ШКІЛЬНИЙ СВІТ ЕКСПЕРТ у галузі освіти

Бібліотека «Шкільного світу»

Олімпіади з фізики

Завдання та розв'язки

Бібліотека «Шкільного світу»
Заснована у 2003 р.

ОЛІМПІАДИ З ФІЗИКИ

Завдання та розв'язки

Фізика. Бібліотека

Київ
Редакції газет природничо-математичного циклу
«Видавничий дім «Перше вересня»
2015

УДК 373.5.091.27:53(076)
ББК 74.200.58я7+22.3я7
О-54

Упорядник:
Роман Балабан — методист із навчальних дисциплін (фізика, астрономія, інформатика) міського методичного кабінету департаменту освіти Вінницької міської ради

Рецензент:
Юрій Пасіхов — учитель фізики та інформатики, заступник директора з інформаційних технологій, завідувач лабораторії інформаційно-комунікаційних технологій фізико-математичної гімназії № 17, м. Вінниця

Олімпіади з фізики : завдання та розв'язки / упоряд. Р. Балабан. —
О-54 К. : Редакції газет природничо-математичного циклу, 2015. — 112 с. — (Бібліотека «Шкільного світу»).
ISBN 978-966-451-000-1
ISBN 978-966-2755-57-2

Збірник містить авторські завдання II етапу Всеукраїнської олімпіади юних фізиків, що були запропоновані учням 7—11-х класів протягом останніх років у місті Вінниці. Структуровані за класами задачі — умови, розв'язування, ілюстрації — допоможуть швидко та ефективно підготувати учнів до участі в I та II етапах олімпіади з фізики.

Для учителів фізики, студентів педагогічних ВНЗ фізико-математичних спеціальностей, учнів, які цікавляться фізикою.

УДК 373.5.091.27:53(076)
ББК 74.200.58я7+22.3я7

ISBN 978-966-451-000-1 (б-ка «Шк. світу»)
ISBN 978-966-2755-57-2

ЗМІСТ

ДО ЧИТАЧА

Як розвинути інтерес учнів до вивчення фізики?

Як зацікавити їх власне процесом набуття знань і навчальним матеріалом?

Як можна реалізувати невиявлені можливості учнів?

Один зі способів вирішення цих проблем — це *залучення учнів до участі в олімпіаді з фізики.* Саме під час виконання олімпіадних завдань учні мають можливість випробувати власні сили, самостійно робити висновки та узагальнення, розширити свій світогляд. Саме тому основна ***мета олімпіади з фізики*** — залучити якомога більше учнів, виховувати самостійність мислення, волю, завзятість у досягненні мети, відчуття відповідальності за виконану роботу.

Кожен, хто займався підготовкою та проведенням фізичної олімпіади, погодиться з тим, що дуже важливо вдало дібрати завдання. Вони мають бути достатньо складними, нестандартними, цікавими та навіть містити певну «хитринку». Хороша олімпіадна задача — це інтелектуальний продукт високого рівня, оскільки не кожен викладач її створить, а не кожен школяр-відмінник її розв'яже.

У збірнику вміщено понад 100 складених вінницькими учителями олімпіадних завдань, що відповідають названим вище вимогам. Вони можуть бути використані під час підготовки учнів до участі в олімпіаді, а також під час складання завдань I та II етапів олімпіади з фізики.

Зазвичай для успішної участі в олімпіадних змаганнях учні повинні володіти знаннями та вміннями, що не виходять за межі шкільної програми. Але для розв'язування олімпіадних завдань недостатньо лише вміти застосовувати стандартний алгоритм, потрібні також чітке розуміння основних законів фізики, уміння творчо використовувати фізичні закони для пояснення фізичних явищ, високий рівень асоціативного мислення і, звичайно, кмітливість.

Поради щодо ефективної підготовки учнів до участі в олімпіаді:

- виявляти обдарованих і здібних учнів, планувати роботу з ними протягом усього навчального року, цілеспрямовано готуючи їх до участі у відповідних змаганнях;
- до участі в олімпіаді I (шкільного) етапу залучати всіх здібних та зацікавлених школярів;
- під час шкільної олімпіади обов'язково пропонувати експериментальні завдання;

- під час підготовки школярів до участі в учнівській олімпіаді з фізики слід розглянути з ними методику розв'язування нестандартних задач, розв'язувати задачі олімпіад попередніх років, повторити вивчений за попередні роки матеріал, розглянути його практичну складову;
- давати учням індивідуальні домашні завдання — підвищеної складності, олімпіадні та нестандартні задачі;
- під час розв'язування задач на уроках слід приділяти особливу увагу кресленню схем і графіків;
- брати активну участь у тренінгах, консультаціях, діяльності тимчасових творчих колективів, спрямованих на підвищення фахової майстерності вчителів фізики щодо підготовки учнів до Всеукраїнської учнівської олімпіади з фізики.

Як правильно організовувати підготовчі заняття?

По-перше, матеріал кожного заняття має відповідати дидактичному принципу «від простого до складного» і бути спрямованим на формування в учнів знань про методи розв'язування певного типу фізичних задач. *По-друге,* спочатку слід розглянути основні завдання обраної теми, усі можливі способи розв'язування завдань. *По-третє,* формувати вміння розв'язувати олімпіадні завдання, що містять усі необхідні елементи. *По-четверте,* дібрати та запропонувати такі види задач для самостійного розв'язування.

Обов'язкова умова полягає в тому, що навчання розв'язування олімпіадних завдань має бути систематичним. Математик, автор кількох книжок про те, як люди розв'язують задачі та як потрібно вчити їх розв'язувати, Д. Пойа, писав: *«Розв'язування задач — це практичне мистецтво, подібне до плавання, катання на лижах чи гри на фортепіано; навчитись його можна, лише беручи приклад із кращих зразків і постійно практикуючись... Та пам'ятайте, якщо ви хочете навчитись плавати, то сміливо входьте у воду, а якщо хочете навчитись розв'язувати задачі, то розв'язуйте їх».*

Отож нехай ці поради та запропоновані в збірнику завдання допоможуть вам підготувати школярів до гідного виступу на інтелектуальних змаганнях усіх рівнів та зацікавити учнівську молодь у вивченні фізики.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ 7 КЛАСУ

УМОВИ ЗАВДАНЬ

7.1. Як за допомогою досліду можна визначити процентний уміст солі в морській воді, використовуючи чутливі терези?

7.2. Мама попросила Катрусю та Сашка охайно скласти свої іграшкові кубики. Скільки часу потрібно дітям для того, щоб укласти в ряд кубики об'ємом 1 дм^3 кожний, узяті в такій кількості, скільки вміщується їх у 0,25 м^3? На укладання дитиною одного кубика витрачається 1 с.

7.3. Миколка з батьком вирішив зібрати урожай смородини. Для цього він узяв іграшкове відерце, що схоже за формою на звичайне відро, проте висота іграшкового відерця в 4 рази менша. Скільки іграшкових відерець із смородиною потрібно висипати Миколці у звичайне відро, щоб наповнити його?

7.4. Маса пробірки, у яку по вінця налили води, становить 44 г. Після того, як у пробірку занурили шматок металу масою 10 г, маса пробірки з вмістом становила 53 г. Яка густина металу?

7.5. Спробуйте визначити масу скирти соломи, знаючи густину речовини. Опишіть, як це зробити.

7.6. Як за допомогою терезів можна визначити площу будь-якої плоскої фігури, вирізаної із жерсті? *(Гончаренко С. У., Корженевич Є. Л. Задачі для фізичних олімпіад. — К.: Радянська школа, 1975. — 168 с.)*

7.7. За добу молодий бамбук може вирости на 86,4 см. На скільки він виросте за 1 с? *(Лукашик В. И. Физическая олимпиада в 6—7 кл. средней школы: пособ. для уч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Просвещение, 1987. — 192 с.)*

7.8. Вінницька телевізійна вежа висотою 350 м важить 10 000 т. Яку масу мала б точна модель цієї вежі висотою 35 см? *(Лукашик В. И. Физическая олимпиада в 6—7 кл. средней школы: пособие для учащихся. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Просвещение, 1987. — 192 с. Задача перероблена автором-упорядником.)*

7.9. У склянку налито два шари води однакової маси при температурах 0 °С та 8 °С. Чи зміниться загальний об'єм рідини під час вирівнювання температур? *(Гольфарб Н. И. Сборник вопросов и задач по физике: учеб. пособ. — 5-е изд. — М.: Высшая школа, 1982. — 351 с. Задача адаптована упорядником для учнів 7-го класу.)*

7.10. Сплав містить у своєму складі олово масою 2 кг і свинець масою 500 г. Яка густина сплаву, якщо вважати, що об'єм сплаву рівний сумі об'ємів його складових частин? Густина олова становить 7300 кг/м^3, а густина свинцю — 11300 кг/м^3.

7.11. Як визначити густину невідомої рідини, скориставшись лише склянкою, водою та терезами з важками?

7.12. У скільки разів відрізняються маси суцільного кубика з довжиною ребра 8 см та порожнистого кубика таких самих розмірів із товщиною стінок 2 см, що виготовлений із того самого матеріалу?

7.13. За спеціальним замовленням було виготовлено з міді збільшену копію футбольного кубка «Євро — 2012». Для цього витрачено стільки ж міді, скільки для виготовлення 343 звичайних кубків «Євро — 2012». Скільки звичайних кубків можна було б пофарбувати тією фарбою, якою пофарбували цю збільшену копію?

7.14. Чому дві частини розбитої чашки не можна з'єднати, навіть міцно притиснувши їх одна до одної, а шматки пластиліну чи глини з'єднати можна, легко стискуючи їх руками?

7.15. У шматку кварцу, маса якого становить 102,5 г, є невеликий самородок золота. Густина шматка становить 7,98 г/см^3. Визначте масу золота, що міститься у кварці, якщо густина кварцу становить 2,65 г/см^3, а золота — 19,36 г/см^3.

7.16. На поверхню води вилили 100 л нафти. Яку площу займе розлита нафта, якщо товщину шару вважати рівною 1/4000 мм?

7.17. Еритроцити крові людини — це диски діаметром $7 \cdot 10^{-6}$ м і товщиною 10^{-6} м. У 1 мм^3 крові міститься близько $5 \cdot 10^6$ таких дисків. Якщо в дорослої людини є 5 л крові, то скільки в ній міститься еритроцитів?

7.18. Залізобетон — це з'єднання бетону та залізної арматури в єдину конструкцію. Чому як арматуру використовують саме залізо, а не інші метали?

7.19. Чому після миття підлоги в кімнаті відчувається прохолода?

7.20. Чому тепла та рідка їжа краще засвоюється організмом?

7.21. Набір містить 30 тягарців: 1 г, 2 г, 3 г, 4 г, 5 г, 6 г, ..., 30 г. 1) Яка загальна маса набору тягарців? 2) З набору забрали 10 тягарців загальною масою, що становить третину від початкової маси. Чи можна розкласти решту тягарців на дві шальки терезів так, щоб ті перебували в рівновазі? Якщо так, то запропонуйте послідовність дій.

7.22. Кахельна плитка має форму прямокутника розміром 15×30 см. Яка мінімальна кількість таких плиток знадобиться, щоб викласти дві стіни розмірами 2,1×3 м та 1,9×3,6 м? Якщо плитку доведеться розрізати, то можна використати лише одну її частину.

7.23. Чому механічні наручні годинники рекомендується заводити зранку, а не ввечері, коли знімаєте їх із руки?

7.24. Для приготування гречаної каші господиня залила 650 г гречки водою об'ємом 1,5 л. Скільки води википіло під час приготування каші, якщо вважати, що вода або википіла, або її поглинула гречка й при цьому об'єм крупи збільшився? Густина сухої зернини гречки становить 1,3 г/см^3, вареної — 1,1 г/см^3.

7.25. Є невеликий моток мідного дроту, мірний циліндр із водою, олівець та учнівський зошит у клітинку. Як оцінити довжину дроту, якщо повністю його розмотувати заборонено?

РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ

7.1. Можливі два способи розв'язування цього завдання.

Спосіб 1

1. Узяти суху тканину та визначити її масу (m_1).
2. Змочити її морською водою та визначити масу (m_2).
3. Висушити тканину та знову зважити, визначивши її масу (m_3).
4. Знайти масу солі ($m_3 - m_1$) та масу морської води ($m_2 - m_1$).
5. Обчислити процентний уміст солі:

$$k = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} 100\ \% .$$

Спосіб 2

Узяти два однакових об'єми морської та чистої (дистильованої) води й виміряти їхні маси ($m_м$ і $m_д$). Різниця $m_м$ і $m_д$ є масою солі, що розчинена в морській воді (об'ємом солі в розчині нехтуємо). Отже, вміст солі визначаємо за формулою:

$$k = \frac{m_м - m_д}{m_м} 100\ \% .$$

7.2.

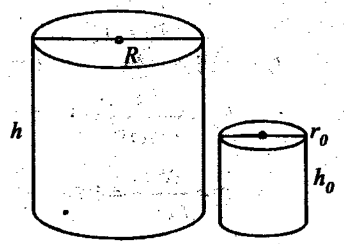
Дано:	*Розв'язання*
$t_1 = 1$ с;	1 м^3 = 1000 дм^3;
$V_1 = 1$ дм^3;	0,25 м^3 = 250 дм^3;
$V = 0{,}25$ м^3	$n = \frac{V}{V_1}$, $n=250$.
t — ?	$t = nt_1$, $t = 250 \cdot 1с = 250$ с.

$t = 250$ с — час, який потрібен для складання кубиків однією дитиною, а оскільки їх було двоє, то $t = 125$ с.

Відповідь: 125 с.

7.3.

Дано:	*Розв'язання*
$h = 4h_0$;	Складемо систему рівнянь із формул для визначення об'ємів звичайного та іграшкового відер *(мал. 7.1 на с. 10)*:
$R = 4r_0$	$\begin{cases} V = Sh; \\ V_0 = S_0 h_0. \end{cases}$
V — ?	$\begin{cases} V = \pi R^2 h; \\ V_0 = \pi r_0^2 h_0. \end{cases}$



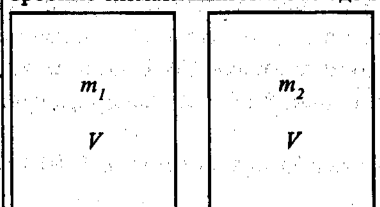
Мал. 7.1

$$V = \pi(4r_0)^2 4h_0;$$
$$V = 64\pi r_0^2 h_0;$$
$$V = 64V_0.$$

Відповідь: об'єм відрізняється в 64 рази. Саме стільки іграшкових відерець заповнюють уміст звичайного відра.

7.4.

Дано: $m_1 = 44$ г; $m_м = 10$ г; $m_2 = 53$ г; ρ — ?	***Розв'язання*** Зробимо схематичний малюнок до задачі *(мал. 7.2)*.



Мал. 7.2

Густину металу можна обчислити за формулою:

$$\rho = \frac{m_м}{V_м}.$$

Введемо позначення: $m_в$ — це маса води, $m_п$ — маса пробірки, Δm — маса води, що вилилася. Отож

$$m_1 = m_в + m_п;$$
$$m_2 = m_в + m_п + m_м - \Delta m;$$
$$m_2 - m_1 = m_в + m_п + m_м - \Delta m - m_в - m_п;$$
$$m_2 - m_1 = m_м - \Delta m;$$
$$\Delta m = m_м + m_1 - m_2.$$

Об'єм шматка металу дорівнює об'єму води, що вилився:

$$V_м = V_в;$$
$$\Delta m = 10\text{ г} + 44\text{ г} - 53\text{ г} = 1\text{ г};$$
$$V_в = \frac{1\text{ г}}{1\text{ г/см}^3} = 1\text{ см}^3;$$
$$\rho = \frac{10\text{ г}}{1\text{ см}^3} = 10\ \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Відповідь: густина металу становить 10 г/см^3.

7.5. Для визначення маси скирти при заданій густині речовини необхідно дізнатися її об'єм і помножити його на густину:

$$M = \rho V.$$

Якщо вважати скирту паралелепіпедом, то її об'єм дорівнює добутку її лінійних розмірів:

$$V = abc.$$

Остаточно отримаємо:

$$m = \rho abc.$$

7.6. Спочатку потрібно визначити масу шматочка матеріалу, площа якого дорівнює одиниці. Для цього варто зважити квадратик, виготовлений із того самого матеріалу. Поділивши масу всієї фігури на масу вибраної одиниці площі, знайдемо площу фігури.

7.7. За 1 с молодий бамбук виросте на 0, 01 мм.

7.8. Висота, довжина та ширина кожної деталі моделі будуть зменшені в $\frac{350\text{ м}}{0{,}35\text{ м}} = 1000$ разів. Тому об'єм кожної деталі буде зменшений у $1000 \cdot 1000 \cdot 1000 = 1 \cdot 10^9$ разів.

Відповідь: 10 г.

7.9. Температура води, що встановиться в склянці, 4 °С, а за цієї температури вода має найбільшу густину. Тому під час вирівнювання температур об'єм рідини в склянці зменшиться.

7.10. Густина сплаву становить: $\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{(m_1 + m_2)\rho_1\rho_2}{m_1\rho_2 + m_2\rho_1}$.

7.11.

Дано:	*Розв'язання*
$\rho_в = 1000$ кг/м^3	Щоб визначити $\rho_{н.р.}$, потрібно знати масу та об'єм невідомої речовини. Скористаємося формулою:
$\rho_{н.р.}$ — ?	$$\rho_{н.р.} = \frac{m_{н.р.}}{V_{н.р.}}.$$

1) Визначимо масу невідомої речовини:

- на терезах зважуємо склянку, щоб дізнатися її масу;
- наливаємо в склянку невідому рідину та зважуємо їх на терезах, потім від маси склянки та невідомої рідини віднімаємо масу однієї склянки та дізнаємося масу невідомої рідини:

$$m_{н.р.} = (m_{скл.} + m_{н.р.}) - m_{скл.}.$$

2) Визначимо об'єм невідомої рідини, скориставшись склянкою:

- за допомогою терезів вимірюємо масу склянки й води разом і віднімаємо вже відому масу склянки:

$$m_в = (m_{скл.} + m_в) - m_{скл.};$$

- визначаємо об'єм води:

$$V_в = \frac{m_в}{\rho_в},$$

$$V_{н.р.} = V_в = \frac{m_в}{\rho_в}.$$

Отже,

$$\rho_{н.р.} = \frac{m_{н.р.}}{\frac{m_в}{\rho_в}} = \frac{m_{н.р.} \cdot \rho_в}{m_в}.$$

Відповідь: $\rho_{н.р.} = \dfrac{m_{н.р.} \cdot \rho_в}{m_в}$.

7.12.

Дано:	*Розв'язання*
$a = 8$ см;	Введемо позначення: m_1 — маса суцільного кубика:
$h = 2$ см	$m_1 = \rho V_1$,
$\dfrac{m_1}{m_2}$ — ?	m_2 — маса порожнистого кубика: $m_2 = \rho V_2$.

V_2 — це об'єм порожнистого кубика, він дорівнює різниці об'ємів суцільного кубика та порожнини:

$$V_п = (a - 2h)^3;$$

$$V_2 = V_1 - V_п;$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{a^3}{a^3 - (a-2h)^3};$$

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{8^3}{8^3 - (8 - 2\cdot 2)^3} = \frac{8^3}{8^3 - 4^3} = \frac{8}{7}.$$

Відповідь: $\dfrac{m_1}{m_2} = \dfrac{8}{7}$.

7.13. З умови задачі дізнаємося, що об'єм копії в 343 рази більший, ніж об'єм звичайного кубка. Відомо, якщо лінійні розміри фігур під час пропорційного збільшення зростають у k разів, то об'єм зростає в k^3 разів, а площа зростає в k^2 разів.

Нехай V — об'єм копії, V_1 — об'єм звичайного кубка, тоді:

$$V = 343 \cdot V_1 = 7^3 V_1.$$

Якщо S — площа копії, S_1 — площа звичайного кубка, тоді:

$$S = 49 \cdot S_1.$$

Фарби, якою пофарбували збільшену копію, вистачило на площу S, а це лише $49 \cdot S_1$. Отже, пофарбувати можна лише 49 звичайних кубків.

Відповідь: 49.

7.14. Чашку можна вважати кристалічним тілом, тому на стику двох її частин сили відштовхування переважають над силою притягання. Глина — це аморфна речовина, пластилін також немає кристалічної структури, тому під час стиснення шматків цих речовин сили притягання між молекулами переважатимуть над силами відштовхування.

7.15.

Дано:	*Розв'язання*
$m = 102{,}5$ г;	Масу золота можна обчислити за формулою:
$\rho = 7{,}98$ г/см^3;	$m_з = \rho_з \cdot V_з$.
$\rho_к = 2{,}65$ г/см^3;	Визначимо густину сплаву:
$\rho_з = 19{,}36$ г/см^3	
$m_з$ — ?	$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m_к + m_з}{V_к + V_з}$$

(Оскільки це тверді тіла, то їх об'єми можна додавати: $V_к + V_з = V$.)

Запишемо формулу для маси кварцу та підставимо у формулу для визначення густини сплаву:

$$m_к = \rho_к \cdot V_к;$$

$$\rho = \frac{\rho_к V_к + m_з}{V}.$$

$$V_к = V - V_з;$$

$$V_з = \frac{m_з}{\rho_з};$$

$$\rho = \frac{\rho_к (V - V_з) + m_з}{V} = \frac{\rho_к \left(V - \frac{m_з}{\rho_з}\right) + m_з}{V};$$

$$\rho V = \rho_к V - \rho_к \frac{m_з}{\rho_з} + m_з;$$

$$\rho_к \frac{m_з}{\rho_з} m_з = \rho_к V \rho V;$$

$$m_з = \frac{\rho_к V - \rho V}{\frac{\rho_к}{\rho_з} - 1};$$

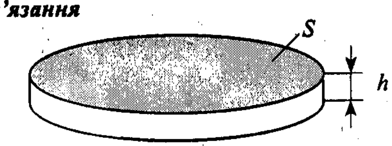
$$m_з = \frac{12{,}8(2{,}65 - 7{,}98)}{\frac{2{,}65}{19{,}6} - 1} = \frac{-62{,}8}{-0{,}9} = 75{,}8 \text{ (г)}.$$

Відповідь: маса золота становить 75,8 г.

7.16.

Дано:
$V = 100$ л $= 100 \cdot 10^{-3}$ м^3;
$h = 1/4000000$ м
S — ?

Розв'язання



Мал. 7.3

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 7.3)*. Площу нафтової плями визначаємо з формули для об'єму:

$$V = Sh;$$

$$S = \frac{V}{h};$$

$$S = \frac{100 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3}{\frac{1}{4000000\text{ м}}} = 4 \cdot 10^5 \text{ м}^2 = 0{,}4 \text{ км}^2.$$

Відповідь: площа нафтової плями становить $4 \cdot 10^5$ м^2 = 0,4 км^2.

7.17.

Дано:
$d = 7 \cdot 10^{-6}$ м;
$h = 10^{-6}$ м;
$V_0 = 10^{-6}$ дм^3;
$V = 5$ дм^3;
$N_0 = 5 \cdot 10^{-6}$
N — ?

Розв'язання

d — діаметр еритроцита;
h — товщина еритроцита;
V — об'єм крові людини;
N_0 — кількість еритроцитів у 1 мм^3.

Визначимо кількість еритроцитів у одиниці об'єму:

$$n = \frac{N_0}{V_0}. \quad (1)$$

Знайдемо кількість еритроцитів у об'ємі V:

$$N = V \cdot n. \quad (2)$$

Підставимо (1) у (2):

$$N = \frac{N_0}{V_0} V;$$

$$N = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{10^{-6}\text{ дм}^3} \cdot 5\text{ дм}^3 = 25 \cdot 10^{12}.$$

Якщо під словом «скільки» мається на увазі об'єм усіх еритроцитів у 5 л крові, то:

$$V_{1е} = Sh = \frac{\pi d^2}{4} h.$$

Щоб знайти об'єм усіх еритроцитів, помножимо об'єм одного на загальну кількість:

$$V_е = V_{1е} \cdot N;$$

$$V_е = \frac{\pi d^2}{4} h \cdot N = \frac{\pi d^2 h}{4} \frac{N_0 V}{V_0};$$

$$V_е = \frac{3{,}14 \cdot 49 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-6}}{4} \cdot 25 \cdot 10^{12} = 961 \cdot 10^{-6}\text{ м}^3.$$

Відповідь: $N = 25 \cdot 10^{12}$, $V_е = 9{,}61 \cdot 10^{-4}$ м^3.

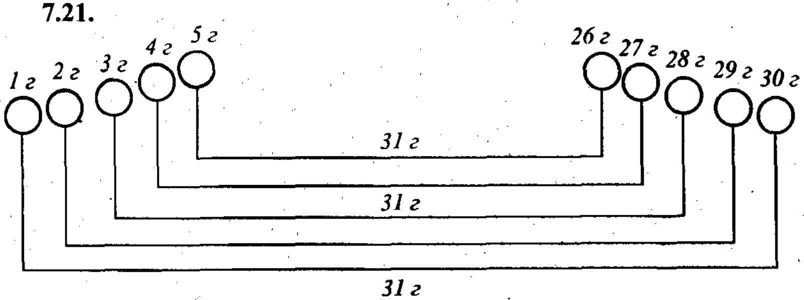
7.18. Залізо з'єднують із бетоном тому, що в цих матеріалів однаковий коефіцієнт лінійного розширення.

