

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА

КАФЕДРА ФІЗИКИ

ЗБІРНИК ЗАДАЧ ІЗ ФІЗИКИ

ЧАСТИНА 1

для студентів інженерних спеціальностей
денної та заочної форм навчання

Полтава 2017

Збірник задач із фізики. Частина 1. Для студентів інженерних спеціальностей денної та заочної форм навчання. – Полтава: ПолтНТУ, 2017.– 34 с.

Укладачі: В.П. Якубенко, к.ф.-м.н., доцент, Р.І. Шматкова, к.т.н., доцент,
О.В. Ківа, ст. викладач.

Відповідальний за випуск: В.В. Соловійов, завідувач кафедри фізики,
доктор хімічних наук, професор.

Рецензент: В.І. Коновалов, к.ф.-м.н., доцент.

Затверджено науково-методичною радою
університету
Протокол № 2 від 21.04. 2017р.

Коректор

М.М. Рокитна

Для успішного розв'язання задач рекомендується така послідовність дій:

1. Приступаючи до розв'язання задачі з будь-якої теми, спочатку вивчіть теоретичний матеріал за підручником, розберіться в прикладах розв'язання типових задач.

2. Уважно прочитайте умову задачі, вникаючи в її зміст. Чітко уявіть собі фізичне явище, процеси, які відображені в умові задачі.

3. Запишіть умову задачі й величини, що шукаються в задачі. Умови записуйте ретельно, нічого не пропускаючи; вкажіть і ті величини, числові значення яких не задаються, але про них згадується в умові задачі; випишіть усі величини в умову задачі для наочності стовпчиком.

4. Ретельно виконайте креслення, що пояснює зміст задачі (в тих випадках, коли це можливо). Є деякі задачі, що розв'язуються графічно, тоді правильно виконане креслення буде розв'язанням задачі.

5. Згадайте, якому закону підпорядкований фізичний процес і якими формулами він описується математично. Якщо формул декілька, співставте величини, що входять у різні формули, із заданими величинами та тими, які необхідно знайти.

6. На першому етапі розв'яжуйте задачу в загальному вигляді, тобто виводьте формулу, в якій шукана величина виражена через величини, задані в умові. Винятки з цього правила вкрай рідкі і бувають в двох випадках: якщо формула якої-небудь проміжної величини настільки громіздка, що обчислення цієї величини значно спрощує подальший запис розв'язання; якщо числовий розв'язок задачі значно простіший, ніж виведення формули.

7. Перевірте, чи дає робоча формула правильну одиницю вимірювання шуканої величини. Для цього в робочу формулу слід підставити одиниці вимірювань усіх величин у СІ, виконати з ними необхідні дії. Якщо одержана в результаті розмірність не збігається з розмірністю шуканої величини, то задача розв'язана неправильно. Якщо в обчислювальну формулу входять алгебраїчні суми, слід звернути увагу на одиниці доданків.

8. Підставте в остаточну формулу, одержану в результаті розв'язання задачі в загальному вигляді, числові значення, виражені в одиницях СІ.

9. Виконуйте обчислення згідно з робочою формулою, керуючись правилами наближених обчислень. Запишіть у відповіді числове значення і скорочену назву шуканої величини в СІ.

10. Розв'язання кожної задачі повинне супроводжуватися коротким поясненням, яке розкриває логічну послідовність операцій при її розв'язанні.

11. Одержавши шукану величину, проаналізуйте її кількісно і переконайтесь, що вона реальна, в умовах даної задачі.

12. Оформлення задач: обов'язково перепишіть умову задачі повністю, коротку умову, рішення з поясненнями, відповідь. Кожну задачу починайте з нової сторінки.

Базові питання
Розділ «Основи механіки»

1. Характеристики механічного руху: шлях, переміщення, швидкість, прискорення.
2. Сучасне трактування законів Ньютона.
3. Закон збереження імпульсу.
4. Робота. Потужність. Кінетична і потенціальна енергії.
5. Закон збереження енергії.
6. Момент імпульсу. Момент сили.
7. Основний закон динаміки обертального руху.
8. Момент інерції. Теорема Штейнера.
9. Закон збереження моменту імпульсу.
10. Кінетична енергія тіла, що обертається.
11. Рівняння гармонічних коливань.
12. Пружинний маятник.
13. Математичний та фізичний маятники.

Розділ «Основи молекулярної фізики та термодинаміки»

1. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії. Рівняння Клапейрона-Менделєєва.
2. Внутрішня енергія. Теплота і робота.
3. Перший початок термодинаміки.
4. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона.
5. Цикл Карно і його ККД.
6. Другий початок термодинаміки. Ентропія.
7. Молекулярна будова рідини. Поверхневий натяг.
8. Капілярні явища. Формула Жюрена.

Механіка

Основні закони і формули

Чисельне значення – миттєвої швидкості	$g = \frac{dS}{dt}$ або $g = S'$	$\frac{d}{dt}$ – швидкість зміни заданої величини S – шлях (м)
– середньої швидкості	$g_{\bar{n}} = \frac{S_2 - S_1}{t_2 - t_1}$	t – час (с) S_1, S_2 – шлях точки
– миттєвого прискорення при прямолінійному русі	$a = \frac{dg}{dt}$ або $a = g'$	відповідно за час t_1 і t_2 (м) t_1, t_2 – початковий і кінцевий час руху (с) g – миттєва швидкість (м)
Шлях при прямолінійному рівнозмінному русі	$S = g_0 t \pm \frac{at^2}{2}$	g_0 – швидкість в момент часу $t = 0$ (м/с) a – прискорення (м/с ²)
Координата при прямолінійному рівнозмінному русі	$x = x_0 \pm g_0 t \pm \frac{at^2}{2}$	t – час руху (с) g – швидкість в момент часу t (м/с)
Швидкість при прямолінійному рівнозмінному русі	$g = g_0 \pm at$	x_0 – початкова координата (м)
Час вільного падіння тіла з висоти h без початкової швидкості	$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$	g – прискорення вільного падіння (м/с ²) g_0 – початкова швидкість (м/с)
Максимальна висота підйому тіла, кинутого вертикально вгору	$h_{\max} = \frac{g_0^2}{2g}$	
Тангенціальне прискорення при криволінійному русі	$a_{\tau} = \frac{dg}{dt}$	g – швидкість (м/с) R – радіус кривизни траєкторії (м)
Нормальне прискорення при криволінійному русі	$a_n = \frac{g^2}{R}$	t – час руху (с)
Повне прискорення при криволінійному русі	$a = \sqrt{\dot{a}_{\tau}^2 + \dot{a}_n^2}$	
Миттєва кутова швидкість	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$ або $\omega = \varphi'$	t – час (с) φ – кут повороту (рад)
	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$	T – період обертання (с) ν – частота обертання (с ⁻¹)
Кутове прискорення	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ або $\varepsilon = \omega'$	ω – кутова швидкість (рад/с) ε – кутове прискорення (рад/с ²)

