.50. б) Див.
 рис. 11. 14.55. 2 мм². 14.56. 0,84 мм². 14.57. 20 м. 14.58. 95 м.

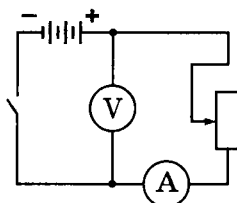


Рис. 11

14.59. 1 км. 14.60. 200 м. 14.61. 6,25 мм². 14.62. 10 мм².
 14.63. 2,8 Ом. 14.64. 210 Ом. 14.65. $0,24 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$. 14.68. За
 ходом годинникової стрілки. 14.69. 8 Ом; 32 Ом. 14.70. 4,4 А.
 14.71. 1,25 А. 14.72. 5 В. 14.73. 154 В. 14.74. Напрямок стру-
 му залежить від того, заряджається акумулятор чи жи-
 вить електрообладнання автомобіля. 14.76. 30 А; 0,1 мА;
 0,1 мА. 14.77. $R_2 = 1,25R_1$. 14.78. Збільшився в 16 ра-
 зів. 14.79. 12,5 Ом. 14.80. Той, що має менший діаметр.
 14.81. Стрижень більшої довжини. 14.82. Реостат а; у 2,25 ра-
 зу. 14.83. Розв'язання. Опір реостата $R = \rho \frac{l}{S}$, де ρ — пито-
 мий опір нікеліну, l — довжина проводу, S — площа його
 поперечного перерізу. Очевидно, довжина проводу $l = N \cdot \pi D$,
 а його діаметр $d = \frac{L}{N}$. Ураховуючи, що $S = \frac{\pi d^2}{4}$, отримуємо
 $R = \frac{4N^3 \rho D}{L^2} = 5$ Ом. 14.84. Показання першого вольтметра змен-
 шаться, другого — не зміняться. 14.85. 1 км. 14.86. Можна.
 14.87. З алюмінію (його маса буде меншою). 15.7. 45 Ом.
 15.8. 48 Ом. 15.16. 96 мВ; 32 мВ; 128 мВ. 15.17. 3 А; 6 В.

15.19. 276 Ом. 15.20. 8 Ом. 15.21. Напруга на нікеліновому дроті більша в 15 разів. 15.24. 9,6 В. 15.25. 1 А. 15.26. 2 В. 15.27. 7 В. 15.28. Від 50 до 250 Ом. 15.29. 2,3 Ом. 15.34. Після замикання ключа показання амперметра збільшаться. 15.36. Зменшаться. 15.37. 5 Ом. 15.38. 96 Ом. 15.41. 1,1 А. 15.42. 30 Ом. 15.43. 0,5 А. 15.44. 0,5 А. 15.45. 80 мА; 120 мА; 200 мА. 15.46. $R_1 = 9R_2$; 22 Ом. 15.47. $\frac{1}{4}$. 15.48. $\frac{6}{7}$. 15.49. По мідному; у 5,9 разу. 15.50. По ніхромовому; 0,28. 15.51. 2 Ом. 15.52. 27 Ом. 15.53. 1,8 Ом; 0,6 А; 0,4 А; 0,3 А. 15.54. 5,5 і 60 Ом. 15.56. а) 18 Ом; б) 9 Ом; в) 4 Ом. 15.57. а) 0,5 А; б) 1 А; 0,5 А; 0,5 А; в) 1,5 А; 0,75 А; 0,75 А. 15.58. 100 Ом; 0,3 А; 0,1 А; 0,2 А; 0,2 А. 15.59. 6 резисторів, див. рис. 12. 15.60. 6 резисторів, див. рис. 13. 15.62. 25 мА; 50 мА.