Якщо використати інший матеріал як арматуру, то це призведе до неоднакового розширення або стиснення під час зміни температури та руйнування бетону.

7.19. Після миття підлоги в кімнаті збільшується кількість молекул води в повітрі. Водяна пара осідає на тіло людини, утворюючи краплини води. Оскільки температура тіла більша, то водяна пара випаровується з тіла людини, а молекули рідини під час випаровування забирають тепло. Саме тому відчувається прохолода.

7.20. Засвоєння їжі організмом — це процес дифузії. Оскільки в рідкій їжі відстані між молекулами більші, ніж відстані між молекулами у твердій їжі, то процес дифузії, а отже і засвоєння їжі, відбувається швидше. До того ж під час підвищення температури процес дифузіїх пришвидшується.

7.21.



Мал. 7.4

1) Розміщуємо тягарці в такій послідовності, щоб їхні маси зростали *(мал. 7.4)*, і знаходимо їхню загальну масу. Позначимо, що сума мас двох симетричних тягарців становить 31 г. Таких пар утвориться 15. Отже, загальна маса набору тягарців становить:

$$31\ г \cdot 15 = 465\ г.$$

2) Визначимо масу тягарців, що становлять третину від початкової маси:

$$\frac{465\ г}{3} = 155\ г.$$

3) Якщо забрати по 5 тягарців із кожного краю, то ми заберемо 155 г, що становлять третину від початкової маси (забрати можна будь-які 5 симетричних пар тягарців).

4) Оскільки тягарці, що залишилися, також формуються з пари масою 31 г, а таких 10 пар, то їх можна розкласти на дві шальки терезів так, щоб терези перебували в рівновазі.

Відповідь: так.

7.22. Розмір кахельної плитки становить 15×30 см. Розміри першої стіни — 2,1×3 м, тобто 210×300 см. Кількість плиток для цієї стіни:

$$N_1 = \frac{300}{30} \cdot \frac{210}{15} = 10 \cdot 14 = 140.$$

Розміри другої стіни становлять 1,9×3,6 м, тобто 190×360 см. Кількість плиток для цієї стіни:

$$N_2 = \frac{360}{30} \cdot \frac{190}{15} = 12 \cdot 12{,}66.$$

Оскільки можна використовувати лише одну частину з розрізаної плитки, то 12,66 ≈ 13. Тоді:

$$N_2 = 12 \cdot 13 = 156.$$

Отже, загальна кількість плиток для двох стін становить:

$$N = N_1 + N_2 = 140 + 156 = 296.$$

Відповідь: $N = 296$.

7.23. Якщо механічні годинники ввечері завести та зняти з руки, то їхня температура поступово зменшуватиметься, що призведе до скорочення пружини та її руйнації.

7.24.

Дано:
$m_{г.с.} = 650$ г;
$V = 1{,}5$ л $= 1500$ см^3;
$\rho_{г.с.} = 1{,}3$ г/см^3;
$\rho_{г.в.} = 1{,}1$ г/см^3;
$\rho_в = 1$ г/ см^3

V_2 — ?

Розв'язання

Об'єм води, що википіла, становить:

$$V_2 = V - V_1.$$

Густина вареної зернини гречки:

$$\rho_{г.в.} = \frac{m_{г.с.} + m_1}{V_{г.с.} + V_1};\ m_1 = \rho_в V_1;$$

$$V_{г.с.} = \frac{m_{г.с.}}{\rho_{г.с.}};\ \rho_{г.в.} = \frac{m_{г.с.} + \rho_в V_1}{\frac{m_{г.с.}}{\rho_{г.с.}} + V_1};$$

$$\rho_{г.в.}\left(\frac{m_{г.с.}}{\rho_{г.с.}}+V_1\right)=m_{г.с.}+\rho_в V_1;$$

$$\frac{\rho_{г.в.}}{\rho_{г.с.}}m_{г.с.}+\rho_{г.в.}V_1=m_{г.с.}+\rho_в V_1;$$

$$\rho_{г.в.}V_1-\rho_в V_1=m_{г.с.}-\frac{\rho_{г.в.}}{\rho_{г.с.}}m_{г.с.};$$

$$(\rho_{г.в.}-\rho_в)V_1=m_{г.с.}\left(1-\frac{\rho_{г.в.}}{\rho_{г.с.}}\right);$$

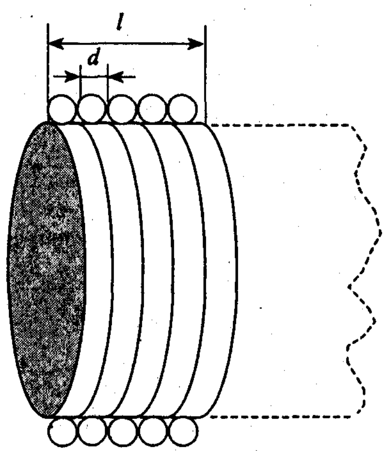
$$V_1=\frac{m_{г.с.}\left(1-\frac{\rho_{г.в.}}{\rho_{г.с.}}\right)}{\rho_{г.в.}-\rho_в};$$

$$V_2=V-\frac{m_{г.с.}\left(1-\frac{\rho_{г.в.}}{\rho_{г.с.}}\right)}{\rho_{г.в.}-\rho_в};$$

$$V_2=1500\text{ см}^3-\frac{650\text{ г}\left(1-\frac{1{,}1\text{ г/см}^3}{1{,}3\text{ г/см}^3}\right)}{1{,}1\text{ г/см}^3-1\text{ г/см}^3}=500\text{ см}^3=0{,}5\text{ л}.$$

Відповідь: $V_2 = 500$ см^3 = 0,5 л.

7.25.



Мал. 7.5

1) Визначаємо товщину дроту, намотавши дозволену довжину на олівець *(мал. 7.5)* і приклавши до аркуша паперу в клітинку. Робимо це до тих пір, доки довжина l певної кількості витків не міститиме цілу кількість клітинок.

2) Діаметр дроту визначаємо за формулою:

$$d=\frac{l}{N}.$$

3) Площа поперечного перерізу становить:

$$S=\frac{\pi d^2}{4}\ (\text{або } S=\pi r^2).$$

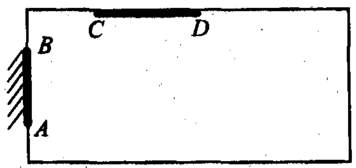
4) За допомогою мірного циліндра знаходимо об'єм (V) усього дроту.

5) За формулою $L=\dfrac{V}{S}$ визначаємо довжину дроту.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ 8 КЛАСУ

УМОВИ ЗАВДАНЬ

8.1. У яких точках кімнати повинна перебувати людина, щоб вона могла бачити у дзеркалі *AB* увесь екран телевізора *CD* *(мал. 8.1)*? Розв'яжіть задачу графічно.



Мал. 8.1

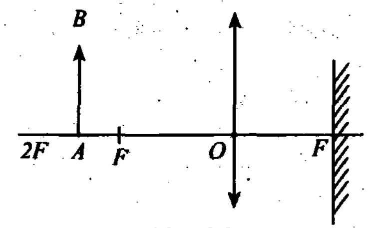
8.2. Автомобіль проїхав першу половину шляху зі швидкістю 60 км/год, наступну ділянку шляху — зі швидкістю 15 км/год, а останню — зі швидкістю 45 км/год. Визначте середню швидкість автомобіля на всьому шляху, якщо другу та третю ділянки він подолав за однаковий час.

8.3. Спортсмени біжать з однаковими швидкостями v колоною, довжина якої становить l_0. Назустріч їм біжить тренер зі швидкістю u ($u < v$). Кожен із спортсменів, порівнявшись із тренером, біжить назад із тією ж швидкістю v. Якою буде довжина колони, якщо всі спортсмени розвернуться?

8.4. Є два бруски: мідний та алюмінієвий. Об'єм одного з цих брусків на 50 см^3 більший, ніж об'єм іншого, а маса на 175 г менша, ніж маса іншого. Які об'єми та маси цих брусків?

8.5. Чому сосиски під час варіння лопаються зазвичай уздовж, а не впоперек?

8.6. Побудуйте зображення предмета *AB* у оптичній системі, що складається зі збірної лінзи та плоского дзеркала *(мал. 8.2)*. *(Фізика для фізиків: навч.-метод. вид. — Рівне: РОІППО, 2008. — № 4 (28).)*



Мал. 8.2

8.7. Колона військ рухається зі швидкістю 5 км/год і розтягнулася по дорозі на відстань 400 м. Командир, який знаходиться у хвості колони, направляє з дорученням велосипедиста до головного (першого) загону. Велосипедист рухається зі швидкістю 25 км/год і, на ходу виконавши доручення, одразу повертається назад з тією ж швидкістю. Через який час після отримання доручення велосипедист повернувся назад? *(Гольфарб Н. И. Сборник вопросов и задач по физике: учеб. пособ. — 5-е изд. — М.: Высшая школа, 1982. — 351 с.)*

8.8. Ескалатор метро піднімає людину, яка стоїть нерухомо на ньому, протягом 1 хв. По нерухомому ескалатору людина піднімається пішки протягом 3 хв. Скільки часу затратить людина на підйом пішки по ескалатору, що рухається? *(Довідник з курсу фізики середньої школи з прикладами розв'язування задач / Ю. А. Соколович, Г. С. Богданова. — Х.: Веста, Ранок, 2004. — 464 с.)*

8.9. Пружину стискають на 2 см силою 4 кН. У скільки разів потрібно збільшити силу, що стискає пружину, для того, щоб пружина скоротилась ще на 3 см?

8.10. Брусок масою 1 кг має форму паралелепіпеда. Коли він лежить на одній із граней, то чинить тиск 500 Па, коли на іншій грані — тиск 1 кПа, коли стоїть на третій грані — тиск 2 кПа. Які розміри бруска?

8.11. На стіні кімнати висить плоске дзеркало у формі ромба з діагоналями 16 см і 12 см. Лампочка висить на відстані 2 м від стіни із дзеркалом і на 1 м від протилежної стіни. Визначте, на якій відстані від протилежної стіни знаходиться зображення нитки розжарення лампочки у дзеркалі, форму та розміри зайчика, отриманого від дзеркала на протилежній стіні. Нитку розжарення лампочки можна вважати точковим джерелом світла.

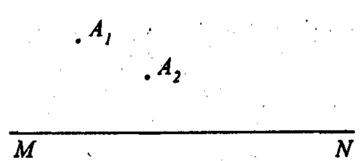
8.12. Джерело світла знаходиться на відстані 35 см від збиральної лінзи з фокусною відстанню 20 см. По іншу сторону лінзи на відстані 38 см розташована розсіювальна лінза з фокусною відстанню 12 см. Де знаходитиметься зображення джерела?

8.13. Чоловік пливе проти течії річки та натрапляє на порожній човен, що пливе за течією. Плавець продовжує плисти ще 30 хв після моменту зустрічі, а потім повертається назад і наздоганяє човен за 3 км від місця їхньої зустрічі. Визначте швидкість течії річки.

8.14. Уявіть, що ви з товаришем знаходитеся в пустелі та знайшли викинуту кимось пилочку від лобзика. Ваш товариш, не використовуючи жодних інших предметів, з'ясував, що пилочка намагнічена. Як йому це вдалося?

8.15. Маша (з мультфільму «Маша і Ведмідь») брала участь у велосипедних перегонах. Першу третину дистанції вона проїхала зі швидкістю v. Друга третина перегонів відбувалася в горах, тому середня швидкість Маші на цій ділянці була меншою на третину. На останній третині шляху вона здійснила фінальний ривок і завершила перегони першою. Якою була швидкість велосипеда Маші на останній третині шляху, якщо її середня швидкість протягом усього заїзду також дорівнювала v?

8.16. За допомогою лінзи, головна оптична вісь якої *MN*, одержано зображення A_1 точки *A* *(мал. 8.3)*. Де знаходиться лінза, яка це лінза та де її фокус?



Мал. 8.3

8.17. На столі в один ряд лежать 10 кубиків. Із якою силою потрібно стиснути кубики, взявшись за два крайні руками, щоб відірвати їх від столу? Маса кубиків становить *m*, коефіцієнт тертя між кубиками — μ.

8.18. Відомо, що швидкість кульки, яка рухається під дією сили тяжіння, під час наближення до землі збільшується, а швидкість дощової краплини, навпаки, зменшується. Поясніть це явище.

8.19. Куля, яку до половини занурено у воду, лежить на дні посудини й тисне на нього із силою, що дорівнює третині сили тяжіння. Визначте густину матеріалу кулі.

8.20. Ворона сидить на дереві, висота якого становить 6 м. На дереві, що росте на відстані 6 м від першого, висить шматок сиру на висоті 2 м. Між деревами протікає річка. Який мінімальний шлях необхідно пролетіти вороні до шматка сиру, попивши спочатку води з річки?

8.21. Три спортсмени одночасно починають велокрос і рухаються на дистанції рівномірно: перший зі швидкістю 10 м/с, другий — 9,8 м/с. Другий спортсмен на фініші відстав від першого на 10 с, проте виграв 5 с у третього. З якою швидкістю рухався третій спортсмен?

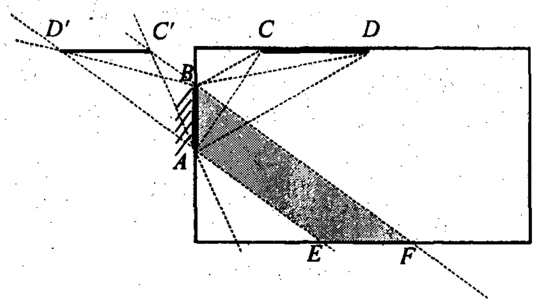
8.22. Юний турист іде з Крижополя до Піщанки. Першу половину шляху він рухався зі швидкістю 2,4 км/год, потім половину часу, що залишився, — зі швидкістю 5 км/год, решту шляху він подолав із швидкістю, що чисельно дорівнює середній швидкості руху хлопчика на всьому шляху подорожі. Визначте середню швидкість руху юного туриста протягом всього шляху.

8.23. У мензурці налито три шари рідин висотою по 20 см кожен: ртуті, води та машинного мастила. На якій глибині тиск у рідині дорівнює 7,9 кПа? Атмосферний тиск не враховуйте.

8.24. Лупа дає збільшення в два рази. До неї щільно приклали збиральну лінзу з оптичною силою 20 дптр. Яке збільшення даватиме така складна лінза?

РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ

8.1. Перебуваючи в будь-якій точці заштрихованого чотирикутника *ABFE, (мал. 8.4)* людина може бачити весь екран телевізора *CD*.



Мал. 8.4

8.2.

Дано:	*Розв'язання*
$v_1 = 60$ км/год; $v_2 = 15$ км/год; $v_3 = 45$ км/год; $t_2 = t_3$; $s_1 = s/2$	Запишемо формулу для визначення середньої швидкості на всьому шляху: $v_{сер} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_2}$. Середня швидкість на другій половині шляху становить: $v' = v_{сер(2,3)} = \frac{s_2 + s_3}{t_2 + t_2}$; $t_2 = t_3 = t$; $s_2 = v_2 t_2$; $s_3 = v_3 t_3$;
$v_{сер}$ — ?	

$$v_{сер(2,3)} = \frac{v_2 t_2 + v_3 t_3}{2t} = \frac{v_2 t + v_3 t}{2t} = \frac{v_2 + v_3}{2}.$$

Виконаємо обчислення:

$$v' = v_{сер(2,3)} = \frac{15\text{ км/год} + 45\text{ км/год}}{2} = 30\text{ км/год}.$$

$$v_{сер(1,2,3)} = \frac{s_1 + (s_2 + s_3)}{t_1 + (t_2 + t_2)};$$

$$s_1 = \frac{s}{2};\; s_2 + s_3 = \frac{s}{2};$$

$$t_1 = \frac{s}{2v_1};.$$

$$v_{сер} = \frac{s}{\frac{s}{2v'} + \frac{s}{2v_1}} = \frac{s2v_1v'}{(v' + v_1)s} = \frac{2v'v_1}{(v' + v_1)};$$

$$v_{сер} = \frac{260\text{ км/год} \cdot 30\text{ км/год}}{(60\text{ км/год} + 30\text{ км/год})} = 40\text{ км/год}.$$

Відповідь: **середня швидкість протягом усього шляху становить 40 км/год.**

8.3.

Дано:	*Розв'язання*
v; l_0; $u < v$	Розглянемо систему відліку, пов'язану з тренером. Швидкість спортсменів, які наближаються до тренера: $v_1 = v + u$.
l — ?	

Швидкість спортсменів, які віддаляються від тренера:

$$v_2 = v - u.$$

Довжина колони після розвороту всіх спортсменів буде дорівнювати шляху, що подолає перший спортсмен після того, як розвернеться сам і до моменту, коли останній спортсмен порівняється з тренером. Шлях, що пробіжить перший спортсмен становить:

$$s = (v - u)t = l.$$

t — час за який останній у колоні спортсмен добіжить до тренера (початок відліку часу — це момент розвороту першого спортсмена).

$$t = \frac{l_0}{v + u};$$

$$l = (v - u)\frac{l_0}{v + u}.$$

Відповідь: $l = (v - u)\frac{l_0}{v + u}$.

8.4.

Дано:	*Розв'язання*
$\Delta V = 50$ см^3; $\Delta m = 175$ г; $\rho_a = 2{,}7$ г/см^3; $\rho_м = 8{,}9$ г/см^3	Складемо систему рівнянь:
V_a — ? $V_м$ — ? m_a — ? $m_м$ — ?	

$$\begin{cases} \Delta V = V_a - V_м; \\ \Delta m = m_м - m_a. \end{cases}$$

У ній:

$$m_м = m_a + \Delta m; \; V_a = V_м + \Delta V;$$
$$\rho_м V_м = \rho_a V_a + \Delta m.$$

З урахуванням першого рівняння системи:

$$\rho_м V_м = \rho_a (V_м + \Delta V) + \Delta m;$$
$$\rho_м V_м = \rho_a V_м + \rho_a \Delta V + \Delta m;$$
$$\rho_м V_м - \rho_a V_м = \rho_a \Delta V + \Delta m;$$
$$V_м(\rho_м - \rho_a) = \rho_a \Delta V + \Delta m.$$

З останньої рівності визначимо об'єм мідного бруска:

$$V_м = \frac{\rho_a \Delta V + \Delta m}{\rho_м - \rho_a}.$$

Тоді об'єм алюмінієвого бруска за умовою задачі знаходимо за формулою:

$$V_а = \frac{\rho_a \Delta V + \Delta m}{\rho_1 - \rho_a} + \Delta V;$$

$$m_м = \rho_м V_м; \; m_м = \rho_м \frac{\rho_a \Delta V + \Delta m}{\rho_м - \rho_a};$$

$$m_a = m_м - \Delta m;$$

$$m_a = \rho_м \frac{\rho_a \Delta V + \Delta m}{\rho_м - \rho_a} - \Delta m;$$

$$V_м = \frac{2{,}7 \text{ г/см}^3 \cdot 50 \text{ см}^3 + 175 \text{ г}}{8{,}9 \text{ г/см}^3 - 2{,}7 \text{ г/см}^3} = 50 \text{ см}^3;$$

$$V_a = 50 \text{ см}^3 + 50 \text{ см}^3 = 100 \text{ см}^3;$$
$$m_м = 8{,}9 \text{ г/см}^3 \cdot 50 \text{см}^3 = 445 \text{ г};$$
$$m_a = 445 \text{ г} - 175 \text{ г} = 270 \text{ г}.$$

Відповідь: $V_м = 50$ см^3, $V_a = 100$ см^3, $m_м = 445$ г, $m_a = 270$ г.

8.5. Під час варіння сосиски, як і інші тіла при нагріванні, розширюються, тобто їхні лінійні розміри змінюються.

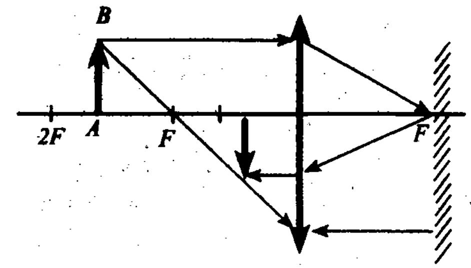
Довжина тіла за температури T виражається такою залежністю:

$$l = l_0(1 + \alpha T).$$

Діаметр за температури T (оскільки всі розміри змінюються однаково) становитиме: $d = d_0(1 + \alpha T)$.

Оскільки залежність площі поперечного перерізу сосиски від діаметра квадратична $\left(S = \dfrac{\pi d^2}{4}\right)$, то відносне видовження вздовж діаметра більше, ніж відносне видовження по довжині. Тому плівка лопається швидше внаслідок поперечного розширення.

8.6. Правильна побудова зображена на *мал. 8.5*.



Мал. 8.5

8.7. Швидкість велосипедиста, коли він наближається до головного загону, у системі відліку, пов'язаній із колоною, дорівнює:

$$v_2 - v_1,$$

коли він повертається назад:

$$v_2 + v_1.$$

Тому

$$t = \frac{l}{v_2 - v_1} + \frac{l}{v_2 + v_1} = \frac{2lv}{v_2^2 - v_1^2}.$$

Відповідь: 2 хв.

8.8. Ескалатор метро піднімає людину, яка стоїть нерухомо на ньому, протягом 1 хв. По нерухомому ескалатору людина піднімається пішки протягом 3 хв. Час підйому людини визначаємо за формулою:

$$s = v_1 t_1, \; s = v_2 t_2, \; s = (v_1 + v_2)t,$$

$$t = \frac{s}{v_1 + v_2}; \quad t = \frac{s}{\dfrac{s}{t_1} + \dfrac{s}{t_2}} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}.$$

Відповідь: людині необхідно затратити 45 с.

8.9. У 2,5 раза.

8.10.

Дано:	*Розв'язання*
$m = 1$ кг; $g = 10$ Н/кг; $p_1 = 500$ Па; $p_2 = 1000$ Па; $p_3 = 2000$ Па	Знаходимо тиск кожної з граней, використовуючи формулу:
a — ? b — ? c — ?	

$$p = \frac{F}{S},$$

де $F = mg$,

$$\begin{cases} p_1 = \dfrac{mg}{ab}; (1) \\ p_2 = \dfrac{mg}{ac}; (2) \\ p_3 = \dfrac{mg}{cb}. (3) \end{cases}$$

Поділимо (1) на (2):

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{mgac}{abmg} = \frac{c}{b},$$

звідси

$$c = b\frac{p_1}{p_2}. (4)$$

Підставимо (4) у (3):

$$p_3 = \frac{mg}{bb\dfrac{p_1}{p_2}} = \frac{mgp_2}{b^2 p_1}.$$

Отже,

$$b = \sqrt{\frac{mgp_2}{p_1 p_3}}. (5)$$

Аналогічно підстановкою (5) у (4) отримаємо:

$$c = \sqrt{\frac{mgp_1}{p_2 p_3}}$$

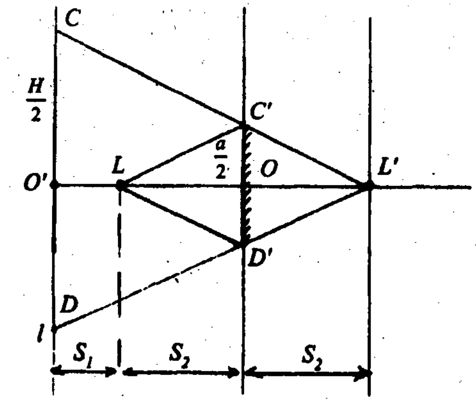
та (5) в (1)

$$a = \sqrt{\frac{mgp_3}{p_1 p_2}}.$$

Відповідь: $a = 0{,}2$ м, $b = 0{,}1$ м, $c = 0{,}05$ м.

8.11.

Дано:	*Розв'язання*
$a = 0{,}16$ м; $b = 0{,}12$ м; $s_1 = 1$ м; $s_2 = 2$ м	
d — ? H — ? h — ?	



Мал.8.6

Зображення лампочки в дзеркалі знаходиться на відстані S_2 *(мал. 8.6)*. Тому відстань від протилежної стіни до зображення лампочки становить:

$$d = s_1 + 2s_2;$$
$$d = 1\text{ м} + 2 \cdot 2\text{ м} = 5\text{ м}.$$

Зайчик, отриманий від дзеркала на протилежній стіні, має форму ромба. Знайдемо діагоналі H і h отриманого ромба.