Кут обертання при рівнозмінному обертальному русі	$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$	ω_0 – початкова кутова швидкість (рад/с) ε – кутове прискорення (рад/с ²)
Кут обертання Кутова швидкість	$\varphi = 2\pi N$ $\omega = \omega_0 \pm \varepsilon t$	N – число обертів t – час обертання (с)
Зв'язок лінійних і кутових величин	$S = \varphi R$ $\mathcal{G} = \omega R$ $a_\tau = \varepsilon R$ $a_n = \omega^2 R$	R – відстань точки до осі обертання (м) \mathcal{G} – кутова швидкість (рад/с) ε – кутове прискорення (рад/с ²) a_τ – тангенціальне прискорення (м/с ²) a_n – нормальне прискорення (м/с ²) S – шлях (м)
Основний закон динаміки поступального руху для матеріальної точки Другий закон Ньютона	$\frac{d\vec{\delta}}{dt} = \vec{F}$ $\vec{a} = \frac{1}{m} \vec{F}$	p – імпульс (кг·м/с) m – маса тіла (кг) a – прискорення (м/с ²) F – результуюча сила (Н)
Закон Гука	$F_{np} = -kx$	F_{np} – сила пружності (Н) k – коефіцієнт пружності (Н/м) x – зміщення (м)
Сила тертя	$F_{тер} = \mu N$	μ – коефіцієнт тертя ковзання N – нормальна реакція (Н)
Робота постійної сили Потужність	$A = FS \cos \alpha$ $P = \frac{A}{t}$	A – робота (Дж) S – шлях (м) α – кут між векторами сили і переміщенням (рад) P – потужність (Вт)
Імпульс (кількість руху) тіла	$\vec{\delta} = m \vec{\mathcal{G}}$	m_1, m_2 – маса тіл (кг)
Швидкість тіл після непружного удару	$\mathcal{G} = \frac{m_1 \mathcal{G}_1 + m_2 \mathcal{G}_2}{m_1 + m_2}$	$\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2$ – значення швидкості тіл до удару (м/с)
Швидкості тіл після пружного центрального удару	$\mathcal{G}'_1 = \frac{(m_1 - m_2) \mathcal{G}_1 + 2m_2 \mathcal{G}_2}{m_1 + m_2};$ $\mathcal{G}'_2 = \frac{(m_2 - m_1) \mathcal{G}_2 + 2m_1 \mathcal{G}_1}{m_1 + m_2}$	
Кінетична енергія поступального руху	$W_e = \frac{m \mathcal{G}^2}{2}$	m – маса (кг) \mathcal{G} – швидкість (м/с)

Потенціальна енергія – у гравітаційному полі – пружної деформації	$W_n = mgh$ $W_n = \frac{kx^2}{2}$	g – прискорення вільного падіння (м/с ²) h – висота тіла над поверхнею Землі (м)
Робота в механіці	$A = W_{K_2} - W_{K_1}$ $A = W_{n_1} - W_{n_2}$	W_{K_2}, W_{K_1} – кінетична енергія в кінцевому і початковому стані (Дж) W_{n_1}, W_{n_2} – потенціальна енергія в початковому і кінцевому стані (Дж)
Закон збереження механічної енергії	$W_n + W_k = const$	W_n – потенціальна енергія (Дж) W_k – кінетична енергія (Дж)
Густина речовини	$\rho = \frac{m}{V}$	ρ – густина (кг/м ³) m – маса (кг) V – об'єм (м ³)
Значення моменту сили	$M = Fl$	F – діюча сила (Н) l – плече сили (м)
Момент інерції матеріальної точки відносно осі обертання	$J = mr^2$	m – маса точки (кг) r – відстань точки до осі обертання (м)
Момент інерції: кільця диска тонкого стрижня кулі, відносно осі, проведеної через центр інерції	$J_0 = mR^2$ $J_0 = mR^2/2$ $J_0 = \frac{m\ell^2}{12}$ $J_0 = \frac{2}{5} mR^2$	J_0 – момент інерції відносно осі, проведеної через центр інерції тіла (кг·м ²) m – маса (кг) R – радіус кільця, диска, кулі (м) ℓ – довжина стрижня (м) J – момент інерції тіла
Теорема Штейнера	$J = J_0 + mb^2$	відносно довільної осі обертання (кг·м ²) b – відстань між осями (м)
Момент імпульсу тіла відносно осі обертання	$L = J \omega$	ω – кутова швидкість (рад/с) M – результуючий момент сил (Н·м)
Основний закон динаміки обертального руху	$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\Gamma}; \vec{\Gamma} = J \vec{\varepsilon}$	L – момент імпульсу (кг·м ² /с)
Закон збереження моменту імпульсу для двох тіл	$J_1 \omega_1 = J_2 \omega_2$	ε – кутове прискорення (рад/с ²) J – момент інерції (кг·м ²)
Кінетична енергія тіла, що обертається	$W_k = \frac{I \omega^2}{2}$	I – момент інерції тіла відносно осі обертання