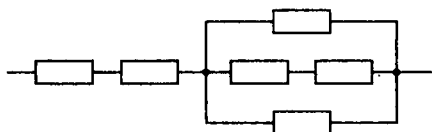


Рис. 12

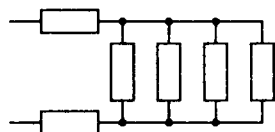


Рис. 13

15.63. При послідовному з'єднанні опір більший у 6,25 разу. 15.64. 30 і 90 Ом. 15.65. а) 250 Ом; б) 160 Ом; в) 160 Ом; г) 250 Ом. 15.66. У 6 разів. 15.67. 2 Ом. 15.68. 0,02 Ом. 15.69. У 4 рази. 15.70. 90 кОм. 15.71. 24 кОм. 15.72. 40 Ом. 15.73. 50 мА. 15.74. 2 Ом. 15.75. На 0,008%. 15.76. Показання всіх приладів збільшаться в 1,2 разу. 15.77. Показання амперметра зменшаться, вольтметра — збільшаться. 15.78. 1,5 А. 15.79. 22 В. 15.80. $I_1 = I_5 = 100$ мА, $I_3 = 75$ мА, $I_2 = I_4 = I_6 = 25$ мА. 15.81. $U_1 = U_5 = 4$ В, $U_3 = 3$ В, $U_2 = U_4 = U_6 = 1$ В. 15.82. Розв'язання. а) У цьому випадку резистори 2 і 3 з'єднані послідовно, $R_{2-3} = R_2 + R_3 = 2r$. Резистор 4 приєднаний до ділянки кола 2-3 паралельно, отже, $R_{2-3-4} = \frac{R_{2-3}R_4}{R_{2-3} + R_4} = \frac{2r}{3}$. Оскільки резистор 1 з'єднаний із розглянутою ділянкою кола послідовно, повний опір кола $R = R_{2-3-4} + R_1 = \frac{5r}{3}$. Отже, за законом Ома повна сила струму в колі $I = \frac{U}{R} = \frac{3U}{5r}$. Напруга на ділянці 2-3-4

(вона дорівнює напрузі на резисторі 4) $U_{2-3-4} = IR_{2-3-4} = \frac{2U}{5}$.

Отже, $I_4 = \frac{U_{2-3-4}}{R_4} = \frac{2U}{5r} = 0,12$ А. б) У цьому випадку резистор 2

«закорочено», тобто напруга на ньому дорівнює нулю. Струм не тече через цей резистор; отже, його можна видалити з кола, не змінюючи сили струму в решті резисторів. Еквівалентна схема зовнішньої частини кола зображена на рис. 14. Повний

опір кола дорівнює $1,5r$, сила струму в колі $I = \frac{2U}{3r}$. Через резистор 4 тече половина цієї сили струму; отже, $I_4 = \frac{U}{3r} = 0,1$ А.

15.83. а) 60 Ом; б) 20 Ом; в) 36 Ом. **15.84.** а) 45 Ом; б) 40 Ом.

15.85. Схема а дозволяє найточніше вимірювати малі опори, схема б — великі опори. **15.86.** Розв'язання. Щоб отримати

простішу еквівалентну схему цього кола, можна скористатися його симетрією. Наприклад, можна частково розірвати з'єднання в центральній точці (рис. 15, а). Очевидно, навіть

якщо «повернути» з'єднання точок С і D, струм між ними не потече. Опори правої та лівої частин каркаса дорівнюють по 18 Ом. Оскільки ці частини з'єднані одна з одною паралельно,

опір каркаса дорівнює 9 Ом. Можна отримати й іншу еквівалентну схему, якщо з'єднати симетричні точки (рис. 15, б). Верхня та нижня частини каркаса в цьому випадку містять

паралельні з'єднання двох і чотирьох відрізків. Отже, загальний опір каркаса $R = 2\left(\frac{6 \text{ Ом}}{2} + \frac{6 \text{ Ом}}{4}\right) = 9$ Ом. **15.87.** 5 Ом.

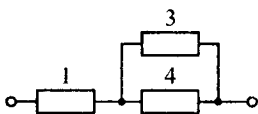


Рис. 14

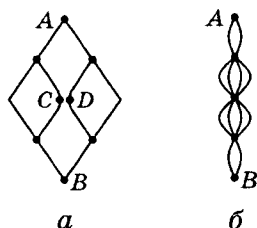


Рис. 15

15.88. 60 Ом. **15.89.** 4 Ом. **15.90.** Точки приєднання мають ділити кільце в співвідношенні 2 : 1. **15.91.** 5,6 Ом. **15.92.** 3,2 Ом.