Розглянемо прямокутні трикутники $LC'O$ і $L'CO$. Вони є подібними за двома катетами. З подібності трикутників знаходимо подібність відповідних сторін:

$$\frac{C'O}{CO_1} = \frac{LO}{L'O_1};$$

$$CO_1 = \frac{C'OL'O_1}{LO};$$

$$C'O = a/2,\ CO_1 = H/2,\ LO = S_1,\ L'O_1 = d;$$

$$CO_1 = \frac{H}{2} = \frac{\frac{a}{2}\cdot d}{S_2};$$

$$H = \frac{ad}{S_2}.$$

$$H=\frac{0{,}16\,\text{м}\cdot 5\,\text{м}}{2\,\text{м}}=0{,}4\,\text{м}.$$

Аналогічно діагональ h:

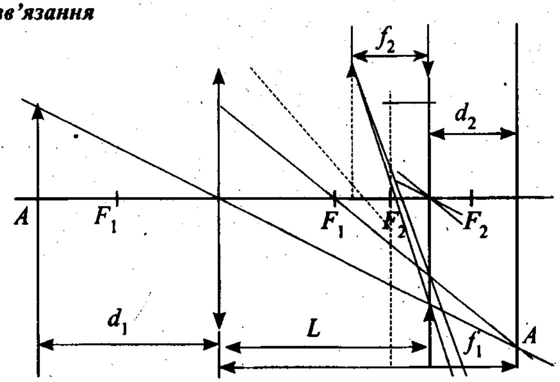
$$h=\frac{bd}{S_2};$$

$$h=\frac{0{,}12\,\text{м}\cdot 5\,\text{м}}{2\,\text{м}}=0{,}3\,\text{м}.$$

Відповідь: $d = 5$ м, $H = 0{,}4$ м, $h = 0{,}3$ м.

8.12.

Дано:	*Розв'язання*
$d_1 = 0{,}35$ м; $F_1 = 0{,}2$ м; $L = 0{,}38$ м; $F_2 = 0{,}12$ м	
d_2 — ? f_2 — ?	



Мал. 8.7

Відстань від збиральної лінзи до зображення *(мал. 8.7)*, що вона дає, визначаємо так:

$$\frac{1}{d_1}+\frac{1}{f_1}=\frac{1}{F_1};$$

$$f_1=\frac{d_1F_1}{d_1-F_1}=0{,}35\,\text{м}\,\frac{0{,}35\,\text{м}\cdot 0{,}2\,\text{м}}{0{,}35\,\text{м}-0{,}2\,\text{м}}=\frac{7}{15}\ (\text{м}).$$

Знайдемо відстань від цього зображення до розсіювальної лінзи:

$$d_2=L-f_1=0{,}38\,\text{м}-\frac{7}{18}\,\text{м}=-\frac{13}{150}\ (\text{м}).$$

Це випадок уявного джерела, тоді формула для розсіювальної лінзи матиме вигляд:

$$-\frac{1}{d_2}-\frac{1}{f_2}=-\frac{1}{F_2};$$

$$\frac{1}{d_2}+\frac{1}{f_2}=\frac{1}{F_2};$$

$$f_2=\frac{F_2d_2}{F_2-d_2}=\frac{0{,}12\,\text{м}\left(-\frac{13}{150}\,\text{м}\right)}{0{,}12\,\text{м}-\left(-\frac{13}{150}\,\text{м}\right)}=-\frac{156}{500}\,\text{м}=-0{,}13\ (\text{м}).$$

Відповідь: $d_2=-\frac{13}{150}$ (м), $f_2=-0{,}13$ (м).

8.13.

Дано:	*Розв'язання*
$t = 30$ хв $= 0{,}5$ год; $s = 3$ км	*Спосіб 1* Якщо перейти в систему відліку, пов'язану з течією, то:
$v_т$ — ?	

1) човен у цій системі нерухомий;

2) швидкість плавця відносно течії (власна швидкість плавця) залишається постійною.

Тому плавець від моменту зустрічі з човном рухається з незмінною швидкістю, що на обох ділянках руху однакова. Саме тому час руху плавця від моменту зустрічі до розвороту та від розвороту до моменту зустрічі є однаковим, оскільки плавець долає двічі одну й ту ж відстань з однаковою швидкістю (відстань між човном і точкою розвороту).

Це означає, що час від моменту першої зустрічі з човном до моменту другої зустрічі з ним дорівнює $\tau = 2t$.

За умовою задачі протягом часу між двома зустрічами течія занесла човен на $s = 3$ км від берега.

Отже, швидкість течії становить:

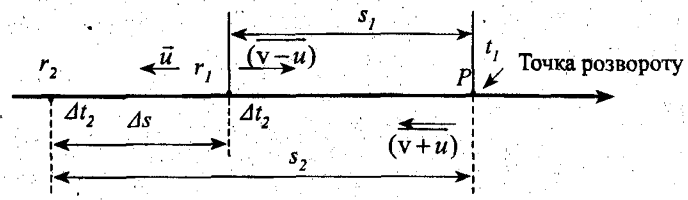
$$v_т=\frac{s}{\tau};$$

$$v_т=\frac{s}{2t}=\frac{3\,\text{км}}{2\cdot 0{,}5\,\text{год}}=3\ \text{км/год}.$$

Відповідь: $v_т = 3$ км/год.

Спосіб 2

Перейдемо в систему відліку, пов'язану з берегом *(мал. 8.8)*:



Мал. 8.8

$\mathrm{v} - u$ — це швидкість плавця відносно берега під час руху проти течії;

$\mathrm{v} + u$ — швидкість плавця відносно берега під час руху за течією;

v — власна швидкість плавця (у стоячій воді);

u — швидкість течії;

t_1 — час руху плавця від моменту зустрічі до розвороту;

t_2 — час руху плавця від моменту розвороту до зустрічі з човном.

Шлях, пройдений плавцем від моменту зустрічі із човном до розвороту відносно берега:

$$s_1 = (\mathrm{v} - u) \cdot t_1. \ (1)$$

Шлях, пройдений плавцем від моменту розвороту до другої зустрічі з човном відносно берега:

$$s_2 = s_1 + \Delta s = (\mathrm{v} + u) \cdot t_2. \ (2)$$

Шлях, пройдений човном за час між двома зустрічами:

$$\Delta s = u(t_1 + t_2). \ (3)$$

Підставимо формули (1) і (3) у формулу (2):

$$(\mathrm{v} - u) \cdot t_1 + u(t_1 + t_2) = (\mathrm{v} + u) \cdot t_2.$$

Після розкриття дужок та скорочень отримаємо:

$$t_1 = t_2. \ (4)$$

Враховуючи рівність (4), перепишемо (3):

$$\Delta s = u2t_1.$$

З останньої формули дізнаємося, що швидкість течії дорівнює:

$$u = \frac{\Delta s}{2t_1};$$

$$u = \frac{3\text{ км}}{2 \cdot 0{,}5\text{ год}} = 3\text{ км/год}.$$

Відповідь: $u = 3$ км/год.

8.14. Щоб дізнатися, що пилочка намагнічена, її потрібно розламати. Так отримаємо два магніти з різними полюсами, які під час взаємодії або відштовхуватимуться, або притягуватимуться.

8.15.

Дано:
$s_1 = s_2 = s_3 = 1/3s$;
$\mathrm{v}_1 = \mathrm{v}$;
$\mathrm{v}_2 = 2/3\mathrm{v}$;
$\mathrm{v}_c = \mathrm{v}$

v_3 — ?

Розв'язання

$$\mathrm{v}_c = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{1/3s + 1/3s + 1/3s}{\frac{s_1}{\mathrm{v}_1} + \frac{s_2}{\mathrm{v}_2} + \frac{s_3}{\mathrm{v}_3}} =$$

$$= \frac{s}{\frac{s}{3\mathrm{v}_1} + \frac{s}{3\mathrm{v}_2} + \frac{s}{3\mathrm{v}_3}} = \frac{s}{s\left(\frac{1}{3\mathrm{v}_1} + \frac{1}{3\mathrm{v}_2} + \frac{1}{3\mathrm{v}_3}\right)} =$$

$$= \frac{1}{\frac{\mathrm{v}_2\mathrm{v}_3 + \mathrm{v}_1\mathrm{v}_2 + \mathrm{v}_1\mathrm{v}_3}{3\mathrm{v}_1\mathrm{v}_2\mathrm{v}_3}} = \frac{3\mathrm{v}_1\mathrm{v}_2\mathrm{v}_3}{\mathrm{v}_2\mathrm{v}_3 + \mathrm{v}_1\mathrm{v}_2 + \mathrm{v}_1\mathrm{v}_3}.$$

$$\mathrm{v}_c = \frac{3\mathrm{v}2/3\mathrm{v}\mathrm{v}_3}{2/3\mathrm{v}\mathrm{v}_3 + \mathrm{v}\mathrm{v}_3 + 2/3\mathrm{v}\mathrm{v}} = \frac{6\mathrm{v}_3}{5\mathrm{v}_3 + 2\mathrm{v}}.$$

$$1 = \frac{6\mathrm{v}_3}{5\mathrm{v}_3 + 2\mathrm{v}}.$$

$$6\mathrm{v}_3 = 5\mathrm{v}_3 + 2\mathrm{v}.$$

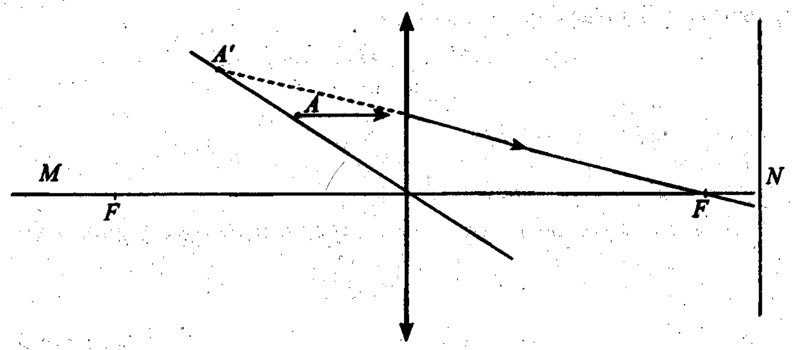
$$\mathrm{v}_3 = 2\mathrm{v}.$$

Відповідь: $\mathrm{v}_3 = 2\mathrm{v}$.

8.16. 1) Проведемо промінь, що проходить через джерело та зображення до перетину з головною оптичною віссю *(мал. 8.9 на с. 34)*. У цій точці знаходиться оптичний центр лінзи.

2) Оскільки зображення пряме, уявне та збільшене, то лінза є збиральною, адже розсіювальна лінза дає зменшене уявне зображення.

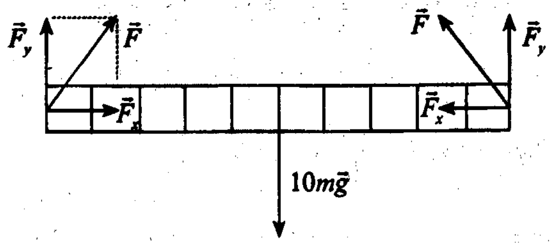
3) Використаємо промінь, що, поширюючись від джерела, потрапляє на лінзу паралельно головній оптичній осі. Після заломлення в лінзі він має пройти через фокус і перетнути точку, що є зображенням.



Мал. 8.9

8.17.

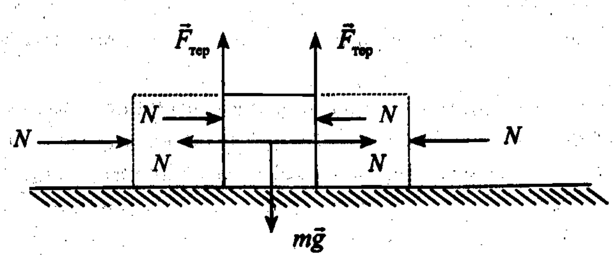
Дано:	**Розв'язання**
$n = 10$; m; μ	
F — ?	



Мал. 8.10

Для того щоб відірвати кубики від столу *(мал. 8.10)*, необхідно стиснути їх із двох сторін із силою F:

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y .$$



Мал. 8.11

Горизонтальна складова F_x — це сила, із якою ми стискаємо кубики. Розглянемо один із кубиків *(мал. 8.11)*:

$$2F_{тр} = mg;$$

$$F_{тр} = \frac{mg}{2};$$

$$N = \frac{mg}{2\mu}.$$

F_x — це сила, із якою ми стискаємо кубики, тому вона дорівнює N.

$$F_x = \frac{mg}{2\mu}. \ (1)$$

Вертикальна складова F_y — це сила, яку потрібно прикласти, щоб подолати силу тяжіння:

$$2F_y = 10mg;$$

$$F_y = 5mg. \ (2)$$

Знайдемо силу F за теоремою Піфагора:

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{\left(\frac{mg}{2\mu}\right)^2 + (5mg)^2} = \frac{mg}{2\mu}\sqrt{1+100\mu^2}.$$

Відповідь: $F = \dfrac{mg}{2\mu}\sqrt{1+100\mu^2}$.

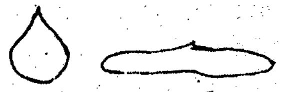
8.18. *1. Рух кульки*

Під час наближення до землі швидкість кульки $v_к$ зростає внаслідок того, що прискорення, спричинене рівнодійною $F_т$ і $F_{оп}$, направлене вниз і менше g. Швидкість зростатиме доти, доки $F_т > F_{оп}$. У деякий момент $F_т = F_{оп}$ і $v_к = \text{const}$, тому рух стає рівномірним.

2. Рух краплини

На початку руху краплина набуває форму, зображену на *мал. 8.12а на с. 36.*

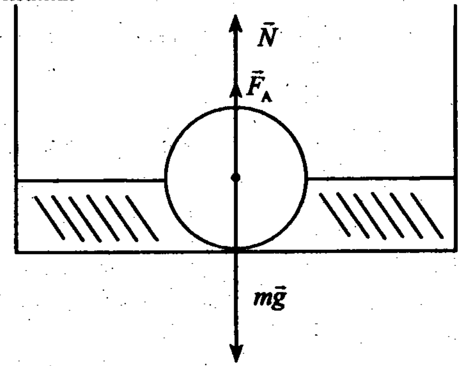
Далі, рухаючись униз, краплина внаслідок дії сили $F_{оп}$ змінює форму, стає плоскою *(мал. 8.12б на с. 36)*, тому її швидкість зростає не так інтенсивно, як швидкість кульки. Тобто стабілізується при іншому модулі $F_{оп}$. Це суперечить умові задачі про зменшення швидкості краплини. Насправді зменшується прискорення як для кулі, так і для краплини.



Мал. 8.12

8.19.

Дано:	*Розв'язання*
$N = 1/3mg$	
$\rho_к$ — ?	



Мал. 8.13

Виконаємо малюнок до задачі та позначимо сили, що діють на кулю *(мал. 8.13)*:

$$mg = F_A + N;$$

$$mg = \rho_р g \frac{1}{2} V_T + \frac{1}{3} mg;$$

$$\frac{2}{3} mg = \frac{1}{2} \rho_р g V_T;$$

$$\frac{2}{3} \rho_к V_T = \frac{1}{2} \rho_р V_T;$$

$$\frac{2}{3} \rho_к = \frac{1}{2} \rho_р;$$

$$4\rho_к = 3\rho_р;$$

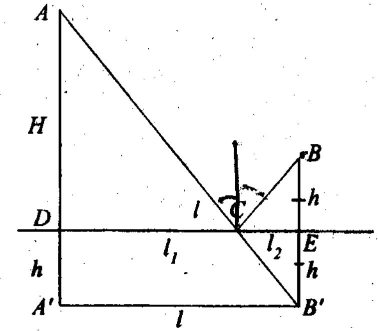
$$\rho_к = \frac{3}{4} \rho_р;$$

$$\rho_к = \frac{3 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3}{4} = 750 \text{ кг/м}^3.$$

Відповідь: $\rho_к = 750$ кг/м^3.

8.20.

Дано:	*Розв'язання*
$H = 6$ м;	
$h = 2$ м;	
$l = 6$ м	
AB' — ?	



Мал. 8.14

Нехай у точці A знаходиться ворона, а в точці B — сир *(мал. 8.14)*. Побудуємо зображення точки B у воді, отримаємо рівні трикутники ΔCEB і $\Delta CEB'$, у яких $BE = EB'$, $\angle CEB$ і $\angle CEB' = 90°$ і CE — спільна сторона.

Спосіб 1

Мінімальний шлях дорівнюватиме довжині відрізка AB'. Продовжимо сторону AD у точку A', $DA' = EB = h = 2$ м.

Розглянемо $\Delta AA'B'$ ($\angle AA'B' = 90°$):

$$AA' = H + h = 6 \text{ м} + 2 \text{ м} = 8 \text{ м}.$$

$A'B' = DE = 6$ м (як протилежні сторони прямокутника $ADEB'$).

Знайдемо AB' за теоремою Піфагора:

$$AB' = \sqrt{AA'^2 + A'B'^2};$$

$$AB' = \sqrt{64 + 36} = 10 \text{ м}.$$

Спосіб 2

Мінімальний шлях, що потрібно пролетіти вороні, становить $(AC + CB)$.

Розглянемо два подібні трикутники ΔADC і $\Delta CEB'$, тоді:

$$\begin{cases} \dfrac{H}{h} = \dfrac{l_1}{l_2}; \\ l_1 + l_2 = l. \end{cases}$$

$$\begin{cases} Hl_2 = hl_1; \\ l_1 = l - l_2. \end{cases}$$

$$Hl_2 = h(l - l_2);$$
$$Hl_2 = hl - hl_2;$$
$$6l_2 = 12 - 2l_2;$$
$$8l_2 = 12;$$
$$l_2 = 1{,}5 \text{ м};$$
$$l_1 = 6 - l_2 = 6 - 1{,}5 = 4{,}5 \text{ м}.$$

Розглянемо ΔADC ($\angle D = 90°$):

$$AC = \sqrt{H^2 + l_1^2} = \sqrt{36 + 20{,}25} = \sqrt{56{,}25} = 7{,}5 \text{ м}.$$

Розглянемо ΔDEC ($\angle E = 90°$):

$$CB = \sqrt{h^2 + l_2^2} = \sqrt{4 + 2{,}25} = \sqrt{6{,}25} = 2{,}5 \text{ м}.$$

Отже, мінімальний шлях:

$$AC + CB = 7{,}5 \text{ м} + 2{,}5 \text{ м} = 10 \text{ м}.$$

Відповідь: 10 м.

8.21.

Дано:	***Розв'язання***
$v_1 = 10$ м/с;	$l_1 = v_1 t_1$;
$v_2 = 9{,}8$ м/с;	$l_2 = v_2 t_2$;
$t_1 = t_3$;	$l_1 = l_2$;
$t_2 = t + 10$;	$v_1 t_1 = v_2 t_2$.
$t_3 = t + 15$	
v_3 — ?	

Складемо та розв'яжемо рівняння:

$$10t = 9{,}8(t + 10);$$
$$10t = 9{,}8t + 98;$$
$$10t - 9{,}8t = 98;$$
$$0{,}2t = 98;$$
$$t = 490.$$

Отже, перший спортсмен добіг до фінішу за 490 с, тоді відстань:

$$l_1 = 10 \text{ м/с} \cdot 490 \text{ с} = 4900 \text{ м}.$$

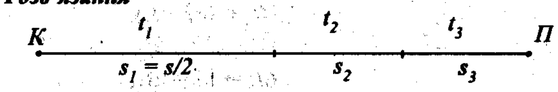
Оскільки $l_1 = l_3$, то $l_3 = 4900$ м, тоді:

$$v_3 = \frac{l_3}{t_3} = \frac{4900\text{ м}}{(490 + 15)\text{ с}} \approx 9{,}7 \text{ м/с}.$$

Відповідь: $v_3 \approx 9{,}7$ м/с.

8.22.

Дано:	***Розв'язання***
$v_1 = 2{,}4$ км/год;	
$v_2 = 5$ км/год;	
$s_1 = s/2$	
$v_{ср}$ — ?	



Мал. 8.15

Середня швидкість руху туриста на всьому шляху *(мал. 8.15)* становить:

$$v_{ср} = \frac{s_1 + s_2 + s_3}{t_1 + t_2 + t_3};$$

$$t_1 = \frac{s}{2v_1}; \quad t_2 = \frac{s_2}{v_2}; \quad t_3 = \frac{s_2}{v_{ср}};$$

$$s_1 = s_2 + s_3 = \frac{s}{2};$$

$$s_2 = \frac{s}{2} - s_3;$$

$$t_1 = t_2;$$

$$\frac{s}{2v_2} = \frac{s_3}{v_{ср}};$$

$$s_3 = \frac{s_2 v_{ср}}{v_2};$$

$$\frac{s}{2} - s_2 = \frac{s_2 v_{ср}}{v_2};$$

$$\frac{s}{2} = \frac{s_2 v_{ср}}{v_2} + s_2 = s_2\left(1 + \frac{v_{ср}}{v_2}\right);$$

$$s_2 = \frac{s}{2\left(\frac{v_2 + v_{ср}}{v_2}\right)} = \frac{s v_2}{2(v_2 + v_{ср})};$$

$$s_3 = \frac{s v_2 + v_{ср}}{2v_2(v_2 + v_{ср})} = \frac{s v_{ср}}{2(v_2 + v_{ср})};$$

$$v_{ср} = \frac{s}{\dfrac{s}{2v_1} + \dfrac{sv_2}{2v_2(v_2 + v_{ср})} + \dfrac{sv_{ср}}{2v_{ср}(v_2 + v_{ср})}} =$$

$$= \frac{1}{\dfrac{1}{2v_1} + \dfrac{1}{2v_2(v_2 + v_{ср})} + \dfrac{1}{2v_{ср}(v_2 + v_{ср})}} = \frac{2v_1(v_2 + v_{ср})}{v_{ср} + v_2 + 2v_1}.$$

$$v_{ср} + v_{ср}v_2 + 2v_{ср}v_1 = 2v_{ср}v_1 + 2v_1v_2;$$

$$v_{ср}^2 + v_{ср}(v_2 + 2v_1 - 2v_1) - 2v_1v_2 = 0;$$

$$v_{ср}^2 + v_{ср}v_2 - 2v_1v_2 = 0;$$

$$Д = v_{ср}^2 + L \cdot 2v_1v_2 = v_2 + 2v_1v_2;$$

$$v_{ср} = \frac{-v_2 \pm \sqrt{v_2 + 8v_1v_2}}{2};$$

$$v_{ср} = \frac{-5\,км/год + \sqrt{5\,км/год + 82{,}4\,км/год \cdot 5\,км/год}}{2} =$$

$$= \frac{-5 + 11}{2}\,\frac{км}{год} = 3\,км/год.$$

$$v_{ср} = \frac{-5 - 11}{2}\,\frac{км}{год} = -8\,км/год \text{ (не задовольняє умову задачі).}$$

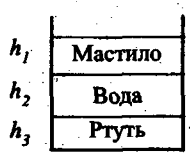
Відповідь: $v_{ср} = 3$ км/год.

8.23.

Дано:
$h_1 = h_2 = h_3 = 0{,}2$ м;
$\rho_1 = 800$ кг/м^3;
$\rho_2 = 1000$ кг/м^3;
$\rho_3 = 13600$ кг/м^3;
$p = 7{,}9 \cdot 10^3$ Па

h — ?

Розв'язання



Мал. 8.16

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 8.16)*. Визначимо спочатку тиск, що чинить мастило:

$$p_1 = \rho_1 g h_1;$$

$$p_1 = 800\text{ кг/м}^3 \cdot 10\text{ Н/кг} \cdot 0{,}2\text{ м} = 1600\text{ Па}.$$

Визначимо тиск, що чинить вода:

$$p_2 = \rho_2 g h_2;$$

$$p_2 = 1000\text{ кг/м}^3 \cdot 10\text{ Н/кг} \cdot 0{,}2\text{ м} = 2000\text{ Па}.$$

Тиск, що чинить вода та мастило разом:

$$p_1 + p_2 = 1600\text{ Па} + 2000\text{ Па} = 3600\text{ Па}.$$

Знайдемо різницю між тиском масла та води й тиском p на глибині h':

$$\Delta p = p - (p_1 + p_2);$$

$\Delta p = 7{,}9 \cdot 10^3$ Па $- 3600$ Па $= 4300$ Па — це тиск, що чинить ртуть висотою h'.

Визначимо h':

$$h' = \frac{\Delta p}{\rho_3 g} = \frac{4300\,Па}{13600\,кг/м^3 \cdot 10\,Н/кг};$$

$$h = h_1 + h_2 + h' = 0{,}2\text{ м} + 0{,}2\text{ м} + 0{,}032\text{ м} = 0{,}432\text{ м}.$$

Відповідь: $h = 43{,}2$ см.

8.24.

Дано:
$k = 2$;
$D_1 = 20$ дптр

$k_с$ — ?

Розв'язання

Лупа — це короткофокусна лінза.
Предмет розташовують між фокусом і лінзою.

Під час користування людина підносить лупу близько до ока або дивиться крізь неї на нескінченно великій відстані. Зображення утворюється на сітківці.