		(кг·м ²) ω – циклічна частота обертання (рад/с)
Рівняння гармонічного коливального руху	$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi)$ $x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$	x – миттєве зміщення (м) A – амплітуда коливань (м) $(\omega_0 t + \varphi)$ – фаза коливань (рад) ω_0 – циклічна частота (рад/с) φ_0 – початкова фаза (рад)
Зв'язок циклічної частоти з періодом коливань та частотою	$\omega = \frac{2\pi}{T}$ $\omega = 2\pi\nu$	T – період коливань (с) ν – частота коливань (Гц)
Період коливань фізичного маятника	$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mg\ell}}$	I – момент інерції тіла (кг·м ²) m – маса тіла (кг)
Період коливань пружинного маятника	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	g – прискорення вільного падіння (м/с ²) ℓ – довжина фізичного маятника (м) k – коефіцієнт жорсткості пружини (Н/м)
Повна енергія тіла, що виконує гармонічні коливання	$W = \frac{\omega^2 A^2 m}{2}$	ω – циклічна частота коли- вань (рад/с) A – амплітуда коливань (м) m – маса точки (кг)
Довжина хвилі	$\lambda = gT$	g – швидкість поширення коливань у просторі (м/с) T – період коливань (с)
Рівняння плоскої механічної хвилі	$S = A \sin(\omega t - kx)$	S – зміщення точки середо- вища з положення рівнова- ги (м) ω – циклічна частота коли- вань джерела (рад/с) k – хвильове число (м ⁻¹) λ – довжина хвилі (м)
Хвильове число	$k = \frac{2\pi}{\lambda}$	x – відстань точки середо- вища від джерела коливань (м)

Приклад тестового завдання

1. Який з наведених виразів є математичним записом визначення кутового прискорення тіла?

$$1) \vec{g} = \frac{d\vec{r}}{dt}; \quad 2) \vec{a} = \frac{d\vec{g}}{dt}; \quad 3) \vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}; \quad 4) \vec{\omega} = \frac{d\varphi}{dt} \vec{n}.$$

2. Яка з умов визначає рівномірний рух по колу?

$$1) a_{\tau} = \text{const}; a_n = 0; \quad 2) a_{\tau} \neq \text{const}; a_n = \text{const}; \quad 3) a_{\tau} = 0; a_n = 0; \quad 4) a_{\tau} = 0; a_n = \text{const}$$

3. Яке твердження є продовженням виразу: сила – це

- 1) єдина міра різних форм руху;
- 2) міра взаємодії тіл або частин тіла;
- 3) міра гравітаційних та інертних властивостей тіла;
- 4) міра інертності тіла в обертальному русі.

4. Який з наведених виразів є математичним записом визначення моменту інерції матеріальної точки?

$$1) \vec{r} \vec{\delta}; \quad 2) \vec{r} \vec{F}; \quad 3) m r^2; \quad 4) \sum m_i r_i^2.$$

5. Яке з наведених тверджень є формулюванням III закону Ньютона?

1) існують інерціальні системи відліку, відносно яких тіло зберігає стан спокою або рівномірного прямолінійного руху, якщо рівнодійна всіх сил, прикладених до тіла, дорівнює нулю;

2) швидкість зміни моменту імпульсу тіла, що обертається навколо нерухомої точки, дорівнює результуючому моменту відносно цієї точки всіх зовнішніх сил, що діють на тіло;

3) швидкість зміни імпульсу тіла дорівнює рівнодійній всіх сил, прикладених до тіла;

4) два тіла взаємодіють із силами, рівними за модулем і протилежними за напрямком.

6. Чому дорівнює момент інерції стрижня відносно осі, проведеної через його середину?

$$1) \frac{ml^2}{3}; \quad 2) \frac{ml^2}{12}; \quad 3) \frac{3mR^2}{2}; \quad 4) 2mR^2.$$

7. Які з наведених виразів є формулюванням закону збереження імпульсу?

1) у замкненій системі результуючий вектор імпульсу всіх тіл не змінюється в часі;

2) у замкненій консервативній системі повна механічна енергія є сталою;

3) у замкненій системі енергія не змінюється в часі;

4) у замкненій системі сума моментів імпульсу всіх тіл є сталою.

8. За якою формулою визначається кінетична енергія тіла, що рухається поступально?

$$1) W = \frac{2\omega^2}{2}; \quad 2) W = \frac{2\omega^2}{2} + \frac{m\vartheta^2}{2}; \quad 3) W_i = \frac{\hat{e}\hat{\sigma}^2}{2}; \quad 4) W = \frac{m\vartheta^2}{2}.$$

9. Яка з наведених формул визначає період коливань математичного маятника?

$$1) T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgl}}; \quad 2) T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad 3) T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{\hat{e}}}; \quad 4) T = \frac{2\pi}{\omega}.$$

10. Яке з наведених рівнянь визначає зміщення при затухаючих гармонічних коливаннях?

1) $x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$; 2) $x = A e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi_0)$; 3) $x = A \sin(\Omega t + \varphi_0)$; 4) $x = A + B t^2$.

11. Матеріальна точка переміщується по колу радіусом 20 см рівноприскорено з тангенційним прискоренням 5 м/с^2 . Через який час після початку руху її нормальне прискорення буде у 2 рази більше, ніж тангенціальне?

1) 3,25 с; 2) 2,54 с; 3) 2,78 с; 4) 3,4 с.

12. Поїзд починає рухатися із стану спокою і рівномірно збільшує свою швидкість. На першому кілометрі вона збільшилась на 10 м/с. На скільки швидкість поїзда зросте на другому кілометрі?

1) 4,14 м/с; 2) 10 м/с; 3) 20 м/с; 4) 17,1 м/с.