16.9. 108 Вт. **16.18.** Зменшиться. **16.19.** Зменшиться. **16.20.** Збільшиться. **16.21.** 2,2 кВт. **16.22.** 24 Вт. **16.23.** 220 В.
16.24. 220 В. **16.25.** 0,1 А. **16.26.** 10 А. **16.27.** $0,42 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.
16.28. $0,22 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$. **16.29.** В обох випадках розжарення ламп 2 і 3 однакове, а розжарення лампи 1 сильніше. **16.30.** а) 27 мВт; б) 54 мВт; в) 0,12 Вт. **16.31.** 66 Вт. **16.33.** За більшої швидкості протягом хвилини тролейбус проходить більший шлях; отже, виконується більша робота проти сил опору рухові й витрачається більше електроенергії. **16.34.** Яскравіше світитиме лампа з більшим опором, номінальна потужність якої 60 Вт. **16.35.** Розв'язання. За наведеними даними можна визначити опори ламп: $R_1 = \frac{U^2}{P_1}$, $R_2 = \frac{U^2}{P_2}$. Отже, сила струму в послідовно з'єднаних лампах $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{P_1 P_2}{U(P_1 + P_2)}$. Напруги на лампах $U_1 = IR_1 = \frac{UP_2}{P_1 + P_2} = 73$ В, $U_2 = IR_2 = \frac{UP_1}{P_1 + P_2} = 147$ В. Потужності струму в лампах $P_{1\text{ посл}} = U_1 I = \frac{P_1 P_2^2}{(P_1 + P_2)^2} = 13$ Вт, $P_{2\text{ посл}} = \frac{P_2 P_1^2}{(P_1 + P_2)^2} = 27$ Вт. Зазначимо, що навіть загальна потужність струму в обох лампах менша від номінальної потужності будь-якої з ламп. **16.36.** Не можна, тому що на лампі з більшим опором напруга набагато перевищить 110 В і ця лампа перегорить. **16.37.** 240 А. **16.38.** $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. **16.39.** 10 кДж. **16.40.** 0,59 МДж. **16.41.** 57 А. **16.42.** 75%. **16.43.** 0,5 л. **16.44.** 3,5 м. **16.45.** 3 кг. **16.46.** 9 ламп; 2 Ом. **16.47.** За 16 хв при послідовному з'єднанні, за 3 хв — при паралельному. **16.48.** 22 мс. **17.3.** 1,1 г. **17.4.** 16,5 г. **17.5.** 0,4 г. **17.6.** 0,15 г. **17.9.** 2,9 кКл. **17.10.** 18 кКл. **17.11.** 6,7 А. **17.12.** 9,8 А. **17.13.** За 2,5 год. **17.14.** 1 год 45 хв. **17.15.** $3 \cdot 10^{-7} \frac{\text{КГ}}{\text{Кл}}$. **17.16.** 15 мкм. **17.17.** 36 мкм. **17.18.** 1 год. **17.19.** 6 год. **17.20.** 1,9 МДж. **17.21.** 7,3 ГДж. **17.23.** У ванні 3.

17.24. а) Кількість заліза однакова; б) кількість заліза більша у ванні з більш концентрованим розчином. **17.25.** $1,1 \cdot 10^{13}$ Дж.
17.26. $4,7 \cdot 10^9$ Кл. **17.27.** $0,1 \frac{\text{мкМ}}{\text{с}}$. **17.28.** $1,8 \cdot 10^9$ Кл. **18.2.** Хаотично. **18.3.** Опір збільшується під час нагрівання. **18.7.** Коронний розряд. **18.8.** Дуговий розряд. **18.9.** Тліючий розряд. **18.12.** Вільні електрони. **18.19.** *Розв'язання.* Розряд електроскопа — це процес протікання струму через повітря, що оточує електроскоп. У чистому повітрі практично немає вільних носіїв зарядів, і тому електроскоп не розряджається. Частинки ж пилу або диму притягуються до кулі електроскопа. Після дотику їм передається частка заряду кулі, унаслідок кулонівського відштовхування частинки уносять цей заряд. **18.25.** Діркову. **18.26.** Вільні електрони. **18.27.** Електронну. **18.28.** Кількості вільних електронів і дірок однакові; для отримання напівпровідника *p*-типу треба збільшити кількість атомів Ga, для отримання напівпровідника *n*-типу — кількість атомів As. **18.31.** $2,5 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$. **18.32.** $730 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.