Збільшення лінзи:

$$k = \frac{f}{d},$$

де f — відстань до зображення, що дорівнює відстані найкращого бачення, $f = 0{,}25$ м; d — відстань до зображення предмета — фокусна відстань лупи:

$$k = \frac{f}{d} = \frac{0{,}25}{F};$$

$$F = \frac{0{,}25}{k};$$

$$D_л = \frac{k}{0{,}25} = \frac{2}{0{,}25} = 8\,дптр;$$

$$D_с = D_1 + D_л = \frac{k_с}{0{,}25};$$

$$k_с = 0{,}25(D_1 + D_л);$$

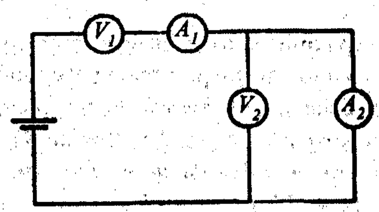
$$k_с = 0{,}25\text{ м} \cdot (8\text{ дптр} + 20\text{ дптр}) = 1.$$

Відповідь: $k_с = 1$.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ 9 КЛАСУ

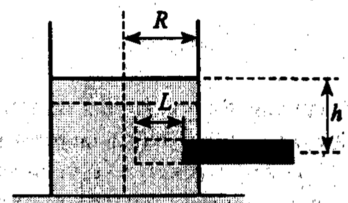
УМОВИ ЗАВДАНЬ

9.1. Електричну схему складають із батареї, двох однакових амперметрів і двох однакових вольтметрів *(мал. 9.1)*. Амперметри A_1 та A_2 показують відповідно 11 мА та 0,9 мА, вольтметр V_2 показує 0,25 В. Які показання вольтметра V_1? Чому дорівнює напруга у батареї?



Мал. 9.1

9.2. У циліндричній посудині радіусом R, що частково заповнена рідиною, густина якої становить ρ, у боковій стінці є отвір, закритий пробкою *(мал. 9.2)*. Яку роботу необхідно виконати, щоб втиснути пробку в посудину на відстань L? Пробка має форму циліндра радіусом r. Центр отвору знаходиться на глибині h. Посудина достатньо висока, тому рідина з неї не виливається. Тертям можна знехтувати.



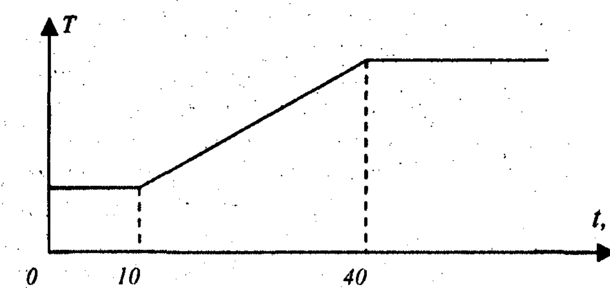
Мал. 9.2

9.3. До якої температури слід охолодити шматок алюмінію, щоб після занурення його у воду, температура якої становить 0 °С, він піднявся з дна внаслідок обмерзання льодом?

9.4. Розв'язуючи задачу, учень одержав відповідь $500\ \frac{\text{кг}\cdot\text{м}^2}{\text{с}^3}$. Яку фізичну величину він визначав?

9.5. Одного разу Незнайко подарував Знайці на день народження незвичний подарунок — кришталеву вазу, всередині якої знаходилося кришталеве яблуко. Але Знайко засумнівався в тому, що яблуко насправді кришталеве, та спробував у цьому переконатися. Дістати яблуко з вази, не розбиваючи її, було неможливо, тому Знайко застосував фізичні методи. Що він зробив, щоб перевірити свою гіпотезу? *(Фізика для фізиків: навч.-метод. вид. — Рівне: РОІППО, 2009. — № 1 (29). Задача перероблена автором-упорядником.)*

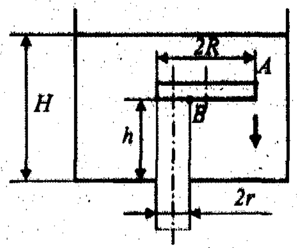
9.6. У калориметр помістили суміш води та льоду й рівномірно нагрівали її. Графік залежності температури від часу зображено на *мал. 9.3*. Визначте початкове співвідношення мас води та льоду. Коли температура знову почне змінюватися? $c_в = 4{,}2\cdot10^3$ Дж/(кг·К), $\lambda = 3{,}35\cdot10^5$ Дж/кг, $r = 2{,}3\cdot10^6$ Дж/кг. *(Фізика для фізиків: навч.-метод. вид. — Рівне: РОІППО, 2007. — № 4 (24).)*



Мал. 9.3

9.7. Із посудини, заповненої водою, висувається трубка радіусом r і висотою h *(мал. 9.4 на с. 44)*. Трубка закрита круглою пластиною радіусом R і масою M, яку притискує до трубки вода. Із якою силою F слід подіяти на пластину в точці A (у напрямку стрілки), щоб вона повернулася та відкрила трубку? Посудина заповнена водою до висоти H.

Товщиною пластини знехтуйте. *(Фізика для фізиків: навч.-метод. вид. — Рівне: РОІППО, 2003. — № 1 (5).)*



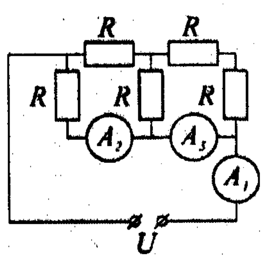
Мал. 9.4

9.8. Мідний провідник вагою 0,1 Н має опір 1 мОм. Визначте діаметр його поперечного перерізу, якщо густина міді становить $8{,}9\cdot10^3$ кг/м^3, а її питомий опір — $1{,}7\cdot10^{-8}$ Ом·м. *(Репетитор по физике. Электромагнетизм. Колебания и волны. Оптика. Элементы теории относительности. Физика атома и атомного ядра / И. Л. Касаткина. — 7-е изд., перераб. и доп. / под ред. Т. В. Шкиль. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. — 837 с.)*

9.9. До закріпленої вертикально дуже тонкої пружини жорсткістю k підвісили кульку. Спочатку пружина не розтягнута, згодом кульку відпустили. Якої максимальної швидкості набуде кулька під час свого руху? Маса кульки становить m.

9.10. Поясніть, чому люди, які страждають короткозорістю, часто опускають окуляри донизу, а ті, які страждають далекозорістю, насовують окуляри на ніс? У якому випадку потрібно робити навпаки?

9.11. Визначте струми I_1, I_2, I_3, що проходять через амперметри A_1, A_2, та A_3 відповідно *(мал. 9.5)*. Напруга становить U = 10 В, опір — R = 100 Ом. Опором амперметрів знехтуйте.



Мал. 9.5

9.12. Під час встановлення терморегулятора в положення «капрон» праска періодично вмикається на τ_1 = 10 с і вимикається на T_1 = 40 с. Поверхня праски при цьому нагрівається до t_1 = 100 °С. Під час встановлення терморегулятора в положення «бавовна» праска періодично вмикається на τ_2 = 20 с і вимикається на T_2 = 30 с. Визначте, яка температура поверхні праски t_2 встановиться в цьому положенні терморегулятора. До якої температури t_3 нагріється ввімкнута праска, якщо терморегулятор зіпсується? Вважайте, що тепловіддача пропорційна різниці температур праски та навколишнього повітря. Температура в кімнаті становить t_0 = 20 °С.

9.13. Комар летить паралельно до головної оптичної осі збиральної лінзи, фокусна відстань якої становить 0,2 м, зі швидкістю 0,6 м/с у напрямку до лінзи. У момент t_0 = 0 відстань від комара до площини лінзи становить 2,5 м. Побудуйте хід променів, що формують зображення комара, та визначте відстань від площини лінзи до зображення комара через час 4 с.

9.14. Щоб вийняти цвях завдовжки 10 см із дерева, необхідно прикласти початкову силу 2 кН. Яку роботу необхідно виконати, щоб повністю вийняти цвях із дерева?

9.15. Не дуже гнутий алюмінієвий провідник діаметром 2,5 мм покритий льодом. Загальний діаметр провідника з льодом дорівнює 3,5 мм. Початкова температура провідника з льодом становить 0 °С. По провіднику пустили електричний струм силою 15 А. Протягом якого часу весь лід перетвориться на воду? Густина льоду становить 900 кг/м^3, а його питома теплота плавлення — 340 кДж/кг, питомий опір алюмінію — $2{,}8\cdot10^{-8}$ Ом·м.

9.16. Два спортсмени, які весь час веслують з однаковою силою, пливуть на човнах: перший пливе за течією річки, другий — проти течії. Коли човни розминалися, один із спортсменів кинув у човен іншого естафетну дерев'яну паличку. Спортсмени не помічають, що паличка впала у воду на лінії зустрічі човнів, і продовжують рухатися з тими самими швидкостями. Через 10 хв після цього моменту спортсменів повідомили, що естафетна паличка пливе за течією річки, тому вони змінили напрям руху на протилежний. Яка швидкість течії, якщо другий спортсмен може наздогнати естафетну паличку на відстані 2 км від місця зустрічі човнів? На якій відстані від місця зустрічі човнів перший спортсмен дістане паличку з води?

9.17. Точкове джерело світла рухається зі сталою швидкістю v у площині, що перпендикулярна до головної оптичної осі тонкої збиральної лінзи. Знайдіть швидкість, із якою рухається зображення джерела світла, якщо фокусна відстань лінзи становить *f*, а відстань під площини до лінзи — 4*f*.

9.18. На чому ґрунтується така прикмета: якщо блискавка має червонуватий відтінок, то гроза далеко, а якщо вона фіолетова, то гроза близько?

9.19. Вага у воді прозорого каменя, знайденого на Поділлі, виявилася в 1,4 раза меншою, ніж у повітрі. На користь скла чи алмазу слугують результати досліджень геологів? Густина скла становить 2,5 г/см^3, густина алмазу — 3,5 г/см^3.

9.20. Чому, спускаючись по канату лише за допомогою рук, можна обпекти долоні? Яка кількість теплоти може виділитися, якщо висота каната становить 5 м, а маса людини — 70 кг?

9.21. На один кінець легенького стрижня довжиною 20 см нанизано намистину, густина речовини якої становить 2 г/см^3. На відстані 3 см від іншого кінця розміщена друга намистина. Середина стрижня підвішена до нитки, а стрижень горизонтально розміщений у повітрі. Якщо систему опустити у воду, то для збереження рівноваги другу намистину необхідно перемістити на кінець стержня. Яка густина другої намистини?

9.22. Визначте питому теплоємність механічної суміші, що містить порошок міді масою 150 г і порошок алюмінію масою 300 г. Питома теплоємність міді становить 380 Дж/кг·°С, алюмінію — 920 Дж/кг·°С.

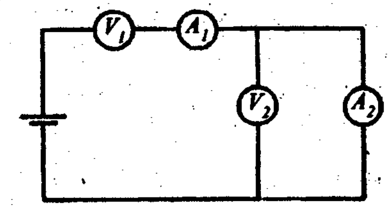
РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ

9.1.

Дано:
$I_1 = 1{,}1$ мА $= 1{,}1\cdot10^{-3}$ А;
$I_2 = 0{,}9$ мА $= 0{,}9\cdot10^{-3}$ А;
$U_2 = 0{,}25$ В

U_1 — ?
U — ?

Розв'язання



Мал. 9.6

Сила струму в частині кола *(мал. 9.6)* до розгалуження:

$$I = I_1.$$

Сила струму, що проходить через другий вольтметр:

$$I_{B_2} = I_1 - I_2 = 1{,}1\cdot10^{-3}\text{ А} - 0{,}9\cdot10^{-3}\text{ А} = 0{,}2\cdot10^{-3}\text{ А};$$

$$R_{B_2} = \frac{U_2}{I_{B_2}} = \frac{0{,}25\text{ В}}{0{,}2\cdot10^{-3}\text{ А}} = 1250\text{ Ом};$$

$$R_{B_2} = R_{B_1};$$

$$U_1 = I_1\frac{U_2}{I_{B_2}} = I_1\frac{U_2}{I_1 - I_2} = 1{,}1\cdot10^{-3}\text{ А}\,\frac{0{,}25\text{ В}}{0{,}2\cdot10^{-3}\text{ А}} \approx 1{,}38\text{ В};$$

$$R_{A_2} = R_{A_1};$$

$$R_{A_1} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{0{,}25\text{ В}}{0{,}9\cdot10^{-3}\text{ А}} = 277{,}8\text{ Ом};$$

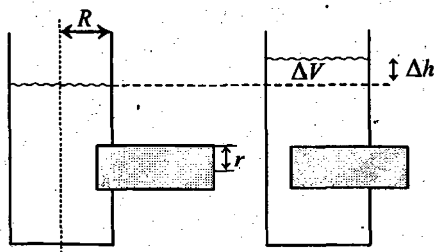
$$U_{A_1} = I_1R_{A_1} = 1{,}1\cdot10^{-3}\text{ А}\cdot277{,}8\text{ Ом} \approx 0{,}31\text{ В};$$

$$U = U_2 + U_1 + U_{A_1} = 0{,}25\text{ В} + 1{,}38\text{ В} + 0{,}31\text{ В} = 1{,}94\text{ В}.$$

Відповідь: $U_{A_1} = 0{,}31$ В, $U = 1{,}94$ В.

9.2.

Дано:	*Розв'язання*
R, r, ρ, L, h	*Спосіб 1*
A — ?	Виконаємо малюнок, на якому зобразимо посудину до та після втискання пробки *(мал. 9.7)*.



Мал. 9.7

Робота з втискання пробки дорівнюватиме збільшенню потенціальної енергії деякої маси води в об'ємі ΔV:

$$A = \Delta E_п, (1)$$

$$A = \Delta E_п = \Delta mg\left(h + \frac{\Delta h}{2}\right) = \rho \Delta V\left(h + \frac{\Delta h}{2}\right). (2)$$

Врахувавши, що об'єм витісненої води дорівнює об'єму втисненої частини пробки, маємо:

$$\Delta V = \Delta V_{пр}; (3)$$

$$\Delta V = \pi R^2 \Delta h; (4)$$

$$V_{пр} = \pi r^2 L. (5)$$

Тоді

$$\pi R^2 \Delta h = \pi r^2 L, (6)$$

звідки

$$\Delta h = \frac{r^2 L}{R^2}. (7)$$

Підставимо (7) і (4) у (2):

$$A = \rho \pi r^2 Lg\left(h + \frac{r^2 L}{2R^2}\right) = \frac{1}{2}\pi r^2 \rho g L\left(2h + \frac{r^2 L}{R^2}\right).$$

Відповідь: $A = \frac{1}{2}\pi r^2 \rho g L\left(2h + \frac{r^2 L}{R^2}\right)$.

Спосіб 2

Робота, яку потрібно виконати, щоб втиснути пробку, дорівнює роботі, яку потрібно виконати, щоб подолати сили гідростатичного тиску:

$$A = F_с L, (1)$$

де $F_с$ — середня сила гідростатичного тиску:

$$F_с = p_с S_{пр}, (2)$$

де

$$p_с = \frac{p_{поч.} + p_{кінц.}}{2} = \frac{\rho g h + \rho g (h + \Delta h)}{2} = \frac{\rho g (h2 + \Delta h)}{2}, (3)$$

$$S_{пр} = \pi r^2. (4)$$

Враховуючи, що об'єм виштовхнутої води дорівнює об'єму вдавленої частини пробки, маємо:

$$\pi R^2 \Delta h = \pi r^2 L; (5)$$

$$\Delta h = \frac{r^2 L}{R^2}. (6)$$

Підставимо (4) і (3) у (2):

$$F_с = \frac{\rho g (h2 + \Delta h)}{2}\pi r^2. (7)$$

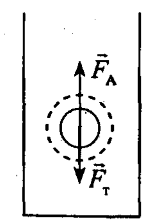
Підставимо (7) і (6) в (1):

$$A = \frac{1}{2}\pi r^2 \rho g L\left(2h + \frac{r^2 L}{R^2}\right).$$

Відповідь: $A = \frac{1}{2}\pi r^2 \rho g L\left(2h + \frac{r^2 L}{R^2}\right)$.

9.3.

Дано:	*Розв'язання*
$\lambda_в = 33 \cdot 104$ Дж/кг;	
$c_а = 880$ Дж/(кг·°C);	
$\rho_а = 2700$ кг/м³;	
$\rho_л = 900$ кг/м³;	
$\rho_в = 1000$ кг/м³	
τ — ?	



Мал. 9.8

Те, що шматок алюмінію, який обмерз льодом, піднявся з дна *(мал. 9.8)*, означає:

$$F_т = F_A;$$

$$\begin{cases} m_a + m_л = \rho_в(V_a + V_л); \\ \lambda m_л = c_a m_a (t - \tau). \end{cases}$$

$$-\tau = \frac{\lambda_в m_л}{c_a m_a};$$

$$\tau = -\frac{\lambda_в m_л}{c_a m_a};$$

$$V_a = \frac{m_a}{\rho_a};\ V_л = \frac{m_л}{\rho_л};$$

$$m_a + m_л = \rho_в\left(\frac{m_a}{\rho_a} + \frac{m_л}{\rho_л}\right);$$

$$m_a + m_л = \frac{\rho_в}{\rho_л} m_a + \frac{\rho_в}{\rho_л} m_л;$$

$$m_a\left(1 - \frac{\rho_в}{\rho_a}\right) = m_л\left(\frac{\rho_в}{\rho_л} - 1\right);$$

$$\frac{m_л}{m_a} = \frac{1 - \frac{\rho_в}{\rho_a}}{\frac{\rho_в}{\rho_л} - 1};$$

$$\tau = -\frac{\lambda_в}{c_a}\frac{\left(1 - \frac{\rho_в}{\rho_a}\right)}{\left(\frac{\rho_в}{\rho_л} - 1\right)} = -\frac{\lambda_в \rho_л(\rho_a - \rho_в)}{c_a \rho_a(\rho_в - \rho_л)};$$

$$\tau = -\frac{330 \cdot 10^3\ Дж/кг\left(1 - \frac{1000\ кг/м^3}{2700\ кг/м^3}\right)}{880\ Дж/кг°C\left(\frac{1000\ кг/м^3}{900\ кг/м^3} - 1\right)} = -2148\ °C.$$

Оскільки такої температури досягнути неможливо, то підняття шматка алюмінію внаслідок його охолодження теж неможливе.

9.4. Учень визначав потужність (Вт).

9.5. Спочатку зваживши вазу з яблуком, Знайко занурив її у посудину з рідиною та визначив об'єм кришталю, із якого виготовлено сувенір. Тоді, обчисливши густину та порівнявши її значення з табличним, дав відповідь на запитання про те, кришталеве яблуко чи ні.

9.6. Нехай t_1 = 10 хв, t_2 = 40 хв, t_3 — час, коли температура знову почне змінюватися, Δt =100 °C. Якщо потужність нагрівника P є сталою, тоді кількість теплоти, що витрачається на плавлення льоду, становить

$$Q_{пл} = m_л\lambda = Pt_1, (1)$$

кількість теплоти, що витрачається на нагрівання води від 0 до 100 °C:

$$Q_в = c_в(m_л + m_в)\Delta t = P(t_2 - t_1), (2)$$

кількість теплоти, що витрачається на випаровування води:

$$Q_в = r(m_л + m_в) = P(t_3 - t_2). (3)$$

Поділивши (2) на (3), отримаємо:

$$\frac{m_в}{m_л} = \frac{(t_2 - t_1)\lambda}{t_1 c_в \Delta t} - 1 = 1{,}4.$$

Тоді, поділивши (3) на (2):

$$t_3 = t_2 + \frac{r(t_2 - t_1)}{c_в \Delta t} = 202\ хв.$$

Відповідь: 202 хв.

9.7. Пластина повертатиметься навколо точки B *(мал. 9.9 на с. 52).* Тиски води з обох боків пластини урівноважуються скрізь, крім ділянки над трубкою. Тут сила тиску води становить:

$$F = \rho g(H - h)\pi r^2.$$

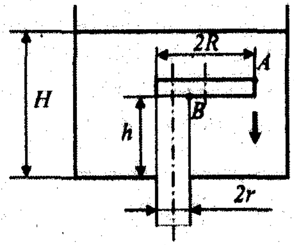
Її момент відносно точки B:

$$M = \rho g(H - h)\pi r^3.$$

Пластина повертатиметься, якщо:

$$\rho g(H - h)\pi r^3 < Mg(R - 2r) + F(2R - 2r);$$

$$F > \frac{\rho(H - h)\pi r^3 - M(R - 2r)}{2(R - r)} g.$$



Мал. 9.9

Відповідь: $F > \dfrac{\rho(H-h)\pi r^3 - M(R-2r)}{2(R-r)}g.$

9.8. Вага провідника становить:

$$P = mg,$$

а його маса дорівнює:

$$m = \rho_г lS = \rho_г l\frac{\pi d^2}{4}.$$

Підставляємо у формулу для визначення ваги:

$$P = \rho_г l\frac{\pi d^2}{4}g.\ (1)$$

Електричний опір провідника:

$$R = \rho_о\frac{l}{S} = \rho_о\frac{4l}{\pi d^2}.\ (2)$$

Якщо тепер розділити рівність (1) на (2), то невідома нам довжина l скоротиться й ми отримаємо одне рівняння з однією невідомою величиною — діаметром, який із цього рівняння й визначимо:

$$\frac{P}{R} = \frac{\rho_г l\pi d^2 g\pi d^2}{4\cdot 4l\rho_о};$$

$$\frac{P}{R} = \frac{\rho_г d^4 g\pi^2}{16\rho_о};$$

$$\frac{P}{R}\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)^2\frac{\rho_г g}{\rho_о};$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = \sqrt{\frac{\rho_о P}{\rho_г gR}};$$

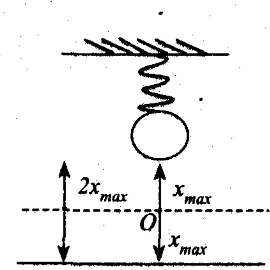
$$d = 2\sqrt{\frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{\rho_о P}{\rho_г gR}}}.$$

Відповідь: 2,4 мм.

9.9.

Дано:
k, m
v_{max} — ?

Розв'язання
Спосіб 1



Мал. 9.10

У точці *O (мал. 9.10)* кулька набуває максимальної швидкості. При цьому в початковий момент:

$$E_{п.\ кулі} = E_{п.\ пружини};$$

$$mgh = \frac{kx^2}{2};$$

$$x = h = 2x_{max};$$

$$mgh = \frac{kh^2}{2};$$

$$h = \frac{2mg}{k};$$

$$2x_{max} = \frac{2mg}{k};$$

$$x_{max} = \frac{mg}{k}.$$

Спосіб 2

$$F_{пр} = F_{тяж};$$

$$kx_{max} = mg;$$

$$x_{max} = \frac{mg}{k}.$$

У точці O, тобто в середньому положенні:

$$E_{\text{к. кулі}} = E_{\text{п. пружини}};$$

$$\frac{m\text{v}_{\max}^2}{2} = \frac{kx^2}{2};$$

$$\text{v}_{\max} = \sqrt{\frac{kx^2}{m}};$$

$$\text{v}_{\max} = \sqrt{\frac{km^2g^2}{k^2m}};$$

$$\text{v}_{\max} = g\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Відповідь: $\text{v}_{\max} = g\sqrt{\dfrac{m}{k}}$.

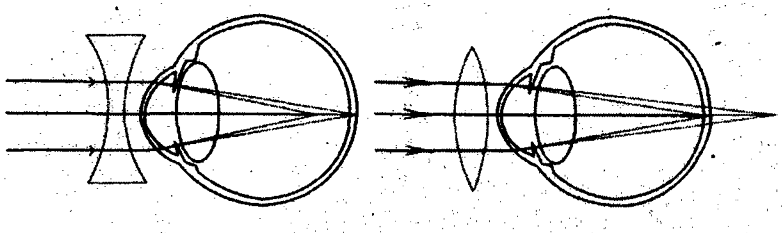
9.10. Люди, які страждають короткозорістю, опускають окуляри донизу, щоб наблизити лінзу до кришталика ока. Це дає можливість спроектувати зображення на сітківку внаслідок зменшення оптичної сили системи лінз *(мал. 9.11а)*.

Люди, які страждають далекозорістю, навпаки, окуляри віддаляють, насуваючи їх на ніс, для збільшення оптичної сили системи лінз: кришталик + збиральна лінза *(мал. 9.11б)*.

Відстань між оком і лінзою не перевищує фокусної відстані лінзи.

Потрібно робити навпаки, якщо:

- людина, яка страждає короткозорістю, дивилася через збиральну лінзу; а людина, яка страждає далекозорістю, одягнула окуляри з розсіювальною лінзою:
- люди знаходилися в середовищі з більшим показником заломлення, ніж у скла.

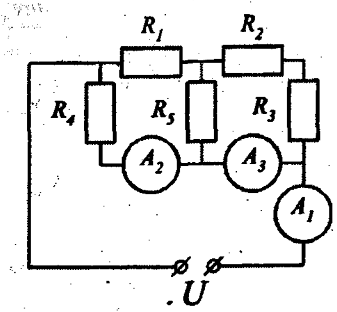


а *б*

Мал. 9.11

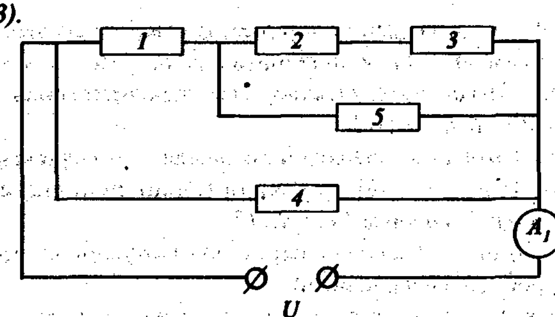
9.11.