Контрольна робота № 1

1. Залежність шляху, пройденого тілом, від часу задається рівнянням $S = 2t + t^2$. Знайти прискорення тіла та його середню швидкість тіла за першу, другу і третю секунди його руху. (2 м/с²; 3 м/с; 5 м/с; 7 м/с)
2. Залежність пройденого тілом шляху від часу дається рівнянням $S = 0,14t + 0,01t^2$. Через скільки часу після початку руху швидкість тіла буде 0,2 м/с? Чому дорівнює середня швидкість тіла за цей проміжок часу? (3 с; 0,17 м/с)
3. Рівняння руху матеріальної точки має вигляд $x = 2 - 0,2t^2$. Знайти координату точки через 5 с, шлях, який пройшла матеріальна точка за цей час, та швидкість, набуту тілом за цей час. (- 3 м; 5 м; - 2 м/с)
4. Залежність швидкості матеріальної точки від часу задана формулою $v_x = 6t$ (м/с). Написати рівняння $x = x(t)$, якщо в початковий момент матеріальна точка знаходилась на початку координат. Визначити шлях, який пройшла матеріальна точка за 10 с. ($x = 3t^2$; 300 м)
5. Залежність швидкості матеріальної точки від часу задана формулою $v = 5 + 0,2t$ (м/с). Визначити шлях, пройдений точкою за шість секунд та за шосту секунду. (33,6 м; 6,1 м)
6. Рівняння руху матеріальної точки вздовз осі має вигляд $X = A + Bt + Ct^2$, де $A = 2$ м, $B = 1$ м/с, $C = -0,5$ м/с². Визначити координату, швидкість та прискорення точки в момент часу $t = 2$ с, а також шлях, пройдений тілом за цей час. (2 м; -1 м/с; 1 м/с²; 0)
7. Потяг, рухаючись зі схилу, пройшов за 20 с шлях 340 м і розвинув швидкість 19 м/с. З яким прискоренням рухався потяг і яка була швидкість на початку руху? (0,2 м/с²; 15 м/с)
8. Поїзд починає рух із стану спокою і рівномірно збільшує свою швидкість. На першому кілометрі вона збільшилася на 10 м/с. На скільки вона збільшиться на 2-му кілометрі? (на 4,14 м/с)
9. Тіло, кинуте вертикально вгору, повернулося на землю через 3 с. На яку максимальну висоту піднялося тіло і якою була його початкова швидкість? Опір повітря не враховувати. (11 м; 14,7 м/с)
10. Тіло падає з висоти 19,6 м без початкової швидкості. Який шлях пройде тіло за останню секунду свого руху? Опір повітря не враховувати. (14,7 м)
11. Камінь кинули вертикально вгору на висоту 10 м. Через який час та з якою кінцевою швидкістю він впаде на землю? Опір повітря не враховувати. (4,5 с; 14 м/с)
12. Тіло, що вільно падало без початкової швидкості, в останню секунду свого падіння проходить половину всього шляху. Визначити висоту, з якої впало тіло. Опір повітря не враховувати. (1,68 м або 57 м)
13. Із точки А виходить тіло, що рухається з початковою швидкістю 3 м/с і прискоренням 2 м/с². Через секунду з точки В виходить друге тіло, що рухається назустріч першому зі сталою швидкістю 5 м/с. Відстань АВ = 100 м. Скільки часу буде рухатись перше тіло до зустрічі з другим? (7 с)
14. Дві матеріальні точки рухаються згідно з рівняннями $x_1 = 15 + t^2$ та

$x_2 = 2t^2 - 10$. Визначити, в який момент часу вони зустрінуться та координату точки зустрічі. (5 с; 40 м)

15. Рух двох матеріальних точок задані рівняннями $x_1 = 15 + t^2$ та $x_2 = 8t$. Описати рух кожної матеріальної точки, знайти час та місце їх зустрічі. (3 с; 5 с, 24 м, 40 м)

16. Точка рухається по колу так, що залежність шляху від часу задається рівнянням: $S = A + Vt + Ct^2$, де $V = -2$ м/с і $C = 1$ м/с². Знайти лінійну швидкість точки, її тангенціальне, нормальне і повне прискорення через 3 с після початку руху, якщо відомо, що нормальне прискорення в момент часу 2 с становить 0,5 м/с². (4 м/с; 2 м/с²; 2 м/с²; 2,83 м/с²)

17. Колесо радіусом 5 см обертається так, що залежність кута повороту радіуса колеса від часу задається рівнянням: $\varphi = A + Vt + Ct^2$, де $V = 0,2$ с⁻¹ і $C = 1$ с⁻². Знайти для точок, що лежать на ободі колеса, повне прискорення через одну секунду після початку руху. (0,26 м/с²)

18. Диск радіусом 20 см починає обертатися з кутовим прискоренням 3 с⁻². Через який час точка, що лежить на його краю, буде мати прискорення 75 см/с²? (0,5 с)

19. Колесо, яке обертається рівноприскорено, досягло кутової швидкості $\omega = 20$ с⁻¹ через $N = 10$ об після початку обертання. Знайти кутове прискорення колеса. (3,2 с⁻²)

20. Махове колесо радіусом 1 м починає рух із стану спокою та обертається рівноприскорено. Через 10 с точка, що лежить на його ободі, набуває швидкості 100 м/с. Знайти швидкість, а також нормальне, тангенціальне і повне прискорення цієї точки в момент часу 15 с. (150 м/с; 10 м/с²; $2,25 \cdot 10^5$ м/с²; $2,25 \cdot 10^4$ м/с²)

21. Матеріальна точка переміщується по колу радіусом 20 см рівноприскорено з тангенціальним прискоренням $a_\tau = 5$ м/с². Через який час її нормальне прискорення буде в 2 рази більше від тангенціального? (0,28 с)

22. Махове колесо, яке оберталося зі швидкістю 4 об/с, зупиняється протягом 30 с. Вважаючи його рух рівномірно сповільненим, знайти, скільки обертів воно зробило до зупинення. (60 обертів)

23. Колесо, яке обертається рівносповільнено, при гальмуванні зменшило власну частоту обертання за 1 хв. з 5 об/с до 3 об/с. Знайти кутове прискорення та кількість обертів, яке зробило колесо за цей час. (- 0,21 с⁻², 240 об)

24. Знайти радіус колеса, що обертається, якщо відомо, що лінійна швидкість точки, яка лежить на ободі, в 2,5 раза більша від лінійної швидкості точки, що лежить на 5 см ближче до осі колеса. (8,33 см)

25. Махове колесо через 1 хв. після початку руху набуває швидкості, що відповідає 12 об/с. Знайти кутове прискорення колеса і число обертів колеса за цю хвилину. Рух вважати рівноприскореним. (1,26 с⁻²; 360 об)

26. Точка рухається по колу радіусом 10 см зі сталим тангенціальним прискоренням. Знайти тангенціальне прискорення точки, якщо відомо, що у кінці п'ятого оберту від початку руху швидкість точки стала 79,2 м/с. (0,1 м/с²)

27. Маховик одержав початкову кутову швидкість $\omega_0 = 2\pi \text{с}^{-1}$. Зробивши 10 оборотів, він, унаслідок тертя в підшипниках, зупинився. Знайти кутове прискорення маховика, вважаючи його сталим. $(-0,1 \text{с}^{-2})$

28. Точка рухається по колу радіусом 20 см зі сталим тангенціальним прискоренням 5см/с^2 . Через який час від початку руху нормальне прискорення точки буде втричі більше від тангенціального? $(\text{через } 3,46 \text{с})$