ВІДПОВІДІ ДО ТЕСТІВ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

До § 3

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Г	А	Г	Г	Г	А

До § 11

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Б	В	Б	Г	Б	В

До § 4

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Б	В	Г	В	Б	В

До § 13

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Б	Б	Г	Г	В	А

До § 5

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Г	Г	Б	Б	А	А

До § 14

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	А	В	А	Б	Б	А

До § 6

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Б	Г	В	В	В	Г

До § 15

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	В	Б	Б	В	Г	А

До § 7

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Г	Б	Б	Б	Б	В

До § 16

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Б	Г	Г	А	Б	В

До § 9

Завдання	1	2	3	4	5	6
Відповідь	Б	Б	Г	Б	В	А

ДОДАТОК

ДОВІДКОВІ ТАБЛИЦІ

Прискорення вільного падіння $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$

Елементарний електричний заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл

Маса електрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг

ГУСТИНА ТВЕРДИХ ТІЛ

Речовина	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Речовина	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Алюміній	2700	2,7	Свинець	11300	11,3
Лід	900	0,9	Срібло	10500	10,5
Мідь	8900	8,9	Сталь	7800	7,8
Нікель	8900	8,9	Хром	7200	7,2
Олово	7300	7,3	Цегла	1600	1,6

ГУСТИНА РІДИН

Речовина	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	Речовина	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Бензин	700	0,7	Масило	800	0,8
Вода	1000	1,0	Спирт	800	0,8
Гас	800	0,8	Паливо дизельне	800	0,8

ГУСТИНА ГАЗІВ (за нормальних умов)

Речовина	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Речовина	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Водень	0,09	Повітря	1,29

ТЕПЛОВІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН

Тверді тіла

Речовина	Питома теплоємність, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Температура плавлення, $^\circ\text{C}$	Питома теплота плавлення, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
Алюміній	0,92	660	390
Вольфрам	0,13	3387	190
Деревина	2,40		
Залізо	0,46	1535	270
Золото	0,13	1065	67
Лід	2,10	0	330
Мідь	0,40	1087	210
Натрій	1,20	98	110
Олово	0,23	232	59
Свинець	0,14	327	25
Срібло	0,25	962	87
Сталь	0,50	1400	84
Цегла	0,88		
Чавун	0,54	1200	96

Рідини

Речовина	Питома теплоємність, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Температура кипіння*, $^\circ\text{C}$	Питома теплота пароутворення**, $\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$
Вода	4,2	100	2,3
Ефір	2,3	35	0,4
Масило	1,7		
Спирт	2,5	78	0,9

* За нормального атмосферного тиску.

** За нормального атмосферного тиску та температури кипіння.

ПИТОМА ТЕПЛОТА ЗГОРЯННЯ ПАЛИВА

Речовина	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$	Речовина	$q, \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$
Антрацит	30	Дрова сухі (дуб)	10
Бензин	46	Паливо дизельне	42
Вугілля деревне	34	Порох	4
Вугілля кам'яне	27	Природний газ	44
Газ	46	Спирт	27

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН

Питомий опір провідників

Речовина	$\rho, 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$	$\rho, \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
Алюміній	2,8	0,028
Залізо	10	0,10
Константан	50	0,50
Мідь	1,7	0,017
Нікелін	42	0,42
Ніхром	110	1,1
Свинець	21	0,21
Срібло	1,6	0,016
Сталь	12	0,12