Дано:	***Розв'язання***
$U = 10$ В;	
$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R = 100$ Ом	
I_1 — ?	
I_2 — ?	
I_3 — ?	



Мал. 9.12

Пронумеруємо опори *(мал. 9.12)* і спростимо малюнок-схему *(мал. 9.13)*.



Мал. 9.13

$$\frac{1}{\dot{R}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R};$$

$$\dot{R} = \frac{2}{3}R;$$

$$\ddot{R} = \frac{5}{3}R;$$

$$\dddot{R}_{\text{заг}} = \frac{5}{8}R = 62{,}5\ \text{Ом};$$

Загальний струм, який проходить через A_1, становить:

$$I_1 = \frac{U}{\dddot{R}_{\text{заг}}} = \frac{10\ \text{В}}{62{,}5\ \text{Ом}} = 0{,}16\ \text{А}.$$

Струм, який проходить через A_2:

$$I_2 = \frac{10\ \text{В}}{100\ \text{Ом}} = 0{,}1\ \text{А}.$$

A_3 означає суму струмів, що проходять через R_4 і R_5.

Спад напруги на резисторі R_1 становить:

$$U_1 = R_1(I_1 - I_2) = 6\ \text{В}.$$

Спад напруги на резисторі R_5:

$$U_5 = U_{\text{заг}} - U_1 = 4\ \text{В},$$

тому

$$I_5 = \frac{4\ \text{В}}{100\ \text{Ом}} = 0{,}04\ \text{А}.$$

$$I_3 = I_2 + I_5 = 0{,}14\ \text{А}.$$

Відповідь: $I_1 = 0{,}16$ А, $I_2 = 0{,}1$ А, $I_3 = 0{,}14$ А.

9.12.

Дано:
$\tau_1 = 10$ с;
$T_1 = 40$ с;
$t = 100$ °C;
$\tau_2 = 20$ с;
$T_2 = 30$ с;
$t_0 = 20$ °C

t_2 — ?
t_3 — ?

Розв'язання 1

(Без урахування теплопередачі під час нагрівання праски.)

Кількість теплоти, що отримує праска від нагрівника, дорівнює добутку потужності нагрівника на час, протягом якого вона була ввімкнена:

$$P_{\text{н}} \cdot \tau.$$

Кількість теплоти, що виділяється праскою під час тепловіддачі навколишньому середовищу, коли праска ввімкнена, становить:

$$k(t - t_0)T,$$

де k — коефіцієнт пропорційності.

Порівнюючи ці кількості теплоти, отримуємо:

$$P_{\text{н}} \cdot \tau = k(t - t_0)T.$$

Розглядаючи перший і другий режими, отримуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} P_{\text{н}} \cdot \tau_1 = k(t_1 - t_0)T_1; \ (1) \\ P_{\text{н}} \cdot \tau_2 = k(t_2 - t_0)T_2. \ (2) \end{cases}$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь, отримуємо:

$$t_2 = t_0 + \frac{\tau_2}{\tau_1} \cdot \frac{T_2}{T_1}(t_1 - t_0) = 233\ °\text{C}.$$

Якщо терморегулятор не працює, то після встановлення теплової рівноваги вся потужність нагрівника буде спрямована на нагрівання навколишнього середовища:

$$P_{\text{н}} = k(t_3 - t_0).$$

$$\frac{P_{\text{н}}}{k} = (t_3 - t_0).$$

Із рівняння (1):

$$\frac{P_{\text{н}}}{k} = \frac{(t_1 - t_0)T_1}{\tau_1}.$$

Прирівняємо обидва рівняння:

$$(t_3 - t_0) = \frac{(t_1 - t_0)T_1}{\tau_1};$$

$$t_3 = t_0 + \frac{(t_1 - t_0)T_1}{\tau_1} = 340\ °\text{C}.$$

Відповідь: $t_2 = 233$ °C, $t_3 = 340$ °C.

Розв'язання 2

(З урахуванням теплопередачі під час нагрівання праски.)

$$\begin{cases} P_{\text{н}} \cdot \tau_1 = k(t_1 - t_0)(\tau_1 + T_1); \ (1) \\ P_{\text{н}} \cdot \tau_2 = k(t_2 - t_0)(\tau_2 + T_2). (2) \end{cases}$$

$$\frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{(t_1 - t_0)(\tau_1 + T_1)}{(t_2 - t_0)(\tau_2 + T_2)};$$

$$\frac{10}{20} = \frac{80 \cdot 50}{(t_2 - 20) \cdot 50} = \frac{80}{t_2 - 20};$$

$$10t_2 - 200 = 1600;$$

$$10t_2 = 1800;$$

$$t_2 = 180\ °\text{C}.$$

$$P_{\text{н}} - k(t_3 - t_0) = k(t_3 - t_0);$$

$$P_{\text{н}} = 2k(t_3 - t_0);$$

$$\frac{P_{\text{н}}}{k} = 2(t_3 - t_0).$$

З (1) дізнаємося:

$$\frac{P_{\text{н}}}{k} = \frac{(t_1 - t_0)(\tau_1 + T_1)}{\tau_1};$$

$$\frac{P_{\text{н}}}{k} = \frac{80 \cdot 50}{10} = 400.$$

Прирівняємо й отримаємо:

$$400 = 2(t_3 - t_0);$$

$$200 = (t_3 - t_0);$$
$$t_3 = 220\ ^\circ C.$$

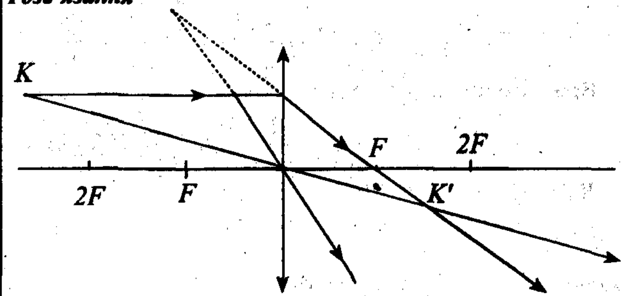
Відповідь: $t_2 = 180\ ^\circ C$, $t_3 = 220\ ^\circ C$.

9.13.

Дано:
$F = 0{,}2$ м;
$v = 0{,}6$ м/с;
$t_0 = 0$;
$t = 4$ с;
$l_0 = 2{,}5$ м

f — ?
l — ?

Розв'язання



Мал. 9.14

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 9.14)* та визначимо шлях, що пролетів комар за час t:

$$l = vt = 0{,}6 \text{ м/с} \cdot 4 \text{ с} = 2{,}4 \text{ м}.$$

Тобто через 4 с відстань від комара до оптичного центра становитиме:

$$d = l_0 - l = 2{,}5 \text{ м} - 2{,}4 \text{ м} = 0{,}1 \text{ м}.$$

Оскільки $d < F$, то зображення буде уявним і знаходитиметься між фокусом та оптичним центром.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d};$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d};$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}2\text{м}} - \frac{1}{0{,}1\text{м}};$$

$$\frac{1}{f} = \frac{-1}{0{,}2\text{ м}};$$

$$f = -0{,}2 \text{ м}.$$

Під час наближення комара до F і потрапляння у фокус його зображення переміщується в нескінченність.

Відповідь: $d = 0{,}1$ м; $f = -0{,}2$ м.

9.14.

Дано:
$L = 10$ см $= 0{,}1$ м;
$F_0 = 2$ кН $= 2 \cdot 10^3$ Н

A — ?

Розв'язання

Робота обчислюється за формулою:

$$A = F \cdot s \cdot \cos\alpha.$$

У нашому випадку $\alpha = 0$, $\cos\alpha = 1$, $s = l$.

Оскільки сила змінюється обернено пропорційно довжині цвяха, то:

$$F_{ср} = \frac{F_{поч.} + F_{кін.}}{2} = \frac{F_0 + 0}{2} = \frac{F_0}{2}.$$

Врахувавши це, отримаємо:

$$A = \frac{F_0}{2} l = \frac{2 \cdot 10^3 \text{ Н}}{2} 0{,}1 \text{ м} = 100 \text{ (Дж)}.$$

Відповідь: $A = 100$ Дж.

9.15.

Дано:
$d = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$м;
$D = 3{,}5 \cdot 10^{-3}$м;
$t = 0\ ^\circ$C;
$I = 15$ А;
$\rho_л = 900$ кг/м^3;
$\lambda = 340000$ Дж/кг;
$\rho_{ал} = 2{,}8 \cdot 10^{-8}$ Ом$\cdot$м

τ — ?

Розв'язання

Кількість теплоти, що виділяється в провіднику зі струмом:

$$Q = I^2 R \tau,$$

Кількість теплоти потрібна для того, щоб лід перетворився на воду:

$$Q = \lambda m_л.$$

Прирівнюємо праві частини формул і визначаємо τ:

$$I^2 R \tau = \lambda m_л;$$

$$\tau = \frac{\lambda m_л}{I^2 R} \ (1)$$

$$m_л = \rho_л V_л; V_л = V_2 - V_1 = \frac{\pi D^2 l}{4} - \frac{\pi d^2 l}{4};$$

$$m_л = \rho_л l \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right); \ (2)$$

$$R = \frac{\rho_{ал} l}{S_1} = \frac{4 \rho_{ал} l}{\pi d^2}. \ (3)$$

Підставимо (2) і (3) в (1):

$$\tau = \frac{\lambda \rho_л l \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right)}{I^2 \frac{4 \rho_{ал} l}{\pi d^2}} = \frac{\lambda \rho_л l \pi^2 d^2 (D^2 - d^2)}{16 I^2 \rho_{ал}} = 1128 \text{ с}.$$

Відповідь: $\tau = 1128$ с.

9.16.

Дано:
$t = 10$ хв $= 1/6$ год;
$s = 2$ км

$v_т$ — ?
s_1 — ?

Розв'язання

Систему відліку пов'язуємо з течією. Вода нерухома, тому паличка весь час лежить на тому ж місці, де впала. Спортсмени спочатку віддаляються від цього місця протягом часу t, потім розвертаються та повертаються, затративши на все час $2t$.

За час $2t$ паличку знесло відносно берега на відстань s. Отже, швидкість течії становить:

$$v_т = \frac{s}{2t} = 6 \text{ км/год}.$$

$$s_1 = (v + v_т)t - (v - v_т)t,$$

де v — швидкість човна.

$$s_1 = (v + v_т - v + v_т)t;$$

$$s_1 = 2v_т t = 2 \text{ км}.$$

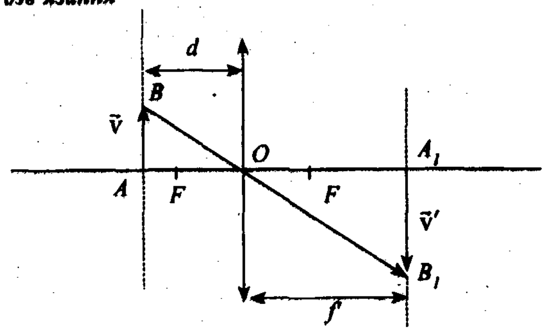
Відповідь: $v_т = 6$ км/год, $s_1 = 2$ км.

9.17.

Дано:
$F = f$;
$d = 4f$;
v

v' — ?

Розв'язання



Мал. 9.15

Виконаємо малюнок *(мал. 9.15)* до задачі та запишемо формулу тонкої лінзи відповідно до нього:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{F},$$

де f' — відстань від лінзи до зображення.

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d};$$

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{f} - \frac{1}{4f} = \frac{3}{4f};$$

$$f' = \frac{4f}{3}.$$

Із подібності трикутників AOB і $A_1B_1O_1$ знаходимо v':

$$\frac{v}{v'} = \frac{d}{f'};$$

$$v' = \frac{vf'}{d} = \frac{v\frac{4f}{3}}{4f} = \frac{v}{3}.$$

Зауваження. Ми розглянули випадок, коли тіло знаходиться поблизу осі, тому скористалися формулою тонкої лінзи, а вона справедлива лише для параксіальних променів і в цьому випадку кут $\varphi \le 8°$.

Відповідь: $v' = \frac{v}{3}$.

9.18. Якщо гроза далеко, то під час проходження білого світла від блискавки короткі хвилі спектра (фіолетові, сині, блакитні) розсіюються. Тому спостерігач побачить лише довгі хвилі (червоні, оранжеві) світлового спектра, що не встигають розсіятись.

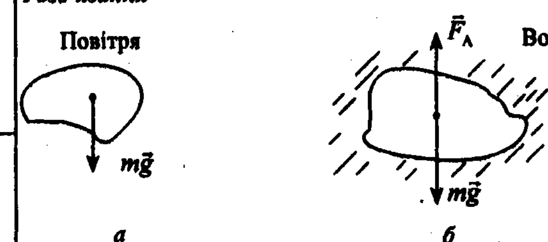
Якщо гроза близько, тоді ми бачимо весь світловий спектр хвиль, у який входять і короткі (фіолетові) хвилі.

9.19.

Дано:
$P_п/P_в = 1,4$;
$\rho_{ск} = 2,5$ г/см³;
$\rho_в = 3,5$ г/см³;
$\rho_в = 1$ г/см³

ρ — ?

Розв'язання



Мал. 9.16

Вага каменя в повітрі становить *(мал. 9.16а)*:

$$P_п = F_т = mg = \rho Vg.$$

Вага у воді *(мал. 9.16б на с. 61)*:

$$P_в = F_т - F_А = mg - \rho_в g V = \rho V g - \rho_в g V = Vg(\rho - \rho_в).$$

За умовою задачі:

$$\frac{P_п}{P_в} = 1,4$$

та

$$\frac{P_п}{P_в} = \frac{\rho V g}{Vg(\rho - \rho_в)} = \frac{\rho}{\rho - \rho_в};$$

тому:

$$\rho = 1,4(\rho - \rho_в);$$

$$\rho = 1,4\rho - 1,4\rho_в;$$

$$0,4\rho = 1,4\rho_в;$$

$$\rho = \frac{1,4\rho_в}{0,4};$$

$$\rho = \frac{1,4 \cdot 1\,г/см^3}{0,4} = 3,5\,г/см^3.$$

Відповідь: алмаз.

9.20.

Дано:
$m = 70$ кг;
$l = 5$ м

Q — ?

Розв'язання.
Якщо людина спускалася зі сталою швидкістю, то $F_{тяж} = F_{тер}$. Якщо вважати, що тепло, яке виділилося, дорівнює роботі сили тертя, то $Q = A = F_{тер} \cdot l = mg \cdot l = 70 \cdot 9,8 \cdot 5 = 3,43$ кДж.

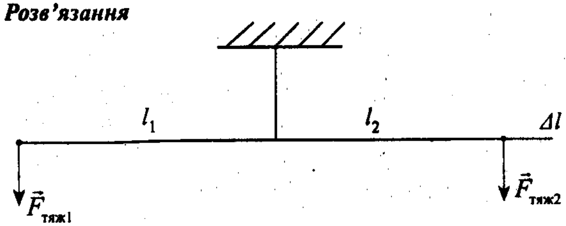
Відповідь: $Q = 3,43$ кДж.

9.21.

Дано:
$l = 20$ см;
$\rho_1 = 2$ г/см^3;
$\Delta l = 3$ см

ρ_2 — ?

Розв'язання



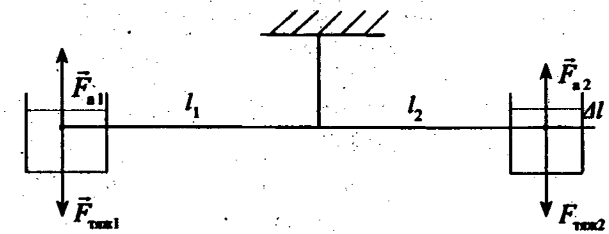
Мал. 9.17

Запишемо умову рівноваги стрижня для першого випадку, коли намистини знаходяться в повітрі *(мал. 9.17)*:

$$\rho_1 V_1 g l_1 = \rho_2 V_2 g l_2;$$

$$\rho_1 V_1 l_1 = \rho_2 V_2 l_2, (1)$$

де $l_1 = l/2 = 10$ см, $l_2 = l/2 - \Delta l = 7$ см.



Мал. 9.18

Запишемо умову рівноваги важеля (стрижня) для випадку, коли намистини знаходяться у воді *(мал. 9.18)*:

$$\rho_1 V_1 g l_1 - \rho_в V_1 g l_1 = \rho_2 V_2 g l_2 - \rho_в V_2 g l_1;$$

$$\rho_1 V_1 - \rho_в V_1 = \rho_2 V_2 - \rho_в V_2;$$

$$V_1(\rho_1 - \rho_в) = V_2(\rho_2 - \rho_в). (2)$$

Поділимо (1) і (2):

$$\frac{\rho_1 l_1}{\rho_1 - \rho_в} = \frac{\rho_2 l_2}{\rho_2 - \rho_в};$$

$$\rho_1 l_1 \rho_2 - \rho_1 l_1 \rho_в = \rho_2 l_2 \rho_1 - \rho_2 l_2 \rho_в;$$

$$\rho_2(\rho_1 l_1 - l_2\rho_1 + l_2\rho_в) = \rho_1 l_1 \rho_в;$$

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 l_1 \rho_в}{\rho_1 l_1 - l_2\rho_1 + l_2\rho_в};$$

$$\rho_2 = \frac{2\,г/см^3 \cdot 10\,см \cdot 1\,г/см^3}{2\,г/см^3 \cdot 10\,см - 2\,г/см^3 \cdot 7\,см + 1\,г/см^3 \cdot 7\,см} =$$

$$= \frac{20}{13}\,г/см^3 = 1,54\,г/см^3.$$

Відповідь: $\rho_2 = 1,54$ г/см^3.

9.22.

Дано:	*Розв'язання*
$m_1 = 150$ г $= 0{,}15$ кг; $m_2 = 300$ г $= 0{,}3$ кг; $c_1 = 380$ Дж/кг·°C; $c_2 = 920$ Дж/кг·°C	$c_{сум} = \frac{Q}{m\Delta t} = \frac{Q_1 + Q_2}{(m_1 + m_2)\Delta t}$;
$c_{сум}$ — ?	$Q_1 = c_1 m_1 \Delta t$; $Q_2 = c_2 m_2 \Delta t$;

$$c_{сум} = \frac{c_1 m_1 \Delta t + c_2 m_2 \Delta t}{(m_1 + m_2)\Delta t} = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)\Delta t}{(m_1 + m_2)\Delta t} = \frac{c_1 m_1 + c_2 + m_2}{m_1 + m_2};$$

$$c_{сум} = \frac{380\ \text{Дж / кг}\cdot{}^\circ\text{C}\cdot 0{,}15\ \text{кг} + 920\ \text{Дж / кг}\cdot{}^\circ\text{C}\cdot 0{,}3\ \text{кг}}{0{,}15\ \text{кг} + 0{,}3\ \text{кг}} =$$

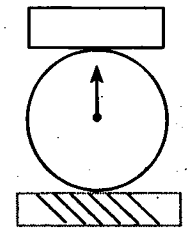
$= 740$ Дж / кг·°C.

Відповідь: $c_{сум} = 740$ Дж/кг·°C.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ 10 КЛАСУ

УМОВИ ЗАВДАНЬ

10.1. Шкала терезів для домашнього зважування проградуйована до 1 кг *(мал. 10.1)*. Як, маючи, крім терезів, котушки з нитками, зважити книжку, маса якої становить приблизно 2 кг?



Мал. 10.1

10.2. Оцініть, на яку висоту H підніметься стріла, випущена з лука вертикально вгору. Маса стріли становить 20 г, довжина тятиви — 1,2 м, тятиву відтягують на 7 см. Вважати, що сила пружного натягу тятиви — це величина стала й дорівнює 350 Н.

10.3. Під час гри у хокей шайба вдаряється об поверхню льоду під кутом 45° до вертикалі та відскакує під кутом 60°, втративши половину кінетичної енергії. Визначте коефіцієнт тертя шайби по поверхні льоду. Дію сили тяжіння за час удару не враховуйте. Рух шайби вважайте поступальним.

10.4. Один моль одноатомного газу здійснює цикл, що містить дві ізохори та дві ізобари. При цьому максимальний тиск у $n_1 = 2$ рази більший, ніж мінімальний, а максимальний об'єм у $n_2 = 3$ рази більший, ніж мінімальний. Визначте коефіцієнт корисної дії такого циклу.

10.5. Розв'язуючи задачу, учень одержав відповідь $5\cdot10^3\ \dfrac{кг^2\cdot м^3}{с^4\cdot Н}$. Яку фізичну величину він визначав?

10.6. Вінні Пух, полізши на дерево за медом, зірвався з гілки та почав падати так, що його прискорення під час падіння змінюється лінійно від нуля до значення прискорення вільного падіння. Через 2 с Вінні Пух із прискоренням g падає на землю. Визначте швидкість приземлення Вінні Пуха. *(Фізика для фізиків: навч.-метод. вид. — Рівне: РОІППО, 2077. — № 4 (24).)*

10.7. Куля радіусом R, що ковзає по гладенькій горизонтальній поверхні, наштовхнулася на сходинку висотою $h = R/5$. При якій швидкості руху куля «застрибне» на сходинку? Удар кулі об сходинку абсолютно пружний. Тертя відсутнє. *(Фізика для фізиків: навч.-метод. вид. — Рівне: РОІППО, 2008. — № 4 (28).)*

10.8. Для охолодження кулемета під час стрільби в його кожух наливають 5 л води при температурі 10 °С. За кожну секунду кулемет робить 10 пострілів. При цьому в кожному патроні згорає 3 г пороху. За який час википить уся вода в кожусі, якщо ККД процесу теплообміну становить 25 %, а ККД кулемета — 30 %? Із якою швидкістю вилітає куля із ствола кулемета, якщо її маса становить 10 г? Питома теплота згорання пороху — $3{,}8\cdot10^6$ Дж/кг, питома теплоємність води — $4{,}2\cdot10^3$ Дж/(кг·К), питома теплота пароутворення води — $2{,}3\cdot10^6$ Дж/кг. Стрільба неперервна. *(Репетитор по физике. Механика. Молекулярная физика. Термодинамика / И. Л. Касаткина. — 7-е изд., перераб. и дополн. / под ред. Т. В. Шкиль. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. — 844 с.)*

10.9. Гальванометр з опором $R_г$, шунтований опором $R_ш$ і з'єднаний послідовно з опором R, використали як вольтметр. Він дає відхилення стрілки на одну поділку на 1 В. Як потрібно змінити опір R, щоб гальванометр давав відхилення на одну поділку на 10 В? *(Гольфарб Н. И. Сборник вопросов и задач по физике: учеб. пособ. — 5-е изд. — М.: Высшая школа, 1982. — 351 с.)*

10.10. Турист, вийшовши з палатки, йшов рівниною, піднявся на гору й одразу повернувся тією ж дорогою. При цьому турист пройшов 12 км,

а вся подорож тривала 3 год 30 хв. Яка довжина спуску, якщо рівниною турист ішов зі швидкістю 4 км/год, угору — зі швидкістю 2 км/год, а вниз — зі швидкістю 6 км/год? Чи можна було б знайти довжину спуску, якби вся подорож тривала 4 год, швидкість руху туриста рівниною становила 3 км/год, а решта даних лишилася б такою самою?

10.11. У герметично закритій посудині у воді плаває шматок льоду масою M, у якому знаходиться свинцева дробинка масою m. Яку кількість теплоти потрібно надати, щоб дробинка почала тонути? Густина свинцю становить 11,3 г/см³, густина льоду — 900 кг/м³, теплота плавлення льоду — 330 кДж/кг. Температура води в посудині становить 0 °С.

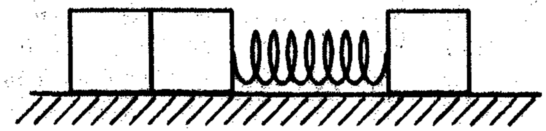
10.12. Як можна визначити густину невідомої речовини, маючи лише посудину з водою та мензурку, вага якої відома? Терезів немає.

10.13. Парашутист певний час падає, не розкриваючи парашута, а потім розкриває його. Як залежать від часу швидкість і прискорення парашутиста? Накресліть приблизні графіки швидкості та прискорення парашутиста.

10.14. Магнітофонна стрічка перемотується з однієї котушки на іншу. Кутова швидкість котушки-приймача постійна й дорівнює ω, радіус порожньої котушки становить R, товщина стрічки — h. Яка буде швидкість подачі стрічки через час t після початку руху?

10.15. Координати тіла змінюються з часом за законом: $x = 2t^2 - 4t - 1$; $y = 8t - 3$; $z = 5$. Числові значення виражені в одиницях СІ. На яку відстань переміститься тіло за проміжок часу [1 с; 4 с]?