29. Поїзд рухається по заокругленню радіусом 400 м, причому його тангенціальне прискорення дорівнює $0,2 \text{м/с}^2$. Визначити його нормальне і повне прискорення в той момент, коли його швидкість дорівнює 10м/с . $(0,25 \text{м/с}^2; 0,32 \text{м/с}^2)$

30. Поїзд в'їжджає на заокруглену ділянку з початковою швидкістю 10м/с і проходить шлях 600 м за 30 с. Радіус заокруглення дорівнює 1 км. Визначити швидкість і повне прискорення поїзда в кінці повороту. $(30 \text{м/с}; 1,12 \text{м/с}^2)$

31. Матеріальна точка масою 2 кг рухається під дією деякої сили F згідно з рівнянням $x = 5 + 4t + 1t^2 - 0,2t^3$. Знайти значення цієї сили в момент часу $t_1 = 2 \text{с}$ і $t_2 = 5 \text{с}$. У який момент часу сила дорівнює нулю? $(-0,8 \text{Н}; -8 \text{Н}; 1,67 \text{с})$

32. Під дією сили 59 Н тіло піднімається вертикально вгору згідно з рівнянням $y = A + Bt + Ct^2$, де $B = 2 \text{м/с}$ і $C = 1 \text{м/с}^2$. Визначити масу цього тіла. (5кг)

33. Тіло масою 3 кг падає в повітрі з прискоренням 8м/с^2 . Визначити силу опору повітря. $(5,4 \text{Н})$

34. Вантаж масою 50 кг рівноприскорено підіймають за допомогою каната вертикально вгору протягом 2 с на висоту 10 м. Визначити силу натягу каната. (740Н)

35. При якому прискоренні розірветься трос при підйомі вантажу масою 500 кг, якщо максимальна сила натягу, яку витримує трос, не розриваючись, дорівнює 15кН ? (20м/с^2)

36. Камінь, прив'язаний до мотузки, рівномірно обертається у вертикальній площині. Знайти масу каменя, якщо відомо, що різниця між максимальною і мінімальною силами натягу мотузки 10Н . $(0,5 \text{кг})$

37. Поїзд масою 500 т після припинення роботи двигуна локомотива зупиняється під дією сили тертя 98кН через одну хвилину. З якою швидкістю рухався поїзд до початку гальмування? $(11,76 \text{м/с})$

38. Вантаж масою 45 кг переміщується по горизонтальній площині під дією сили 294Н , напрямленої під кутом 30° до горизонту. Коефіцієнт тертя вантажу об площину $0,1$. Визначити прискорення руху вантажу. $(5,9 \text{м/с}^2)$

39. Тіло ковзає рівномірно по похилій площині з кутом нахилу 40° . Визначити коефіцієнт тертя тіла об площину. $(0,84)$

40. Похила площина, що утворює кут 25° з площиною горизонту, має довжину 2 м. Тіло, рухаючись рівноприскорено, зісковзнуло з цієї площини за 2 с. Визначити коефіцієнт тертя об площину. $(0,35)$

41. На столі стоїть візок масою 4 кг, до якого прив'язано один кінець шнура, перекинутого через блок. Із яким прискоренням буде рухатись візок, якщо до другого кінця прив'язати гирю масою 1 кг? $(1,96 \text{м/с}^2)$

42. На кінцях нитки, перекинутої через нерухомий блок, підвішено два вантажі: зліва 50 і справа 100 г. Через який час правий вантаж опуститься на 0,5 м? (0,55 с)

43. Брусок масою 2 кг ковзає по горизонтальній поверхні під дією вантажу масою 0,5 кг, прикріпленого до кінця нерозтяжної нитки, перекинутої через нерухомий блок. Коефіцієнт тертя бруска об поверхню 0,1. Знайти прискорення руху тіла і силу натягу нитки. Масами блока і нитки, а також тертям у блоці знехтувати. (1,2 м/с²; 4,3 Н)

44. Порожньому причепу тягач надає прискорення 0,4 м/с², а завантаженому 0,1 м/с². Яке прискорення надає тягач обом причепам, які з'єднані? Силу тяги тягача вважати в усіх випадках однаковою. (0,08 м/с²)

45. На горизонтальній поверхні лежать два рівних вантажі масою m кожен. На нитці, перекинутій через нерухомий блок, підвішено такий же вантаж. Із яким прискоренням рухається система вантажів і яка сила натягу нитки між вантажами, що лежать на поверхні? Тертя не враховувати. ($\frac{1}{3}g$; $\frac{mg}{3}$)

46. На барабан радіусом 0,5 м намотано шнур, до кінця якого прив'язаний вантаж масою 10 кг. Знайти момент інерції барабана, якщо відомо, що вантаж опускається з прискоренням 2,04 м/с². (9,5 кг · м²)

47. До обода колеса, яке має форму диска, радіусом 0,5 м та масою 50 кг, прикладена дотична сила 100 Н. Знайти кутове прискорення колеса та через скільки часу після початку дії сили колесо буде мати швидкість, яка відповідає 100 об/с? (7,8 с⁻²; 80 с)

48. Диск масою 2 кг і радіусом 10 см обертається навколо горизонтальної осі, що проходить через його центр, із частотою 600 об/хв. Через 20 секунд під дією гальмівного моменту диск зупиняється. Знайти гальмівний момент. ($-3,1 \cdot 10^{-2}$ Н · м)

49. Суцільна кулька масою 400 г і радіусом 5 см обертається навколо осі, що проходить через її центр. Закон обертання кульки має вигляд $\varphi = 4 + 2t - 2t^2$. Визначити гальмівний момент. ($1,6 \cdot 10^{-3}$ Н · м)

50. Диск масою 0,5 кг і радіусом 0,06 м обертається навколо горизонтальної осі, що проходить через його центр. Закон обертання має вигляд $\varphi = 8 - 2t + 6t^2$. Визначити момент сили, що діє на диск. (0,011 Н · м)

51. Диск масою 2 кг і радіусом 0,1 м обертається навколо осі, що проходить через його центр. Рівняння руху $\varphi = 5 - 6t^2 + t^3$. Визначити момент сил, що діють на диск, в момент часу 4 с. Визначити закон зміни моменту сил. (0,12 нм; $M = -0,12 + 0,06t$)

52. На барабан радіусом 0,5 м намотано шнур, до кінця якого прив'язано вантаж масою 2 кг. Знайти момент інерції барабана, якщо відомо, що вантаж опускається з прискоренням 2,04 м/с². (1,9 кг · м²)