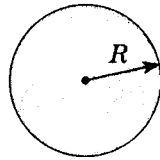
Електрохімічний еквівалент речовин

Речовина	$k, 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$	Речовина	$k, 10^{-7} \frac{\text{кг}}{\text{Кл}}$
Алюміній (Al^{3+})	0,93	Нікель (Ni^{2+})	3,0
Водень (H^+)	0,10	Срібло (Ag^+)	11
Залізо (Fe^{3+})	1,9	Хром (Cr^{3+})	1,8
Мідь (Cu^{2+})	3,3	Цинк (Zn^{2+})	3,4
Мідь (Cu^+)	6,6		

МАТЕМАТИЧНИЙ ДОВІДНИК

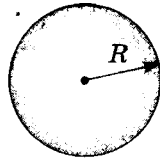
Довжина кола $l = \pi D = 2\pi R$

Площа круга $S = \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2$



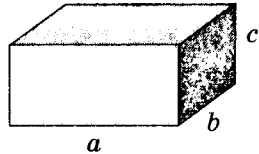
Площа поверхні кулі $S = 4\pi R^2$

Об'єм кулі $V = \frac{4}{3}\pi R^3$



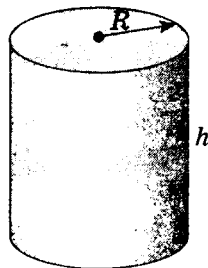
Об'єм прямокутного
паралелепіпеда

$$V = abc$$



Об'єм циліндра

$$V = \pi R^2 h$$



ЗМІСТ

Передмова.....	3
----------------	---

РОЗДІЛ 1. ТЕПЛОВІ ЯВИЩА

1. Температура. Вимірювання температури.....	4
2. Теплове розширення.....	7
3. Агрегатні стани речовини.....	9
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	11
4. Внутрішня енергія. Кількість теплоти. Види теплообміну.....	12
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	18
5. Питома теплоємність. Рівняння теплового балансу.....	19
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	28
6. Кристалічні та аморфні тіла. Плавлення та кристалізація.....	29
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	36
7. Пароутворення та конденсація. Кипіння.....	38
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	44
8. Згоряння палива.....	45
9. Теплові машини.....	49
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	53

РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ

10. Електричний заряд, електричне поле.....	55
11. Закон Кулона.....	66
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	70
12. Електричний струм. Дії електричного струму.....	71
13. Джерела струму. Електричне коло.....	74
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	78
14. Сила струму та напруга. Закон Ома для ділянки кола.....	79
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	94
15. Послідовне й паралельне з'єднання провідників.....	96
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	112
16. Робота й потужність струму. Закон Джоуля – Ленца.....	114
<i>Тест для самоперевірки.....</i>	121
17. Електроліти та електроліз.....	122
18. Електричний струм у різних середовищах.....	126
Відповіді, вказівки, розв'язання.....	130
Відповіді до тестів для самоперевірки.....	139
Додаток.....	140

Природа проста і не розкошує зайвими причинами речей.

Ісаак Ньютон

Видання є складовою навчально-методичного комплексу «Фізика-8», до якого входять:

- Підручник
- **Збірник задач**
- Зошит для лабораторних робіт
- Зошит для контролю навчальних досягнень
- Розробки уроків

Збірник задач містить:

- різні типи фізичних задач: якісні, розрахункові, графічні
- задачі для допитливих
- приклади розв'язування задач
- відповіді, вказівки, розв'язання
- довідкові таблиці
- математичний довідник
- тести для самоперевірки

Збірник задач вирізняє:

- ✓ рівнева диференціація задач
- ✓ оптимальна кількість однотипних задач



ISBN 978-617-09-2811-5



9 786170 928115

ВИДАВНИЦТВО
РАНOK

Навчально-методична література видавництва «РАНOK»

УСІ КНИГИ ТУТ!

📖 **КУПИТИ:** WWW.RANOK.COM.UA

📄 **ЗАВАНТАЖИТИ:** WWW.E-RANOK.COM.UA

📧 **ЗАМОВИТИ:** (057) 727-70-90, pochta@ranok.com.ua