10.16. На гладенькій поверхні в стані спокою перебуває система, що містить три однакові кубики масою m і пружини жорсткістю k *(мал. 10.2 на с. 68)*. Два кубики закріплені на пружині, а третій — вільний. Спочатку пружина стиснута на величину Δx, а потім її відпускають. Визначте швидкість лівого кубика в момент відриву.

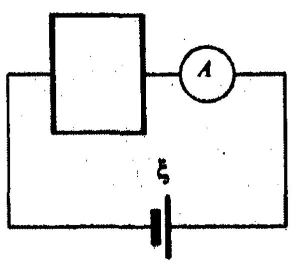


Мал. 10.2

10.17. Одного сонячного ранку цвіркун сидів на асфальті. Коли сонце піднялось на кут α над горизонтом, він стрибнув у бік сонця з початковою швидкістю v_0 під кутом β до горизонту. З якою швидкістю рухається по асфальту тінь цвіркуна через проміжок часу t після стрибка?

10.18. Маємо дві однакові стальні шпиці, із яких одна намагнічена. Як дізнатися, яка із шпиць намагнічена, не користуючись нічим, крім самих шпиць?

10.19. Фізик-експериментатор Іван Петрович створив електричне коло, що складається з джерела струму, ЕРС якого дорівнює 15 В, амперметра та прямокутної посудини *(мал. 10.3)*. Ліва та права стінки цієї посудини виготовленні з матеріалу, що проводить електричний струм і підключені в коло, а інші сторони та дно струм не проводять. У результаті своїх експериментів дослідник встановив, якщо до половини посудини насипати металевих ошурок, то амперметр покаже силу струму 6 А. Визначте внутрішній опір джерела струму. Опором амперметра знехтуйте.



Мал. 10.3

10.20. Супутник телезв'язку виведено на колову орбіту так, що він перебуває над однією і тією ж точкою в площині земного екватора. Визначте радіус орбіти супутника.

10.21. З однорідної дротини довжиною l і поперечним перерізом S виготовили квадрат з однією діагоналлю. Визначте опір квадрата під час підключення його різними вершинами. Питомий опір матеріалу дротини становить ρ.

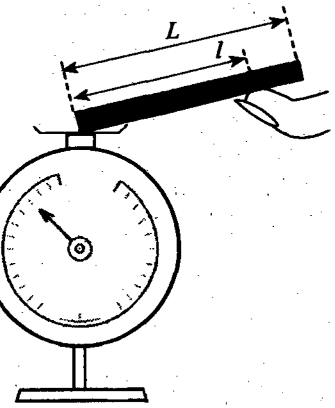
10.22. Із балкона висотного будинку ($h = 20$ м) хлопчик кинув вертикально вгору м'яч, який після цього впав на землю. Визначте швидкість руху на середині пройденого м'ячем шляху?

10.23. Відстань між двома автобусними зупинками становить 400 м. Автобус, від'їхавши від зупинки та досягши максимальної швидкості 36 км/год, рухається рівномірно, а перед наступною зупинкою гальмує. Який шлях автобус проїхав, рухаючись рівномірно, якщо рух від однієї зупинки до іншої тривав 1 хв, а набирав швидкість і гальмував автобус при постійних (не обов'язково однакових) прискореннях?

10.24. До коромисла зрівноважених рівноплечих терезів підвішені два тягарці однакової маси, але різних об'ємів. Якщо перший тягарець занурити у воду, а другий — в олію, то рівновага збережеться. У скільки разів відрізняються густини тягарців? Густина олії становить 900 кг/м^3.

РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ

10.1. Потрібно відірвати нитку, довжина якої дорівнює довжині книжки, потім скласти її вдвоє, учетверо, у вісім разів і відкласти від верхнього краю книжки відрізки, рівні одній четвертій та одній восьмій її довжини. Отримані точки помітити олівцем. Після цього покласти нижній край книжки на терези, підперши її пальцем в одній із відмічених точок *(мал. 10.4)*. (При цьому стрілка терезів не має сягати за межі шкали.)



Мал. 10.4

Оскільки книжка перебуває в стані спокою, то сума моментів сил, що повертають її проти годинникової стрілки навколо осі, яка проходить через кінчик пальця, рівна сумі моментів сил, що повертають книжку за годинниковою стрілкою відносно цієї осі. У першому напрямі книжку повертає сила тяжіння $M{\cdot}g$, плече якої дорівнює $l-\frac{L}{2}$, оскільки вона прикладена до центра тяжіння книжки, що знаходиться посередині. За годинниковою стрілкою її обертає сила реакції опори (шальки терезів) mg (m — покази терезів), плече якої рівне l. Тоді з умови рівності моментів, дізнаємося:

$$Mg\left(l-\frac{L}{2}\right)=mgL,$$

звідки:

$$M=2lm(2l-L).$$

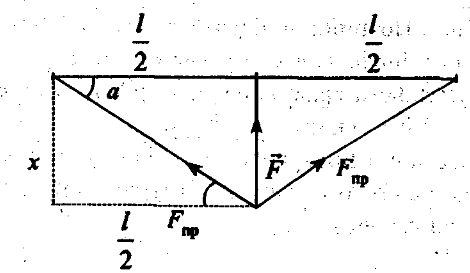
Відповідь: $M=2lm(2l-L)$.

10.2.

Дано:
$x = 7$ см $= 7\cdot10^{-2}$ м;
$F_{пр} = 350$ Н;
$l = 1{,}2$ м;
$m = 20\cdot10^{-3}$ кг

h_{max} — ?

Розв'язання



Мал. 10.5

Відповідно до *мал. 10.5:*

$$F=2F_{пр}\sin\alpha. \ (1)$$

Оскільки $x \ll l$, то:

$$\sin\alpha\approx \mathrm{tg}\alpha=\frac{2x}{l}. \ (2)$$

Підставимо (2) в (1):

$$F=\frac{2F_{пр}2x}{l}=\frac{4F_{пр}x}{l};$$

$$A=F_{ср}x=\frac{F}{2}x; \ (3)$$

$$A=\frac{4F_{пр}x\cdot x}{2l}=\frac{2F_{пр}x^2}{l}; \ (4)$$

$$E_{п\,max}=mgh_{max}. \ (5)$$

Прирівняємо (4) і (5):

$$\frac{2F_{пр}x^2}{l}=mgh_{max};$$

$$h_{max}=\frac{2F_{пр}x^2}{mgl};$$

$$h_{max}=\frac{2\cdot350\,\text{Н}\cdot49\cdot10^{-4}\,\text{м}^2}{20\cdot10^{-3}\,\text{кг}\cdot9{,}8\,\text{м}/\text{с}^2\cdot1{,}2\,\text{м}}=14{,}58\,\text{м}\approx14{,}6\,\text{м}.$$

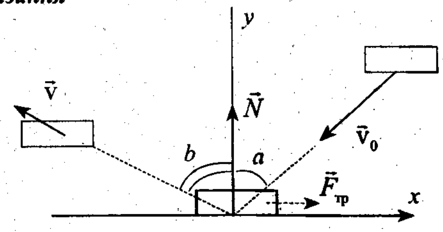
Відповідь: $h_{max}\approx 14{,}6$ м.

10.3.

Дано:
$\alpha = 45°$;
$\beta = 60°$;
$E_{к0} = 1/2E_к$

μ — ?

Розв'язання



Мал. 10.6

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 10.6)*. Сила тертя, що діє на шайбу, становить:

$$F_{тр} = \mu N.$$

Вважатимемо, що Δt — час удару, тоді:

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p}\ .$$

У проекціях на осі координат: вісь Ox:

$$F_x\Delta t = \Delta p_x;\ F_x = F_{тр} = \mu N;$$

вісь Oy:

$$F_y\Delta t = \Delta p_y;\ F_y = N.$$

$$\Delta p_x = -m\mathrm{v}\sin\beta - (-m\mathrm{v}_0\sin\alpha);$$

$$\Delta p_y = m\mathrm{v}\cos\beta - (-m\mathrm{v}_0\cos\alpha);$$

$$\mu N\Delta t = m\mathrm{v}_0\sin\alpha - m\mathrm{v}\sin\beta;$$

$$N\Delta t = m\mathrm{v}_0\cos\alpha + m\mathrm{v}\cos\beta.$$

З останніх двох рівностей:

$$\mu = \frac{\mathrm{v}_0\sin\alpha - \mathrm{v}\sin\beta}{\mathrm{v}_0\cos\alpha + \mathrm{v}\cos\beta}.$$

Урахувавши, що під час удару шайба втрачає половину кінетичної енергії ($\frac{m\mathrm{v}_0^2}{2} = 2\frac{m\mathrm{v}^2}{2}$), то:

$$\mathrm{v} = \frac{\mathrm{v}_0}{\sqrt{2}}.$$

Звідси

$$\mu = \frac{\sqrt{2}\sin\alpha - \sin\beta}{\sqrt{2}\cos\alpha + \cos\beta} = \frac{2-\sqrt{3}}{3} = 0{,}09.$$

Відповідь: $\mu = 0{,}09$.

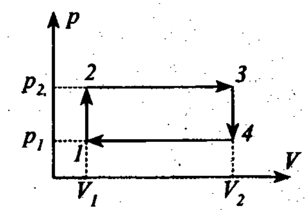
10.4.

Дано:
$n_1 = 2$;
$n_2 = 3$

η — ?

Розв'язання

На *мал. 10.7* зображено цикл, описаний в умові задачі.



Мал. 10.7

Формула для визначення коефіцієнта корисної дії циклу:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1};$$

$$Q_1 - Q_2 = A;$$

$$\eta = \frac{A}{Q_1}.$$

Робота циклу виражається площею прямокутника, вершини якого позначені цифрами 1, 2, 3, 4:

$$A = (p_1 - p_2)(V_2 - V_1);$$

$$A = (n_1 - 1)(n_2 - 1)p_1V_1.$$

Теплота, що отримав газ, становить:

$$Q_1 = Q_{1,2} + Q_{2,3},$$

де

$$Q_{1,2} = mc_V(T_2 - T_1) = m\frac{i}{2}\frac{R}{M}(T_2 - T_1) = \frac{i}{2}R\frac{m}{M}(T_2 - T_1).$$

Відповідно до умови задачі газ одноатомний, а $\frac{m}{M} = 1$ моль.

Тоді

$$Q_{1,2} = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1);$$

$$Q_{2,3} = mc_p(T_3 - T_2) = m\frac{i+2}{2}\frac{R}{M}(T_3 - T_2) = \frac{5}{2}R\frac{m}{M}(T_3 - T_2).$$

Температуру T_1 визначаємо з рівняння:

$$T_1 = \frac{p_1V_1}{R};$$

$$T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = T_1 \frac{n_1 p_1}{p_1} = n_1 T_1;$$

$$T_3 = T_2 \frac{V_3}{V_1} = T_2 \frac{n_2 V_1}{V_1} = n_2 T_2 = n_2 n_1 T_1;$$

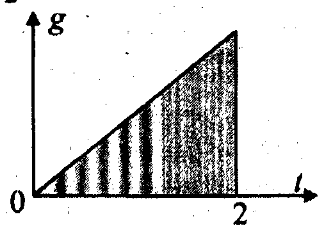
$$Q_1 = \frac{3}{2} R(n_1 - 1) \frac{p_1 V_1}{R} + \frac{5}{2} R n_1 T_1 (n_2 - 1) p_1 V_1 = \frac{p_1 V_1}{2} [3(n_1 - 1) + 5 n_1 (n_2 - 1)];$$

$$\eta = \frac{2(n_1 - 1)(n_2 - 1) p_1 V_1}{p_1 V_1 [3(n_1 - 1) + 5 n_1 (n_2 - 1)]} = \frac{2(n_1 - 1)(n_2 - 1)}{5 n_1 n_2 - 2 n_1 - 3} = 0{,}17.$$

Відповідь: $\eta = 0{,}17$.

10.5. Учень визначав роботу.

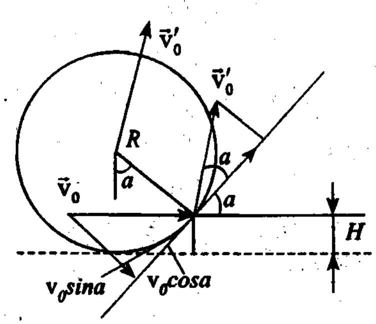
10.6. Значення швидкості Вінні Пуха дорівнює площі фігури на графіку *(мал. 10.8)*: $v = \frac{1}{2} gt \approx 10$ м/с.



Мал. 10.8

Відповідь: 10 м/с.

10.7.



Мал. 10.9

Із *мал. 10.9* дізнаємося, що

$$\cos\alpha = \frac{R - H}{R} = \frac{4}{5}, \ \sin\alpha = \frac{3}{5}.$$

Швидкість центра мас після зіткнення зберігається незмінною за модулем $(v_0' = v_0)$ і напрямлена під кутом до горизонту. Після зіткнення куля має пролетіти в горизонтальному напрямку відстань не меншу ніж $R\sin\alpha$, щоб «застрибнути» на сходинку. Горизонтальна проекція швидкості відразу після зіткнення буде дорівнювати $v_0\cos2\alpha$, а вертикальна — $v_0\sin2\alpha$. Мінімальний час польоту кульки становить:

$$t_0 = \frac{R\sin\alpha}{v_0 \cos 2\alpha}.$$

Висота сходинки H має задовольняти умову:

$$H \le (v_0 \sin 2\alpha) t_0 - \frac{g t_0^2}{2},$$

звідки після математичних перетворень отримаємо:

$$v^2 \ge \frac{1125}{914} gR.$$

(Враховано, що $\sin 2\alpha = \frac{24}{25}$, $\cos 2\alpha = \frac{7}{25}$).

10.8. ККД процесу теплообміну становить:

$$\eta_1 = \frac{t_1 \rho V \left(c\left(t_2^\circ - t_1^\circ\right) + r\right)}{m_1 t N q} 100\ \%,$$

звідси час википання усієї води в кожусі:

$$t = \frac{t_1 \rho V \left(c\left(t_2^\circ - t_1^\circ\right) + r\right)}{m_1 \eta N q} 100\ \%.$$

ККД кулемета:

$$\eta_2 = \frac{m_2 v^2}{2 m_1 q} 100\ \%,$$

звідси швидкість кулі:

$$v = \sqrt{\frac{2 m_1 q \eta_2}{m_2 100\ \%}}.$$

Відповідь: 7,8 хв; 827 м/с.

10.9. Загальний опір системи:

$$R_з = R + \frac{R_ш R_г}{R_ш + R_г}.$$

Щоб відхилення стрілки гальванометра не змінилося під час збільшення напруги в n разів (тобто щоб збільшити ціну поділки в n разів), потрібно ввести додатковий опір $R_{дод}$, у $(n-1)$ рази більший, ніж опір системи. За умовою задачі $n = 10$, тоді

$$R_{дод} = 9\left(R + \frac{R_ш R_г}{R_ш + R_г}\right),$$

а змінений опір R' дорівнюватиме:

$$R' = R_{дод} + R;$$

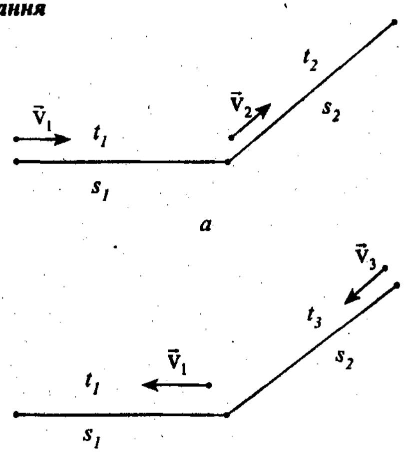
$$R' = 10R + \frac{9R_ш R_г}{R_ш + R_г} = \frac{10R(R_ш + R_г) + 9R_ш R_г}{R_ш + R_г}.$$

10.10.

Дано:
$s = 12$ км;
$t = 3$ год 30 хв;
$v_1 = 4$ км/год;
$v_2 = 2$ км/год;
$v_3 = 6$ км/год

s_2 — ?

Розв'язання



Мал. 10.10

Виконаємо малюнок до задачі. На *мал. 10.10а* зображений рух рівниною та підняття на гору, на *мал. 10.10б* схематично зображено шлях із гори до палатки. Увесь шлях, пройдений туристом, становить:

$$s = 2(s_1 + s_2).$$

Час подорожі:

$$t = 2t_1 + t_2 + t_3.$$

$$\begin{cases} s_1 = v_1 \cdot t_1; \\ s_2 = v_2 \cdot t_2; \\ s_2 = v_3 \cdot t_3. \end{cases}$$

$$\begin{cases} t_1 = \dfrac{s_1}{v_1}; \\ t_2 = \dfrac{s_2}{v_2}; \\ t_3 = \dfrac{s_2}{v_3}. \end{cases}$$

$$t = \frac{2s_1}{v_1} + \frac{s_2}{v_2} + \frac{s_2}{v_3};$$

$$s = 2s_1 + 2s_2;$$

$$s_1 = \frac{s - 2s_2}{2};$$

$$t = \frac{2}{v_1}\left(\frac{s - 2s_2}{2}\right) + \frac{s_2}{v_2} + \frac{s_2}{v_3};$$

$$t = \frac{s}{v_1} - \frac{2s_2}{v_1} + \frac{s_2}{v_2} + \frac{s_2}{v_3};$$

$$t - \frac{s}{v_1} = \frac{s_2}{v_2} + \frac{s_2}{v_3} - \frac{2s_2}{v_1};$$

$$t - \frac{s}{v_1} = s_2\left(\frac{v_1 v_3 + v_1 v_2 + v_2 v_3}{v_1 v_2 v_3}\right);$$

$$s_2 = \left(\frac{v_1 t - s}{v_1}\right)\left(\frac{v_1 v_2 v_3}{v_1 v_3 + v_1 v_2 + v_2 v_3}\right);$$

$$s_2 = \frac{(v_1 t - s) v_2 v_3}{v_1 v_3 + v_1 v_2 - 2 v_2 v_3};$$

$$s_2 = \frac{(4\,км/год \cdot 3{,}5\,год - 12\,км) \cdot 2\,км/год \cdot 6\,км/год}{6\,км/год \cdot 4\,км/год + 2\,км/год \cdot 4\,км/год - 2 \cdot 2\,км/год \cdot 6\,км/год} =$$

$= 3$ км.

Якщо $t = 4$ год і $v_1 = 3$ км/год, то $s_2 = 0$.

Відповідь: $s_2 = 3$ км, $s_2 = 0$.

10.11.

Дано:	***Розв'язання***
$\rho_{св} = 11300$ кг/м^3; $\rho_л = 900$ кг/м^3; $t = 0$ °C; $\lambda = 330000$ Дж/кг	Кількість теплоти, яку потрібно надати, щоб дробинка почала тонути, становить: $Q = \lambda\Delta M.$ Те, що дробинка почала тонути, означає, що середня густина об'єкта «лід + дробинка» дорівнює густині води:
s_2 — ?	

$$\rho_{сер} = \rho_в;$$

$$\rho_{сер} = \frac{m + M - \Delta M}{V_1} = \frac{m + M - \Delta M}{V_{св} + V_л} = \frac{m + M - \Delta M}{\dfrac{m}{\rho_{св}} + \dfrac{M - \Delta M}{\rho_л}} =$$

$$= \frac{(m + M - \Delta M)\rho_{св}\rho_л}{m\rho_л + M\rho_{св} - \Delta M\rho_{св}};$$

$$\rho_в = \frac{(m + M - \Delta M)\rho_{св}\rho_л}{m\rho_л + M\rho_{св} - \Delta M\rho_{св}};$$

$$\rho_в(m\rho_л + M\rho_{св} - \Delta M\rho_{св}) = (m + M - \Delta M)\rho_{св}\rho_л;$$

$$m\rho_л\rho_в + M\rho_{св}\rho_в - \Delta M\rho_{св}\rho_в = m\rho_{св}\rho_л + M\rho_{св}\rho_л - \Delta M\rho_{св}\rho_л;$$

$$\Delta M = \frac{m\rho_л(\rho_{св} - \rho_в) + M\rho_{св}(\rho_л - \rho_в)}{\rho_{св}(\rho_л - \rho_в)};$$

$$Q = \lambda\left(\frac{m\rho_л(\rho_{св} - \rho_в) + M\rho_{св}(\rho_л - \rho_в)}{\rho_{св}(\rho_л - \rho_в)}\right);$$

$$Q = \lambda\left(\frac{m\rho_л(\rho_{св} - \rho_в)}{\rho_{св}(\rho_л - \rho_в)} + M\right);$$

$$Q = 330000(8{,}2m + M).$$

Відповідь: $Q = 330000(8{,}2m + M)$

10.12. Мензурку ставимо в посудину з водою та наливаємо в неї невідому речовину. Мензурка з речовиною плаватиме у воді. За поділками на мензурці визначаємо об'єм невідомої речовини ($V_р$) та об'єм зануреної частини мензурки ($V_м$) у воду. За умовою плавання тіл:

$$F_А = F_Т;$$

$$F_А = \rho_в g V_м,$$

де $\rho_в$ — густина води,

$$F_Т = P_м + m_р g = P_м + \rho_р g V_р,$$

де $\rho_р$ — густина невідомої речовини, $P_м$ — вага мензурки, відома з умови задачі.

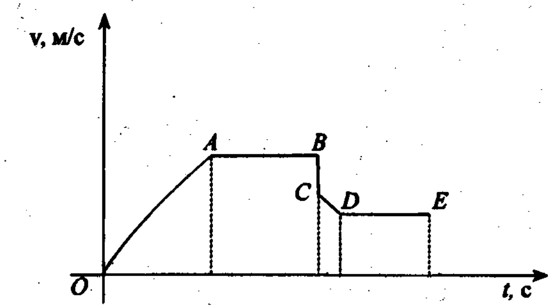
Тоді

$$\rho_в g V_м = P_м + \rho_р g V_р,$$

$$\rho_р = \frac{\rho_в g V_м - P_м}{g V_р}.$$

Відповідь: $\rho_р = \dfrac{\rho_в g V_м - P_м}{g V_р}.$

10.13.



Мал. 10.11

На *мал. 10.11* зображено залежність швидкості від часу, зокрема:

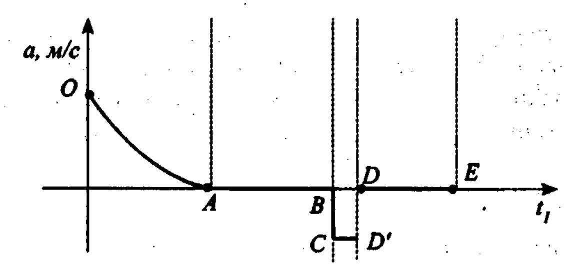
OA — швидкість збільшується;

AB — швидкість стала;

BC — швидкість зменшується;

CD — швидкість лінійно зменшується;

DE — швидкість не змінюється.



Мал. 10.12

На *мал. 10.12 на с. 79* зображено залежність прискорення від часу, зокрема:

OA — рух сповільнений;

AB — прискорення дорівнює нулю;

BC — прискорення зменшується;

CD' — рух зі сталим прискоренням;

DE — прискорення дорівнює нулю.

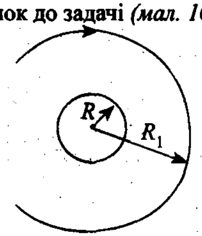
10.14.

Дано:
$\omega = \text{const}$;
R, h, t

v — ?

Розв'язання

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 10.13)*.



Мал. 10.13

$$R_1 = R + nh;$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{t};$$

$$n = \frac{\omega t}{2\pi};$$

$$R_1 = R + \frac{\omega t}{2\pi}h;$$

$$v = \omega R_1;$$

$$v = \omega\left(R + \frac{\omega t}{2\pi}h\right).$$

Відповідь: $v = \omega\left(R + \frac{\omega t}{2\pi}h\right)$.

10.15.

Дано:
$x = 2t^2 - 4t - 1$;
$y = 8t - 3$;
$z = 5$;
[1 с; 4 с]

s — ?

Розв'язання

Із формули для довжини відрізка

$$s = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

визначимо значення координат в моменти часу $t_1 = 1$ с і $t_2 = 4$ с:

$$x_1 = 2 \cdot 1^2 - 4 \cdot 1 - 1 = -3;$$

$$x_2 = 2 \cdot 4^2 - 4 \cdot 4 - 1 = 15;$$

$$y_1 = 8 \cdot 1 - 3 = 5;$$

$$y_2 = 8 \cdot 4 - 3 = 29;$$

$$z_1 = 5;$$

$$z_2 = 5;$$

$$s = \sqrt{(15-(-3))^2 + (29-5)^2 + (5-5)^2} = 30.$$

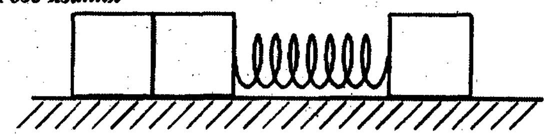
Відповідь: $s = 30$.

10.16.

Дано:
$m, k, \Delta x$

v — ?

Розв'язання



Мал. 10.14

Нехай у момент відриву лівого кубика його швидкість становить v, правого — v_1 *(мал. 10.14)*.