53. До обода однорідного диска радіусом 0,2 м прикладено дотичну силу 98,1 Н. При обертанні на диск діє момент сил тертя 4,9 Н·м. Знайти масу диска, якщо відомо, що він обертається з кутовим прискоренням 100 рад/с². (7,36 кг)

54. Маховик, момент інерції якого $63,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, обертається з кутовою швидкістю $31,4 \text{ рад/с}$. Знайти момент сил гальмування, під дією якого маховик зупиняється через 20 с . Маховик вважати однорідним диском. ($M = 10 \text{ Н}\cdot\text{м}$)

55. Тверде тіло масою 4 кг обертається відносно деякої осі за законом $\varphi = 5 + 10t + 0,5t^2$. Момент сил відносно цієї осі дорівнює $2 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Визначити власний момент інерції, якщо відстань між осями $0,5 \text{ м}$. ($1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$)

56. Кільце масою 2 кг і радіусом $0,1 \text{ м}$ обертається відносно осі, перпендикулярної до площини кільця, яка проходить через кінець радіуса, за законом $\varphi = 8 - 2t - t^2 + 2t^3$. Визначити обертальний момент сил в момент часу 1 с . ($4 \text{ Н}\cdot\text{м}$)

57. Маса кулі 5 кг , радіус $0,2 \text{ м}$. Вісь обертання проходить через середину радіуса і напрямлена перпендикулярно радіусу. Визначити момент інерції й момент імпульсу кулі в момент часу 1 с , якщо вона обертається за законом $\varphi = -5 + 2t + t^2$. ($0,13 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $0,52 \text{ кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}$)

58. Куля масою 10 кг і радіусом 20 см обертається навколо осі, що проходить через її центр. Рівняння обертання кулі має вигляд: $\varphi = 2 + 4t^2 - t^3$. Знайти закон зміни моменту сил, що діють на кулю. Визначити момент сил і момент часу 2 с . ($M = 0,32(4 - 3t)$; $-0,64 \text{ Н}\cdot\text{м}$)

59. Тонкий однорідний стрижень масою 2 кг обертається відносно осі, перпендикулярної до стрижня і віддаленої від центра інерції стрижня на відстань $0,01 \text{ м}$, за законом $\varphi = 4 - 8t + 2t^2$. Визначити власний момент інерції стрижня, якщо обертальний момент сил дорівнює $0,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$. ($0,03 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$)

60. Через блок, що має форму диска, перекинута шнур, до кінців якого прив'язано вантажі масою 100 і 110 г . Із яким прискоренням будуть рухатися вантажі, якщо маса блока становить 400 г ? Тертям знехтувати. ($0,24 \text{ м/с}^2$)

61. Вагон масою 20 т , який рухається зі швидкістю $0,3 \text{ м/с}$, наздоганяє вагон масою 30 т , який рухається зі швидкістю $0,2 \text{ м/с}$. Яка швидкість вагонів після того, як спрацює автозчеплення? ($0,24 \text{ м/с}$)

62. Снаряд масою m , що летить зі швидкістю 500 м/с , розірвався на 2 осколки, причому більший осколок масою $0,6 m$ продовжує рух у тому ж напрямі зі швидкістю 1000 м/с . Визначити швидкість меншого осколка. (-250 м/с)

63. Автомат випускає 600 куль за хвилину, кожна з яких має масу 4 г і швидкість 500 м/с . Визначити середню силу віддачі при стрільбі. (20 Н)

64. Гармата масою 5 т , жорстко закріплена на залізничній платформі масою 15 т , робить постріл уздовж залізничного полотна снарядом масою 100 кг , швидкість якого дорівнює 500 м/с . На яку відстань відкотиться платформа, якщо коефіцієнт тертя дорівнює $0,002$, а платформа була нерухома? (159 м)

65. На яку відстань відкотиться платформа за умовою попередньої задачі, якщо вона мала швидкість руху 18 км/год і напрям пострілу протилежний напрямку руху? (1435 м)

66. Тіло масою 5 кг рухається зі швидкістю 5 м/с і наздоганяє тіло масою 15 кг , що рухається зі швидкістю 3 м/с . Вважаючи удар прямим центральним абсолютно пружним, визначити швидкість тіл після удару. (2 і 4 м/с)

67. Тіло масою 5 кг рухається зі швидкістю 5 м/с, а назустріч йому рухається тіло масою 15 кг зі швидкістю 3 м/с. Вважаючи удар прямим центральним, визначити швидкості тіл після зіткнення, якщо удар абсолютно непружний. (1 м/с)

68. Два непружних тіла, маса яких 2 та 6 кг, рухаються назустріч одне одному зі швидкостями 2 м/с кожне. Визначити модуль та напрямок швидкості цих тіл після удару. (1 м/с)

69. Куля масою 5 кг рухається зі швидкістю 5 м/с і стикається з кулею масою 2 кг, що перебуває в стані спокою. Визначити швидкості куль після удару, якщо удар прямий центральний абсолютно непружний. (3,55 м/с)

70. Якої швидкості набере нерухомий човен, що має разом із вантажем масу 200 кг, якщо людина, котра знаходиться в човні, вистрелить у горизонтальному напрямі? Маса кулі 10 г, її швидкість 800 м/с. (0,04 м/с)

71. Горизонтальна платформа масою 250 кг обертається навколо вертикальної осі, виконуючи 20 об/хв. На краю платформи стоїть людина масою (точковою) 80 кг. З якою частотою буде обертатися платформа, якщо людина переміститься на $0,5R$ до центра платформи? (0,47 об/с)

72. З якою частотою буде обертатися платформа, задана умовою попередньої задачі, якщо людина перейшла в її центр? (0,55 об/с)

73. Горизонтальна платформа масою 80 кг і радіусом 1 м обертається з кутовою швидкістю, що відповідає 20 об/хв. У центрі платформи стоїть людина і тримає в розставлених руках гирі. Скільки обертів за хвилину буде робити платформа, якщо людина, опустивши руки, зменшить момент інерції від $2,94$ до $0,98 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Платформа – круглий однорідний диск. (21 об/хв.)