Записуємо закон збереження імпульсу (початковий імпульс дорівнює 0, у момент відриву — $2m\vec{v}$ та $m\vec{v}_1$):

$$0 = 2m\vec{v} + m\vec{v}_1.$$

У проекції на вісь *OX*:

$$0 = -2mv + mv_1;$$

$$2mv = mv_1;$$

$$v_1 = 2v. \quad (1)$$

Потенціальна енергія стисненої пружини перетворюється повністю в кінетичну енергію кубиків у момент відриву. З урахуванням цього записуємо закон збереження енергії:

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2}.$$

Урахувавши (1), отримаємо:

$$\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{2mv^2}{2} + \frac{4mv^2}{2};$$

$$kx^2 = 6mv^2;$$

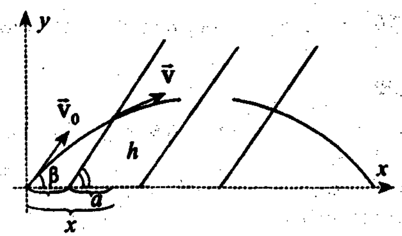
$$v^2 = \frac{k\Delta x^2}{6m};$$

$$v = \Delta x\sqrt{\frac{k}{6m}}.$$

Відповідь: $v = \Delta x\sqrt{\frac{k}{6m}}.$

10.17.

Дано:	*Розв'язання*
a, v_0, β, t	
$v_т$ — ?	



Мал. 10.15

Рух цвіркуна *(мал. 10.15)* становить такі два види рухів:

1) уздовж осі x — рух рівномірно прямолінійний, тоді рівняння координати матиме вигляд:

$$x = v_0 t\cos\beta,\ x_0 = 0;$$

2) уздовж осі y — рух рівноприскорений із прискоренням g, рівняння руху має вигляд:

$$y = v_0 t\sin\beta - \frac{gt^2}{2},\ h = y.$$

Із трикутника ABC:

$$\frac{a}{h} = \mathrm{ctg}\alpha,\ a = h\mathrm{ctg}\alpha.$$

За час t тінь перемістилася з точки O в точку A на $x_т$:

$$x_т = x - a = v_0 t\cos\beta - h\mathrm{ctg}\alpha = v_0 t\cos\beta - v_0 t\sin\beta\mathrm{ctg}\alpha - \frac{gt^2}{2}\mathrm{tg}\alpha.$$

Знайдемо похідну:

$$v_т = v_0\cos\beta - v_0\sin\beta\mathrm{ctg}\alpha + gt\mathrm{ctg}\alpha.$$

Відповідь: $v_т = v_0\cos\beta - v_0\sin\beta\mathrm{ctg}\alpha + gt\mathrm{ctg}\alpha.$

10.18. Використовуючи властивість постійного магніту, яка полягає в тому, що найбільша магнітна дія спостерігається на полюсах магніту, проводимо кінцем однієї шпиці вздовж іншої по всій довжині.

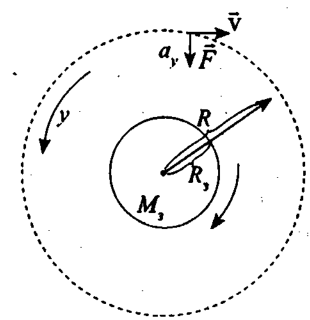
Якщо притягання цих шпиць не змінюється, то ми тримали в руках намагнічену шпицю.

Якщо деякі ділянки шпиці по-різному притягують шпицю, якою ми проводимо, то тримаємо в руках ненамагнічену шпицю.

10.19. Оскільки умова задачі є неповною, то вона розв'язку не має.

10.20.

Дано:	*Розв'язання*
$R_з = 6{,}4\cdot 10^6$ м; $M_з = 6\cdot 10^{24}$ кг; $T = 24$ год $= 86400$ с	
R — ?	



Мал. 10.16

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 10.16)* і запишемо другий закон Ньютона:

$$\vec{F} = m\vec{a}.$$

У проекціях на вісь OY:

$$F = ma_д.$$

Згідно із законом всесвітнього тяжіння:

$$F = \frac{GMm}{R^2};$$

$$\frac{GMm}{R^2} = ma_д.$$

Визначимо доцентрову прискорення:

$$a_д = \frac{v^2}{R},$$

де R — радіус орбіти.

$$v = \frac{2\pi R}{T};$$

$$v^2 = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2}.$$

Тоді

$$\frac{GM}{R} = \frac{4\pi^2 R^2}{T^2}.$$

Звідки

$$R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}};$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{6,67\cdot 10^{-11}\ \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{кг}^2}\cdot 6\cdot 10^{24}\ \text{кг}\cdot (86400)^2\ \text{с}^2}{4(3,14)^2}} = 42,3\cdot 10^6\ \text{м}.$$

Відповідь: $R = 42,3 \cdot 10^6$ м.

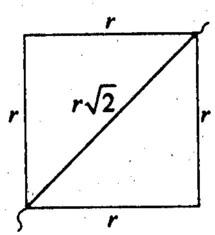
10.21.

Дано:
r, l, S

R — ?

Розв'язання

Випадок 1



Мал. 10.17

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 10.17)*. *a* — це сторона квадрата, *r* — опір сторони квадрата.

$$l = 4a + a\sqrt{2};$$

$$a = \frac{l}{4+\sqrt{2}};\ (1)$$

$$r = \frac{\rho a}{S}.\ (2)$$

Підставимо формулу (1) у (2):

$$r = \frac{\rho l}{S\left(4+\sqrt{2}\right)}.\ (3)$$

Опір зображеної на *мал. 10.17* схеми визначимо за допомогою формули:

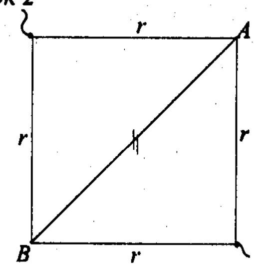
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{r\sqrt{2}} = \frac{4+\sqrt{2}}{2r};$$

$$R = \frac{2}{2+\sqrt{2}}r.\ (4)$$

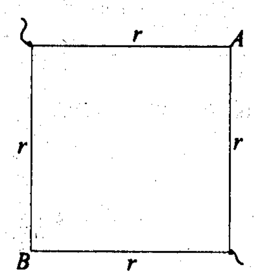
Формулу для *r* (3) підставимо в (4):

$$R = \frac{2\rho l}{S\left(2+\sqrt{2}\right)\left(2+\sqrt{2}\right)} = \frac{\rho l}{S\left(5+3\sqrt{2}\right)}.$$

Випадок 2



Мал. 10.18



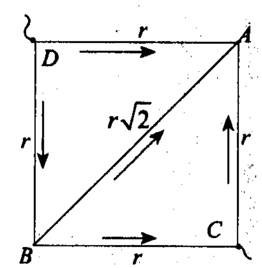
Мал. 10.19

Відповідно до симетрії потенціали точок *A* і *B* однакові *(мал. 10.18)*, тому струм по діагоналі *AB* не проходить. Отже, провідник *AB* можна вилучити з кола *(мал. 10.19)*.

Опір кола тоді дорівнює:

$$R = r = \frac{\rho l}{S\left(4+\sqrt{2}\right)}.$$

Випадок 3



Мал. 10.20

Знайдемо опір кола *(мал. 10.20 на с. 85)*, виразивши його через r. Ділянки AC і BC з'єднані паралельно, тоді:

$$r_x = \frac{2r}{1+\sqrt{2}}.$$

DB із r_x з'єднані послідовно:

$$r_y = r + \frac{2r}{1+\sqrt{2}} = \frac{r\left(3+\sqrt{2}\right)}{1+\sqrt{2}}.$$

Ділянка DA і r_y з'єднані паралельно, тому

$$R = \frac{r\left(3+\sqrt{2}\right)}{2\left(2+\sqrt{2}\right)}. \quad (5)$$

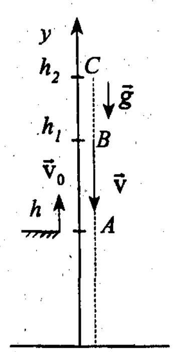
Формулу (3) підставимо в (5):

$$R = \frac{\left(3+\sqrt{2}\right)\rho l}{2S\left(2+\sqrt{2}\right)\left(4+\sqrt{2}\right)}.$$

Відповідь: $R = \dfrac{\rho l}{S\left(5+3\sqrt{2}\right)}$, $R = \dfrac{\rho l}{S\left(4+\sqrt{2}\right)}$, $R = \dfrac{\left(3+\sqrt{2}\right)\rho l}{2S\left(2+\sqrt{2}\right)\left(4+\sqrt{2}\right)}$.

10.22.

Дано:	*Розв'язання*
$h = 20$ м; $g = 9{,}8$ м/с^2	Нехай балкон знаходиться на висоті h — точка A *(мал. 10.21)*, а максимальна висота підняття м'яча становить h_1 (точка C).
v — ?	



Мал. 10.21

Увесь пройдений м'ячем шлях становить $s = 2h_1 - h$. Тоді:

$$h_2 = \frac{s}{2} = h_1 - \frac{h}{2} \text{ (точка } B).$$

Розглянемо рух м'яча від точки C до точки B як рівноприскорений без початкової швидкості:

$$h_1 - h_2 = \frac{v^2}{2g}.$$

Урахувавши, що $h_1 - h_2 = \frac{h}{2}$, отримаємо:

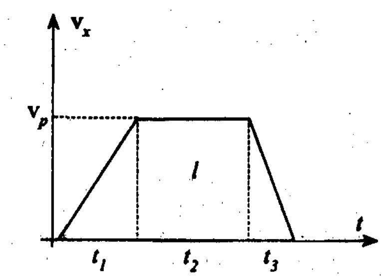
$$\frac{v^2}{2g} = \frac{h}{2};$$

$$v = \sqrt{gh} = \sqrt{9{,}8 \text{ м/с}^2 \cdot 20 \text{ м}} = 14 \text{ м/с}.$$

Відповідь: v = 14 м/с.

10.23.

Дано:	*Розв'язання*
$s = 400$ м; $v_p = 36$ км/год $= 10$ м/с; $t = 1$ хв $= 60$ с	
l — ?	



Мал. 10.22

$$t = t_1 + t_2 + t_3.$$

Увесь шлях чисельно дорівнює площі заштрихованої на *мал. 10.22* фігури (трапеції):

$$s = \frac{t + t_2}{2} v_p;$$

$$t_2 = \frac{2s}{v_p} - t.$$

Шлях рівномірного руху становить:

$$l = v_p t_2;$$

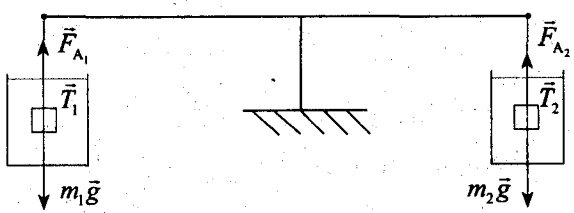
$$l = v_p\left(\frac{2s}{v_p} - t\right) = 2S - v_p t;$$

$$l = 2s - v_p t = 2 \cdot 400\text{ м} - 10\text{ м/с} \cdot 60\text{ с} = 200\text{ м}.$$

Відповідь: $l = 200$ м.

10.24.

Дано:	*Розв'язання*
$m_1 = m_2$; V_1; V_2; $\rho_{ол} = 900$ кг/м^3; $\rho_в = 1000$ кг/м^3	
ρ_2/ρ_1 — ?	



Мал. 10.23

Оскільки після занурення тіл у рідини рівновага збереглася, то маси тіл і сили реакції підвісів однакові *(мал. 10.23)*. Оскільки сили тяжіння та сили натягу підвісів рівні, то виштовхувальна сила становить:

$$F_{A1} = F_{A2}. \ (1)$$

Отже, за законом Архімеда:

$$F_A = \rho g V.$$

Тобто

$$F_{A1} = \rho_в g V_1; \ (2)$$

$$F_{A2} = \rho_{ол} g V_2. \ (3)$$

Оскільки

$$V = \frac{m}{\rho},$$

тоді

$$V_1 = \frac{m_1}{\rho_1}; \ (5)$$

$$V_2 = \frac{m_2}{\rho_2}. \ (6)$$

Підставимо рівності (2) і (3) в (1):

$$\rho_в g V_1 = \rho_{ол} g V_2. \ (7)$$

Підставимо рівності (2) і (3) в (1):

$$\rho_в g \frac{m_1}{\rho_1} = \rho_{ол} g \frac{m_2}{\rho_2};$$

$$\frac{\rho_в}{\rho_1} = \frac{\rho_{ол}}{\rho_2};$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\rho_{ол}}{\rho_в};$$

$$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{900\text{ кг/м}^3}{1000\text{ кг/м}^3} = 0{,}9.$$

Відповідь: густини тягарців відрізняються в 0,9 раза.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ 11 КЛАСУ

УМОВИ ЗАВДАНЬ

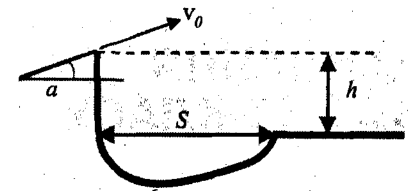
11.1. Визначте ЕРС і внутрішній опір джерела струму, якщо при силі струму 15 А воно віддає в зовнішнє коло потужність 135 Вт, а при силі струму 6 А — потужність 64,8 Вт.

11.2. Пружинний маятник вивели з положення рівноваги та відпустили. Через який мінімальний час від початку коливань його потенціальна енергія буде дорівнювати кінетичній, якщо маса маятника становить m, а жорсткість пружини — 10 Н/м?

11.3. Розв'язуючи задачу, учень одержав відповідь $5\cdot10^{-6}\,\frac{\text{Тл}\cdot\text{м}^2}{\text{Ом}}$. Яку фізичну величину він визначав?

11.4. На піратському кораблі, який вирушив на пошуки скарбів, сталася надзвичайна подія — пошкоджено корабельний компас. Але юнга, взявши склянку води, дрібку нашатирю (NH_4Cl), ножиці, моток мідного дроту, невелику цинкову пластину та корок, швидко визначив сторони світу, допомігши відновити правильний курс корабля. Як це йому вдалося? *(Фізика для фізиків: навч.-метод. вид. — Рівне: РОІППО, 2007. — № 4 (24).)*

11.5. Мотоцикліст в'їжджає на високий край яру *(мал. 11.1)*. Яку мінімальну швидкість повинен розвинути мотоцикліст у момент відриву від краю, щоб перескочити яр? (α = 15°, S = 3 м, h = 1,5 м.) *(Рыбалка А. И., Кибец И. Н., Шкляревский И. О. 2002 задачи по физике. — Х.: Фолио, 2003. — 783 с.)*



Мал. 11.1

11.6. Планету масою $M_п$ і радіусом $R_п$ оточує атмосфера постійної густини, що містить у своєму складі ідеальний газ молярної маси M. Визначте температуру T атмосфери біля поверхні планети, якщо товщина атмосфери h набагато менша, ніж радіус планети. *(Фізика для фізиків: навч.-метод. вид. — Рівне: РОІППО, 2003. — № 1 (5).)*

11.7. Гальванічний елемент замкнутий на два паралельні провідники. Чи зменшиться струм у цих провідниках, якщо збільшити їх опір?

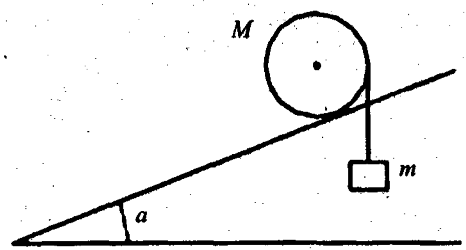
11.8. Гармата стоїть на залізничній платформі, що рухається горизонтальною ділянкою шляху. Маса платформи з гарматою і боєзапасом становить 50 т, маса одного снаряда — 25 кг. Гармата стріляє в горизонтальному напрямку вздовж залізничної колії. Початкова швидкість снаряда становить 1000 м/с. Яку швидкість матиме платформа після другого пострілу? Тертям і опором повітря знехтуйте.

11.9. Чому дорівнює період коливань математичного маятника завдовжки 50 см, що здійснює вільні коливання в кабіні літака, який піднімається під кутом 30° до горизонту з прискоренням 1,2 м/с^2?

11.10. Протягом останньої секунди вільного падіння Вінні Пух пролетів шлях удвічі більший, ніж за попередню. Із якої висоти падав Вінні Пух?

11.11. Струна завдовжки 75 см натягнута із силою 50 Н, а її кінці нерухомо закріплені. До середини струни прикріплено маленьку кульку масою 1 г. Визначте частоту малих коливань кульки. Дію сили тяжіння не враховуйте, масою струни знехтуйте порівняно з масою кульки.

11.12. Циліндр масою M помістили на залізну колію, що нахилена під кутом α до горизонту *(мал. 11.2)*. Вантаж якої мінімальної маси m необхідно прикріпити до намотаної на циліндр мотузки, щоб він почав котитися вгору? Пробуксовуванням циліндра знехтуйте.



Мал. 11.2

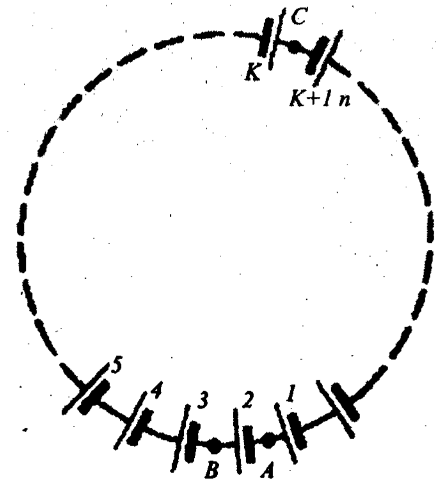
11.13. На круглому столі лежить, торкаючись його кришки радіусом R і масою M, диск радіусом r і масою m. Де мають бути розташовані ніжки столу, щоб вони однаково тиснули на підлогу?

11.14. Під поршнем у циліндрі перерізом S є повітря при температурі T_0 і купка піску. Під час нагрівання повітря до температури T поршень піднімається над дном від початкової висоти h_0 до h. Визначте сумарний об'єм піщинок у купці, якщо тиск повітря залишається незмінним.

11.15. В однорідне електричне поле, вектор напруженості якого напрямлений горизонтально, помістили без початкової швидкості кульку масою m і зарядом $+q$. Напишіть рівняння траєкторії кульки $y = f(x)$, спрямувавши вісь x від початкового положення кульки вздовж вектора напруженості, а вісь y вниз?

11.16. Два студенти Сергій та Святослав, які живуть у сусідніх кімнатах, вирішили зекономити, з'єднавши свої світильники послідовно. Вони домовилися, що встановлять лампочки по 100 Вт і платитимуть за електроенергію порівну. Проте кожен із них вирішив отримати краще освітлення завдяки іншому: Сергій встановив лампочку потужністю 200 Вт, а Святослав — лампочку потужністю 50 Вт. Хто із студентів отримає краще освітлення та хто з них платитиме за іншого?

11.17. Кілька однакових гальванічних елементів з'єднано провідниками, опори яких дуже малі *(мал. 11.3)*. Визначте напругу між довільними точками замкненого кола на підвідних проводах, наприклад між точками A і B або між точками A і C.



Мал. 11.3

11.18. Петрик П'яточкін, стріляючи з рогатки вертикально вгору, влучив каменем у карниз будинку, що знаходиться на висоті 20 м, після чого камінь впав на землю. Вважаючи удар абсолютно непружним (камінь після удару повністю втрачає швидкість), визначте силу удару, якщо відомо, що початкова швидкість каменя становила 25 м/с, його маса — 100 г і камінь падає на землю через 3,01 с після пострілу.

11.19. Тонкий діелектричний стрижень, на кінцях якого закріплено дві різнойменно заряджені кульки, поміщають в однорідне електричне поле напруженістю E паралельно його силовим лініям. Яку роботу потрібно виконати, щоб повернути стрижень із кульками на 180°? Довжина стрижня становить l, заряд кожної кульки — q.

11.20. На відстані 2 см від провідної нескінченної пластинки знаходиться заряд 1 нКл. Визначте потенціал електричного поля в точці, що знаходиться на відстані 3 см від заряду і 2 см від пластинки. $k = 9\cdot10^9$ м/Ф.

РОЗВ'ЯЗКИ ТА ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ

11.1.

Дано:
$I_1 = 15$ А;
$I_2 = 6$ А;
$P_1 = 135$ Вт;
$P_2 = 64{,}8$ Вт

ξ — ?
r — ?

Розв'язання

Спосіб 1

Запишемо закон Ома для повного кола:

$$I = \frac{\xi}{R+r},$$

а також формулу для визначення потужності електричного струму:

$$P = I^2R.$$

$$R_1 = \frac{P_1}{I_1^2} = 0{,}6 \text{ Ом},$$

$$R_2 = \frac{P_1}{I_2^2} = 1{,}8 \text{ Ом}.$$

$$\xi = I_1(R_1 + r);$$
$$\xi = I_2(R_2 + r);$$
$$I_1R_1 + I_1r = I_2R_2 + I_2r;$$
$$r(I_1 - I_2) = I_2R_2 - I_2R_1;$$
$$r = \frac{I_2R_2 - I_2R_1}{(I_1 - I_2)} = 0{,}2 \text{ Ом}.$$
$$\xi = 12 \text{ В}.$$

Спосіб 2

$$\xi = IR + Ir;$$
$$I_1\xi = I_1^2R_1 + I_1^2r;$$
$$I_2\xi = I_2^2R_2 + I_2^2r;$$
$$I_1\xi = P_1 + I_1^2r;$$
$$I_2\xi = P_2 + I_2^2r;$$
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{P_1 + I_1^2r}{P_2 + I_2^2r};$$
$$I_2(P_1 + I_1^2r) = I_1(P_2 + I_2^2r);$$
$$I_2P_1 + I_2I_1^2r = I_1P_2 + I_1I_2^2r;$$
$$I_2I_1^2r - I_1I_2^2r = I_1P_2 - I_2P_1;$$
$$r(I_2I_1^2 - I_1I_2^2) = I_1P_2 - I_2P_1;$$

$$r = \frac{I_1P_2 - I_2P_1}{I_2I_1^2 - I_1I_2^2} = 0{,}2 \text{ Ом};$$
$$\xi I_1 = P_1 + I_1^2r;$$
$$\xi = \frac{P_1 + I_1^2r}{I_1} = 12 \text{ В}.$$

Відповідь: $\xi = 12$ В, $r = 0{,}2$ Ом.

11.2.

Дано:
$W_к = W_п$;
$m = 100$ г $= 0{,}1$ кг;
$k = 10$ Н/м

t_1 — ?

Розв'язання

Рівняння гармонічних коливань маятника:

$$x = x_m\cos\omega t \ (1),$$

де x_m — амплітуда коливань, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — циклічна частота, $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ — період коливань математичного маятника.

Рівняння швидкості:

$$v = x'(t) = -x_m\omega\sin\omega t. \ (2)$$

Рівняння зміни кінетичної енергії $W_к$ і потенціальної енергії $W_п$:

$$W_к = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2}(-x_m\omega\sin\omega t)^2 = \frac{1}{2}mx_m^2\omega^2\sin^2\omega t;$$

$$W_п = \frac{kx^2}{2} = \frac{k}{2}(x_m\cos\omega t)^2 = \frac{1}{2}mx_m^2\omega^2\cos^2\omega t.$$

За умовою задачі $W_к = W_п$ у момент часу t_1, тоді:

$$\frac{1}{2}mx_m^2\omega^2\sin^2\omega t = \frac{1}{2}mx_m^2\omega^2\cos^2\omega t;$$

$$\frac{\sin^2\omega t_1}{\cos^2\omega t_1} = \frac{k}{m\omega^2}.$$

Враховуючи, що $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}} = \sqrt{\frac{m}{k}}$, маємо:

$$\frac{\sin^2\omega t_1}{\cos^2\omega t_1} = 1;$$

$$\mathrm{tg}^2\omega t_1 = 1;$$

$$\operatorname{tg}\omega t_1 = 1;$$

$$\omega t_1 = \frac{\pi}{4} + \pi n, n = 0,1,2...$$

Якщо час t_1 є мінімальним, то $\omega t_1 = \frac{\pi}{4}$,

$$t_1 = \frac{\pi}{4\omega} = \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{m}{k}} = 0{,}08 \text{ с.}$$

Відповідь: $t_1 = 0{,}08$ с.

11.3. Учень визначав електричний заряд: $\frac{\text{Тл}\cdot\text{м}^2}{\text{Ом}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{Ом}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}^2}{\text{А}\cdot\text{м}\cdot\text{Ом}} =$

$= \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{А}\cdot\text{Ом}} = \frac{\text{Дж}}{\text{В}} = \text{Кл}.$

11.4. Із переліченого набору легко зробити найпростіший гальванічний елемент, використавши замість електроліту розчин нашатирю у воді, а для виготовлення електродів — мідний дріт і цинк. Прогнувши дріт через корок, можна зробити «плаваючі електроди».

Якщо замкнути електроди соленоїдом, що складається з кількох витків дроту, у колі виникне струм і соленоїд встановиться по магнітному меридіану. Оскільки знаки полюсів виготовленого елемента відомі (мідь — це позитивний полюс, цинк — негативний), то за правилом свердлика визначаються полюси соленоїда і, відповідно, напрямок на північний полюс Землі.

11.5. Початок координат поміщаємо в точку відриву мотоцикліста від краю яру, вісь y напрямлена вгору, вісь x — вправо. Рівняння руху мотоцикліста в момент приземлення:

$$x = v_0 \cos\alpha t = s,$$

звідси

$$t = \frac{s}{v_0\cos\alpha}.$$

$$y = v_0 \sin\alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = -h,$$

тоді:

$$-h = v_0\sin\alpha \frac{s}{v_0\cos\alpha} - \frac{gs^2}{2v_0^2\cos^2\alpha};$$

$$-h = s\operatorname{tg}\alpha - \frac{gs^2}{2v_0^2\cos^2\alpha};$$

$$v_0 = \frac{s}{\cos\alpha}\sqrt{\frac{g}{2(h + s\operatorname{tg}\alpha)}}.$$

Відповідь: 16,2 км/год.

11.6. Рівняння стану газу біля поверхні планети:

$$pV = \frac{m}{M}RT,$$

звідси

$$T = \frac{pVM}{mR},$$

де V — невеликий об'єм газу біля поверхні планети. Виразимо масу через густину та об'єм і підставимо у формулу для температури:

$$m = \rho V,$$

$$T = \frac{pM}{R\rho}.$$

Визначимо тиск газу за умови, що сила тиску атмосфери на поверхню планети $pS = p4\pi R_n^2$ дорівнює силі тяжіння атмосфери, тобто: $4p\pi R_n^2 = \rho 4\pi R_n^2 hg$, звідси $p = \rho gh$. Визначимо прискорення вільного падіння за умови, що сила тяжіння атмосфери дорівнює силі притягання атмосфери до планети:

$$mg = G\frac{mM_n}{R_n^2}, g = G\frac{M_n}{R_n^2}.$$

Визначимо температуру атмосфери:

$$T = \frac{M\rho hGM_n}{\rho RR_n^2}.$$

Відповідь: $T = \frac{M\rho hGM_n}{\rho RR_n^2}.$

11.7. Нехай $2R$ — це опір одного провідника. Тоді R — це загальний опір двох паралельно з'єднаних провідників. Загальний струм знаходиться за формулою:

$$I = \frac{\xi}{R + r}.$$

Спад напруги на провідниках:

$$U_{пр} = \xi - Ir = \xi - \frac{\xi}{R+r}r = \frac{\xi R}{R+r}.$$

Під час паралельного з'єднання напруга на обох ділянках кола однакова. Тоді напруга на одному провідникові становить:

$$I_1 = \frac{U_{пр}}{2R} = \frac{\xi R}{(R+r)2R} = \frac{E}{(R+r)2}.$$

Маємо обернену пропорційність: під час збільшення R зменшується I_1.
Якщо змінювати один із опорів:

$$I = \frac{\xi}{\frac{R_1R_2}{R_{1+R_2}} + r} = \frac{\xi(R_1+R_2)}{R_1R_2 + rR_1 + rR_2};$$

$$U_{пр} = I\frac{R_1R_2}{R_1+R_2} = \frac{\xi(R_1+R_2)R_1R_2}{(R_1R_2+rR_1+rR_2)(R_1+R_2)} = \frac{\xi R_1R_2}{R_1R_2+rR_1+rR_2};$$

$$I_1 = \frac{\xi R_1R_2}{(R_1R_2+rR_1+rR_2)R_1} = \frac{\xi}{R_1 + \frac{rR_1}{R_2} + r}.$$

Під час збільшення R_1 зменшується I_1.
Під час збільшення R_2 збільшується I_1 (та навпаки).

11.8.

Дано:	*Розв'язання*
$M = 50$ т; $m = 25$ кг; $u = 1000$ м/с	Застосуємо закон збереження імпульсу, враховуючи, що спочатку швидкість (а також імпульс) системи дорівнювала нулю. Позначимо швидкість гармати після першого пострілу v_1, тоді:
v_2 — ?	

$$(M-m)v_1 - mu = 0,$$

звідси $v_1 = \frac{mu}{M-m}$.

Тепер застосуємо ще раз закон збереження імпульсу в системі відліку, пов'язаній із гарматою, у якій початковий імпульс знову дорівнює нулю:

$$(M-2m)v_{відн} - mu = 0,$$

звідси $v_{відн} = \frac{mu}{M-2m}$.

Враховуючи, що після першого пострілу гармата мала швидкість v_1, знайдемо її швидкість відносно Землі після другого пострілу.

$$v_2 = v_1 + v_{відн}$$

або $v_2 = \frac{mu}{M-m} + \frac{mu}{M-2m} = \frac{mu(2M-3m)}{(M-m)(M-2m)}$.

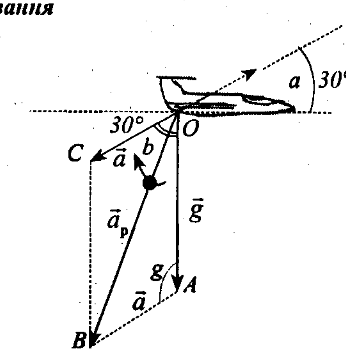
Підставивши числові значення, одержимо:

$$v_2 = \frac{25\cdot 1000(2\cdot 50\cdot 10^3 - 3\cdot 25)}{(50\cdot 10^3 - 25)(50\cdot 10^3 - 50)} \approx 1 \text{ м/с}.$$

Відповідь: $v_2 \approx 1$ м/с.

11.9.

Дано:	*Розв'язання*
$a = 1{,}2$ м/с^2; $g = 10$ м/с^2; $l = 50$ см $= 0{,}5$ м; $\alpha = 30°$	
T — ?	



Мал. 11.4

Під час руху літака з прискоренням a під кутом α до горизонту маятник коливатиметься навколо положення рівноваги, що за напрямком співпадатиме з напрямом результуючого прискорення $a_р$.

Позначимо на *мал. 11.4* прискорення та зобразимо результуюче як геометричну суму векторів $\vec{a}$ і $\vec{g}$ за правилом паралелограма.

У паралелограмі $OABC$:

$$\angle O = 90° - 30° = 60°,$$
$$\angle A = 180° - 60° = 120°.$$

Із ΔOAB за теоремою косинусів:

$$a_р^2 = a^2 + g^2 + 2ag\cos 120°;$$

$$a_р^2 = 1{,}44 + 100 + 2\cdot 1{,}2\cdot 10\cdot\left(-\frac{1}{2}\right) = 113{,}44;$$

$$a_р = \sqrt{113{,}44} \approx 10{,}65 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

Тоді:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a_р}} = 6,28\sqrt{\frac{0,5}{10,65}} = 1,36 \text{ (с)}.$$

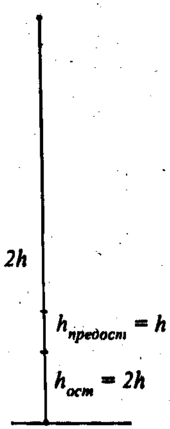
Відповідь: $T = 1,36$ с.

11.10.

Дано:
$t_{ост} = t_{передост} = 1$ с;
$h_{ост} = 2h$;
$h_{предост} = h$;
$g = 10$ м/с^2

$h_{заг}$ — ?

Розв'язання



Мал. 11.5

Нехай h — це відстань, пройдена за передостанню секунду руху *(мал. 11.5)*.

Відстань, пройдена за останню секунду руху:

$$2h = \frac{gt_{заг}^2}{2} = \frac{g(t_{заг}-1)^2}{2}. \text{ (1)}$$

Відстань, пройдена за передостанню секунду руху:

$$h = h_{заг} - 2h;$$

$$3h = \frac{gt_{заг}^2}{2} - \frac{g(t_{заг}-2)^2}{2}; \text{ (2)}$$

$$h = \frac{gt_{заг}^2}{4} - \frac{g(t_{заг}^2-2t_{заг}+1)}{4}; \text{ (1')}$$

$$h = \frac{gt_{заг}^2}{6} - \frac{g(t_{заг}^2-2t_{заг}+4)}{6}. \text{ (2')}$$

Прирівняємо (1') і (2'):

$$\frac{gt_{заг}^2}{4} - \frac{g(t_{заг}^2-2t_{заг}+1)}{4} = \frac{gt_{заг}^2}{6} - \frac{g(t_{заг}^2-2t_{заг}+4)}{6}.$$

Поділимо на 2 і зведемо до спільного знаменника:

$$3t_{заг}^2 - 3t_{заг}^2 + 6t_{заг} - 3 = 2t_{заг}^2 - 2t_{заг}^2 + 4t_{заг} - 8;$$
$$6t_{заг} - 3 = 4t_{заг} - 8;$$
$$2t_{заг} = 5;$$
$$t_{заг} = 2,5 \text{ (с)};$$
$$h_{заг} = \frac{gt_{заг}^2}{2} = \frac{10 \text{ м/с}^2 \cdot 6,25 \text{ с}^2}{2} = 31,25 \text{ (м)}.$$

Якщо $g = 9,8$ м/с^2, то $h_{заг} = 30,625$ (м).

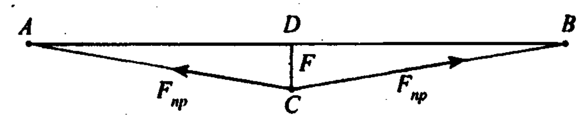
Відповідь: $h_{заг} = 31,25$ м (якщо вважати, що $g = 10$ м/с^2), $h_{заг} = 30,625$ м (якщо вважати, що $g = 9,8$ м/с^2).

11.11.

Дано:
$l = 0,75$ м;
$F_{пр} = 50$ Н;
$m = 10^{-3}$ кг

ν — ?

Розв'язання



Мал. 11.6

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 11.6)*. Коливання кульки виникнуть унаслідок дії рівнодійної двох сил пружності:

$$F = 2F_{пр}\sin\alpha. \text{ (1)}$$

При цьому будемо вважати силу пружності незмінною внаслідок малих коливань кульки та незначного розтягу струни.

Із ΔADC:

$$\sin\alpha \approx \text{tg}\alpha = \frac{ДС}{АД} = \frac{2x}{l}$$

(ДС = x — зміщення кульки).

Отже,

$$F = 2F_{пр}\frac{2x}{l} = 4F_{пр}\frac{x}{l}. \text{ (2)}$$

Із формули (2) дізнаємося, що $F \sim x$. Отже, коливання кульки будуть гармонічними.

Для гармонічних коливань:

$$a = -\omega^2 x;$$
$$\omega^2 = 4\pi^2\nu^2,$$

де a — прискорення кульки, ω — циклічна частота.

Для амплітудних значень:

$$F_0 = 4F_{\text{пр}}\frac{x_0}{l}; \ (3)$$

$$a_0 = \omega^2 x_0. \ (4)$$

Враховуючи другий закон Ньютона, знаходимо з формул (3) і (4):

$$\omega^2 x_0 = \frac{4F_{\text{пр}}\frac{x_0}{l}}{m};$$

$$4\pi^2 \nu^2 = \frac{4F_{\text{пр}}}{ml};$$

$$\nu = \frac{1}{\pi}\sqrt{\frac{F_{\text{пр}}}{ml}};$$

$$\nu = \frac{1}{3{,}14}\sqrt{\frac{50\ \text{Н}}{10^{-3}\ \text{кг}\cdot 0{,}75\ \text{м}}} = 82\ (\text{с}^{-1}).$$

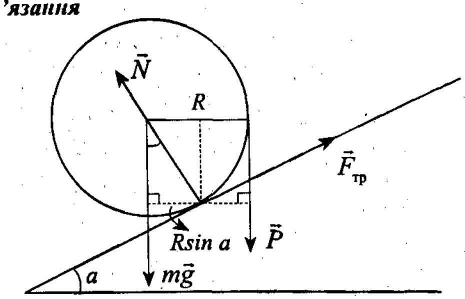
Відповідь: $\nu = 82$ с$^{-1}$.

11.12.

Дано:
M, α

m — ?

Розв'язання



Мал. 11.7

Граничні умови, за яких циліндр *(мал. 11.7)* залишатиметься в рівновазі:

$$M\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{P} = 0;$$

$$M_1 + M_2 + M_3 + M_4 = 0.$$

Запишемо правило моментів відносно точки дотику O:

$$M_1 = -MgR\sin\alpha;$$

$$M_2 = M_3;$$

$$M_4 = P(R - R\sin\alpha);$$

$$-MgR\sin\alpha + PR(1 - \sin\alpha) = 0;$$

$$Mg\sin\alpha = mg(1 - \sin\alpha);$$

$$m = \frac{M\sin\alpha}{1 - \sin\alpha}.$$

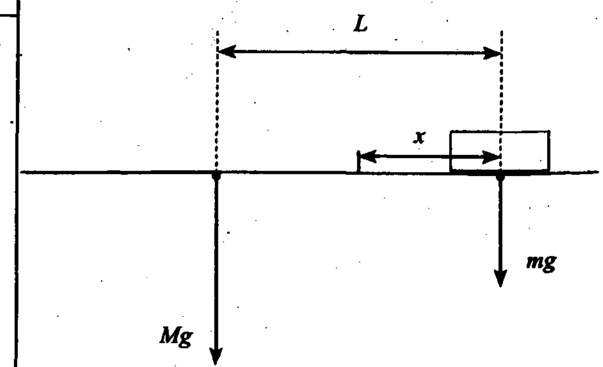
Відповідь: $m = \dfrac{M\sin\alpha}{1 - \sin\alpha}$.

11.13.

Дано:
R, M, r, m

x — ?

Розв'язання



Мал. 11.8

Для знаходження центру мас системи *(мал. 11.8)* розглянемо умову її рівноваги:

$$mgx = Mg(L - x).$$

Знайдемо центр мас:

$$mx = ML - Mx;$$

$$mx + Mx = ML;$$

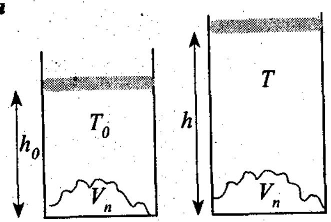
$$x = \frac{ML}{m + M}.$$

Отже, ніжки столу мають бути розташовані на колі довільного радіуса на рівній відстані від центру мас симетрично. Кількість ніжок має бути не менше трьох.

11.14.

Дано:
S, T_0, T, h, h_0
V_n — ?

Розв'язання



Мал. 11.9

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 11.9)*. Оскільки за умовою задачі p =const, то:

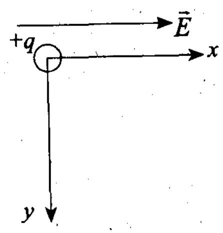
$$\frac{V_0}{T_0}=\frac{V}{T};$$
$$V_0=Sh_0-V_n;$$
$$V=Sh-V_n;$$
$$\frac{Sh_0-V_n}{T_0}=\frac{Sh-V_n}{T};$$
$$TSh_0-TV_n=T_0Sh-T_0V_n;$$
$$TSh_0-T_0Sh=TV_n-T_0V_n;$$
$$V_n=\frac{S(Th_0-T_0h)}{T-T_0}.$$

Відповідь: $V_n=\dfrac{S(Th_0-T_0h)}{T-T_0}$.

11.15.

Дано:
m, $+q$
$y=f(x)$ — ?

Розв'язання



Мал. 11.10

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 11.10)* і запишемо рівняння траєкторії кульки в загальному вигляді:

$$y=\frac{gt^2}{2};$$
$$x=\frac{at^2}{2};$$
$$F=ma;$$
$$a=\frac{F}{m};$$
$$F=Eq;$$
$$a=\frac{Eq}{m};$$
$$x=\frac{Eqt^2}{2m};$$
$$t^2=\frac{2xm}{Eq};$$
$$y=\frac{gm}{Eq}x.$$

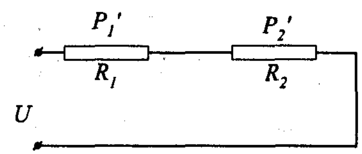
Відповідь: $y=\dfrac{gm}{Eq}x$.

11.16.

Дано:
$P_1=P_2$ =100 Вт;
P_1' = 200 Вт;
P_2' = 50 Вт
R — ?

Розв'язання

Накреслимо схему кола, описаного в умові задачі *(мал. 11.11)*.



Мал. 11.11

$$R_1=\frac{U^2}{P_1'};\ R_2=\frac{U^2}{P_2'};$$
$$I=\frac{U}{R_1+R_2};$$

$$I=\frac{U}{\frac{U^2}{P_1'}+\frac{U^2}{P_2'}}.$$

Під час послідовного з'єднання на першій лампочці буде виділятися потужність P_1', на другій — P_2'.

Тоді:

$$\begin{cases}P_1''=I^2R_1,\\ P_2''=I^2R_2.\end{cases}$$

$$\frac{P_1''}{P_2''}=\frac{R_1}{R_2};$$

$$\frac{P_1''}{P_2''}=\frac{U^2}{P_1'}\cdot\frac{P_2'}{U^2};$$

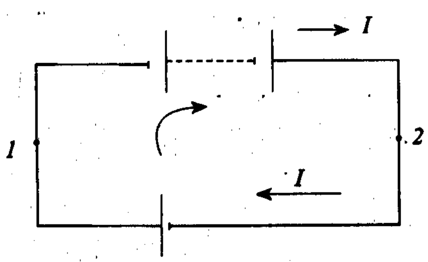
$$\frac{P_1''}{P_2''}=\frac{P_2'}{P_1'};$$

$$\frac{P_1''}{P_2''}=\frac{50\ \text{Вт}}{200\ \text{Вт}}=\frac{1}{4}.$$

Відповідь: на другій лампочці ($P_2'=50$ Вт) буде виділятися в 4 рази більша потужність, ніж на першій. За Святослава платитиме Сергій.

11.17.

Випадок 1



Мал. 11.12

За правилами Кірхгофа, врахувавши, що n — це кількість гальванічних елементів з однаковими ξ, маємо загальну ЕРС:

$$n\xi=Irn,$$

де під час послідовного з'єднання загальний опір елементів з однаковими опорами буде rn.

Отже,

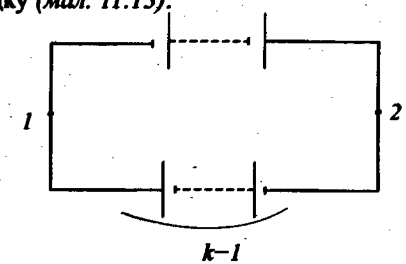
$$I=\frac{n\xi}{rn}=\frac{\xi}{r}.$$

Розглянемо напругу між точками 1 і 2 *(мал. 11.12)*. Маємо спад напруги:

$$U_{1,2}=\xi-Ir=\xi-\frac{\xi}{r}r=0.$$

Випадок 2

Накреслимо схему електричного кола для визначення спаду напруг у другому випадку *(мал. 11.13)*.



Мал. 11.13

$$U_{1,2}=(k-1)\xi-I(k-1)r=k\xi-\xi\frac{\xi}{r}rk+\frac{\xi}{r}r=0.$$

11.18.

Дано:	*Розв'язання*
$h=20$ м; $v_0=5$ м/с; $m=100$ г $=0,1$ кг; $t=3,01$ с; $g=9,8$ м/с^2	Із другого закону Ньютона в імпульсній формі маємо: $F\Delta t=\Delta p;$ $F=\frac{m\Delta v}{\Delta t}$, (1) де Δt — тривалість удару каменя об карниз; $\Delta p=m\Delta v$ — зміна імпульсу каменя.
F — ?	

Швидкість каменя після удару дорівнює 0, тому потрібно знайти швидкість каменя на висоті h до удару.

$$h=\frac{v^2-v_0^2}{-2g};$$

$$v=\sqrt{v_0^2-2gh};\ (2)$$

$$\Delta v=v-0=\sqrt{v_0^2-2gh}\approx 15,26\ \text{м/с}.$$

Тривалість удару:

$$\Delta t = t - (t_{\text{під}} + t_{\text{пад}}); \ (3)$$

$$t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2{,}02 \text{ с}; \ (4)$$

$$v = v_0 - gt_{\text{під}};$$

$$t_{\text{під}} = \frac{v - v_0}{-g} = \frac{\sqrt{v_0^2 - 2gh} - v_0}{-g} = 0{,}99 \text{ с}; \ (5)$$

$$F = \frac{m\sqrt{v_0^2 - 2gh}}{t - \left(\frac{\sqrt{v_0^2 - 2gh} - v_0}{-g} + \sqrt{\frac{2h}{g}}\right)} \approx 8 \text{ Н}.$$

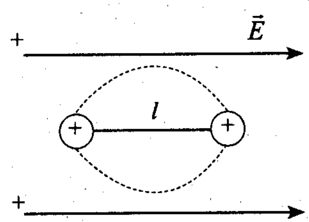
Відповідь: $F \approx 8$ Н.

11.19.

Дано:
$\alpha = 180°$;
l, q, E

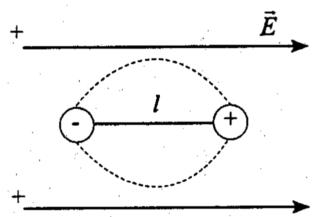
A — ?

Розв'язання



Мал. 11.14

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 11.14)*. У нашому випадку роботу виконуватиме електричне поле, тому стрижень достатньо лише вивести з положення рівноваги для подальшого повороту *(мал. 11.15)*.



Мал. 11.15

У цьому випадку робота виконується проти електричного поля (зовнішніми силами). Оскільки робота не залежить від виду траєкторії та заряди однакові, то:

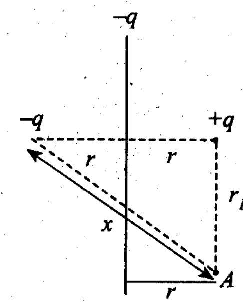
$$A = 2qEl.$$

11.20.

Дано:
$r = 2$ см $= 0{,}02$ м;
$r_1 = 3$ см $= 0{,}03$ м;
$q = 1$ нКл $= 10^{-9}$ Кл;
$k = 9 \cdot 10^9$ м/Ф

φ_A — ?

Розв'язання



Мал. 11.16

Виконаємо малюнок до задачі *(мал. 11.16)*.

$$\varphi_A = \varphi_1 + \varphi_2;$$

$$\varphi_1 = k\frac{+q}{r_1};$$

$$\varphi_1 = k\frac{-q}{x};$$

$$x = \sqrt{(2r)^2 + r_1^2};$$

$$\varphi_A = k\frac{+q}{r_1} + k\frac{-q}{\sqrt{(2)^2 + r_1^2}};$$

$$\varphi_A = 9 \cdot \frac{10^9 \text{ м} \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{\text{Ф} \cdot 0{,}03 \text{ м}} + 9 \cdot \frac{10^9 \text{ м} \cdot (-10^{-9}) \text{ Кл}}{\text{Ф} \cdot \sqrt{(2 \cdot 0{,}02 \text{ м})^2 + (0{,}03 \text{ м})^2}} = 120 \text{ В}.$$

Відповідь: $\varphi_A = 120$ В.

Посібник призначений для вчителів, які викладають астрономію в загальноосвітніх навчальних закладах. Він містить календарно-тематичне планування (17 і 35 год) згідно з чинною навчальною програмою, а також докладні плани-конспекти уроків з курсу астрономії (17 год). Мета посібника — допомогти вчителеві організувати навчальний процес та підготуватися до проведення уроків.

Що потрібно для того, щоб активізувати навчальну діяльність учнів на уроках фізики? Як зацікавити учнів та залучити їх до спільної творчості? Один із варіантів вирішення цих проблем — застосування елементів гри. Основна перевага гри полягає в тому, що досягнення мети навчального процесу здійснюється непомітно для учнів. У цій збірці подано ігри для занять з фізики будь-якого типу.

Для учнів, учителів фізики, студентів фізико-математичних факультетів педагогічних вишів.

Обравши кілька книжок, замовляйте їх за тел.: 044-284-24-50, 067-408-84-73 або надсилайте СМС-повідомлення такого змісту: «Хочу замовити книжки» та отримайте замовлення у своєму поштовому відділенні.
Зверніть увагу! Мінімальне замовлення — 3 книжки! Анотації та зміст книжок читайте в розділі «Книжки» на сайті: *www.osvitaua.com*

Науково-виробниче видання

Бібліотека «Шкільного світу»

Олімпіади з фізики
Завдання та розв'язки

Упорядник:
***Балабан** Роман Анатолійович*

Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 6,51. Наклад 400 пр.
Зам. 732

ТОВ «Редакції газет природничо-математичного циклу»
01014, Київ, вул. Тимірязєвська, 2
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 777 від 21.01.2002

ТОВ «Видавничий дім «Перше вересня»
01014, м. Київ, вул. Тимірязєвська, 2
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 4671 від 09.01.2014

Видрукувано з готових діапозитивів в ПП «Житомироблдрукарня»
10014, Житомир, вул. Мала Бердичівська, 17
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ЖТ № 1 від 06.04.2001