74. Горизонтальна платформа масою 100 кг обертається навколо вертикальної осі, що проходить через її центр, з частотою 10 об/хв. Людина масою 60 кг при цьому стоїть на краю платформи. Яку роботу виконує людина при переході від краю платформи в її центр. Платформу вважати круглим однорідним диском, а людину – точковою масою. Радіус платформи взяти рівним 1,5 м. (161 Дж)

75. На лаві Жуковського стоїть людина і тримає на витягнутих руках гирі масою 5 кг кожна. Відстань від кожної гирі до осі лави становить 70 см, а частота обертання лави 1 с^{-1} . З якою частотою буде обертатися лава, якщо людина наблизить гирі на відстань 20 см до осі? Яку роботу при цьому виконає людина? Момент інерції лави разом з людиною $2,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. ($2,55 \text{ с}^{-1}$)

76. Камінь, що ковзає по горизонтальній поверхні льоду, зупинився, пройшовши відстань 48 м. Визначити початкову швидкість каменя, якщо сила тертя ковзання каменя об кригу становить 0,06 ваги каменя. (7,56 м/с)

77. Швидкість вільно падаючого тіла масою 4 кг на деякому шляху збільшилась з 2 до 8 м/с. Знайти роботу сили тяжіння на цьому шляху. (120 Дж)

78. Вантаж масою 10^3 кг піднімають з прискоренням 2 м/с^2 . Визначити роботу, яка виконується у перші 5 с руху. ($2,95 \cdot 10^5 \text{ Дж}$)

79. Ковзаняр масою 70 кг, який стоїть на ковзанах на льоду, кидає в горизонтальному напрямку каміння масою 3 кг зі швидкістю 8 м/с. Знайти, на

яку відстань відкотиться при цьому ковзаняр, якщо відомо, що коефіцієнт тертя ковзанів об лід дорівнює 0,02. (0,3 м)

80. Яку роботу виконує сила 30 Н при підйомі по похилій площині вантажу масою 2 кг на висоту 2,5 м із прискоренням 5 м/с^2 . Сила діє паралельно похилій площині. Тертям об площину знехтувати. (73,5 Дж)

81. Яка робота виконується при стисканні пружини залізничного вагона на 5 см, якщо для стискання пружини на 1 см потрібна сила $3 \cdot 10^4 \text{ Н}$? (3,75 кДж)

82. Брусок масою 5 кг проходить по шорховатій горизонтальній площині 0,5 м і зупиняється. Коефіцієнт тертя між бруском і площиною дорівнює 0,2. Яку роботу виконала сила тертя? (4,9 Дж)

83. При рівномірному русі зі швидкістю 30 км/год автомобіль розвивав силу тяги у $2,7 \cdot 10^3 \text{ Н}$. Чому дорівнює при цьому потужність двигуна? ($2,25 \cdot 10^4 \text{ Вт}$)

84. Баба копра масою 500 кг падає на палю масою 100 кг зі швидкістю 4 м/с. Визначити ККД удару баби копра об палю. Удар непружний. (83,3 %)

85. Сталою силою 200 Н піднімають вантаж масою 10 кг на висоту 10 м. Яка при цьому виконується робота? Яку потенціальну енергію матиме піднятий вантаж? ($2 \cdot 10^3 \text{ Дж}$; 10^3 Дж)

86. Електропотяг під час вимкнення струму мав швидкість 20 м/с. Який шлях пройде потяг без вмикання гальм до повної зупинки, якщо коефіцієнт опору руху дорівнює $5 \cdot 10^{-3}$? ($4,08 \cdot 10^3 \text{ м}$)

87. Чому дорівнює робота по підйому стрижня довжиною 2 м і масою 5 кг, взятого за один кінець, на висоту, рівну його довжині. (50 Дж)

88. Однорідний стрижень довжиною 0,85 м підвішено на горизонтальній осі, що проходить через його верхній кінець. Якої швидкості треба надати нижньому кінцю стрижня, щоб він зробив повний оберт навколо осі? (7,1 м/с)

89. Рухома куля ударяє у нерухому кулю такої ж маси, після чого кулі стали рухатися як одне ціле. Яка частина механічної енергії перейде у внутрішню? (половина)

90. Стальна кулька масою 3 г вільно падає з висоти 1,5 м на горизонтальну кам'яну плиту і підстрибує після удару на висоту 1 м. Визначити зміну імпульсу кульки при ударі. ($2,98 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$)

91. Кільце і диск мають однакову масу 2 кг і котяться без ковзання з однаковою швидкістю 5 м/с. Знайти кінетичні енергії цих тіл. (50 Дж; 37,5 Дж)

92. Визначити лінійну швидкість центра кулі, що скотилася без ковзання з похилої площини заввишки 1 м. (3,74 м/с)

93. Куля котиться без ковзання по горизонтальній поверхні. Повна кінетична енергія кулі дорівнює 14 Дж. Визначити кінетичну енергію поступального та обертального руху кулі. (10 Дж, 4 Дж)

94. Хлопчик котить обруч по горизонтальній дорозі зі швидкістю 7,2 км/год. На яку відстань може відкотитись обруч на гірку за рахунок його кінетичної енергії? Нахил гірки становить 10 м на кожні 100 м шляху. (4,1 м)

95. Суцільна куля скочується з похилої площини довжиною 10 м і кутом нахилу 30° . Визначити швидкість кулі в кінці похилої площини. (8,4 м/с)

96. Циліндр масою 2 кг, що котився, було зупинено силою 9,81 Н на шляху 0,5 м. Визначити швидкість циліндра до гальмування. (1,81 м/с)

97. Скільки часу буде скочуватись без ковзання обруч із похилої площини довжиною 2 м і висотою 10 см? (4,04 с)

98. Маховик і легкий шків насаджені на горизонтальну вісь. До шківа за допомогою нитки прив'язано вантаж, який, рівноприскорено опускаючись, пройшов 2 м за 4 с. Момент інерції маховика $0,05 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Визначити масу вантажу, якщо радіус шківа 6 см. Масою шківа знехтувати. (0,36 кг)

99. Маховик, момент інерції якого $40 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, почав обертатися рівноприскорено із стану спокою під дією моменту сили 20 Н·м. Обертання тривало протягом 10 с. Визначити кінетичну енергію, яку набуде маховик. (500 Дж)

100. Кінетична енергія маховика, що обертається навколо горизонтальної осі, дорівнює 1 кДж. Під дією сталого гальмівного моменту маховик почав обертатися рівносповільнено і, зробивши 80 обертів, зупинився. Визначити момент сили гальмування. (2 Н·м)

101. До обода диска масою 5 кг прикладено дотичну силу 19,6 Н. Яку кінетичну енергію матиме диск через 5 с після початку дії сили? (1,92 кДж)

102. Однорідний диск масою 20 кг і радіусом 1 м обертається з частотою 3 об/с навколо вертикальної осі, що проходить через його центр. Яку роботу треба виконати, щоб вісь обертання перенести на 0,5 м від центра? (600 Дж)

103. Стрижень масою 5 кг і довжиною 1 м обертається з частотою 2 с^{-1} навколо вертикальної осі, що проходить через центр, перпендикулярно до стрижня. Яку роботу треба виконати, щоб вісь обертання перенести на один із його кінців? (98,6 Дж)

104. Маховик і легкий шків насаджений на горизонтальну вісь. До шківа за допомогою нитки прив'язано вантаж, який, рівноприскорено опускається з прискоренням м/с^2 . Момент інерції маховика $0,08 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Визначити масу вантажу, якщо радіус шківа 5 см. Масою шківа знехтувати. (0,36 кг)

105. Якір двигуна обертається з частотою 1500 хв^{-1} . Визначити обертальний момент, якщо двигун розвиває потужність 500 Вт. (3,18 Н·м)

106. Через скільки часу від початку руху точка, що виконує коливальний рух за рівнянням $x = 7 \sin 0,5\pi t$, проходить шлях від положення рівноваги до максимального зміщення? (через 1 с)

107. Амплітуда гармонічного коливання дорівнює 5 см, період 4 с. Знайти максимальну швидкість коливної точки та її максимальне прискорення. ($7,85 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$; $12,3 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$)

108. Записати рівняння гармонічного коливального руху, якщо максимальне прискорення точки $49,3 \text{ см/с}^2$, період коливань 2 с і зміщення точки від положення рівноваги в початковий момент часу 25 мм. ($x = 5 \cdot 10^{-2} \sin(\pi t + \pi/6)$)

109. Точка виконує гармонічні коливання. Максимальна швидкість точки дорівнює 10 см/с, максимальне прискорення 100 см/с^2 . Знайти період і амплітуду коливань. Записати рівняння коливань, вважаючи початкову фазу, рівною нулю. (0,628 с; 0,01 м; $x = 0,01 \sin 10t$)

110. Обруч діаметром 56,5 см висить на цвяхові, вбитому в стіну, і виконує малі коливання в площині, паралельній стіні. Знайти період цих коливань.

(1,5 с)

111. Диск діаметром 40 см виконує малі коливання у вертикальній площині відносно осі, що проходить через точку, яка лежить на відстані 5 см від його краю. Визначити період коливань диска.

(1,15 с)

112. Тонкий стрижень довжиною 1 м виконує малі коливання у вертикальній площині відносно осі, що проходить через кінець стрижня. З якою частотою коливається стрижень?

(1,64 с)

113. Мідна кулька підвішена на пружині і виконує вертикальні коливання. Як зміниться період коливань, якщо до пружини підвісити замість мідної кульки алюмінієву такою ж радіуса?

(зменшиться в 1,8 раза)

114. Гиря масою 400 г коливається на пружині жорсткості 250 Н/м. Амплітуда коливань 1 см. Знайдіть частоту, повну механічну енергію коливань та амплітуду швидкості.

(25 с⁻¹; 12,5 мДж; 0,25 м/с)

115. Амплітуда коливань точки 2 см, повна енергія 0,3 мкДж. При якому зміщенні від положення рівноваги на точку діє сила 22,5 мкН?

(1,5 см)

116. Тіло масою 100 г виконує коливання за законом $x = 0,02 \sin 0,5 \pi t$ м. Визначити максимальне значення сили, діючої на тіло.

(5 мН)

117. Джерело здійснює коливання згідно з рівнянням $x = 4 \sin 600 \pi t$ см. Знайти зміщення з положення рівноваги точки, яка знаходиться на відстані 75 см від джерела через 0,01 с після початку коливань. Швидкість поширення коливань у просторі 300 м/с.

(4·10⁻² м)

118. Від джерела коливань поширюються хвилі вздовж прямої лінії. Амплітуда коливань дорівнює 10 см. Знайти зміщення точки, віддаленої від джерела коливань на відстань $\frac{3}{4}$ довжини хвилі, в той момент, коли від початку коливань джерела пройшов час, рівний 0,9 періоду.

(8,1·10⁻² м)

119. Точка, що знаходиться на відстані 4 см від джерела коливань, має в момент $t = \frac{T}{6}$ зміщення, що дорівнює половині амплітуди. Знайти довжину хвилі коливань.

(0,4 м)

120. Звукові коливання, що мають частоту 500 Гц і амплітуду 0,25 мм, поширюються в повітрі. Довжина хвилі 70 см. Знайти швидкість поширення коливань і максимальну швидкість частинок повітря.

(350 м/с; 0,785 м/с)

Молекулярна фізика, термодинаміка, реальні гази і рідини
Основні закони і формули

Рівняння Клапейрона-Менделєєва	$pV = \frac{m}{\mu} RT$	p – тиск (Па) V – об'єм (м^3) m – маса газу (кг) μ – молярна маса (кг/моль) ν – кількість речовини (моль) R – газова стала (Дж/моль·К) T – абсолютна температура (К) N_A – стала Авогадро (моль ⁻¹) n – концентрація (м^{-3})
Маса молекули	$m_0 = \frac{\mu}{N_A}$	
Кількість речовини	$\nu = \frac{m}{\mu}$	
Кількість молекул	$N = \frac{m}{\mu} N_A$	
Концентрація молекул	$n = \frac{N}{V}$	W_k – кінетична енергія поступального руху молекул (Дж) ω_0 – середня кінетична енергія однієї молекули (Дж) n – концентрація молекул (м^{-3}) k – стала Больцмана (Дж/К)
Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів (МКТ)	$p = \frac{2}{3} n \omega_0$ $p = nkT$ $pV = \frac{2}{3} W_k$	
Середня квадратична швидкість молекул	$g_{\text{кв.}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$	
Найбільш імовірна швидкість молекул	$g_{\text{і}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}$	
Середня арифметична швидкість молекул	$\bar{g} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}}$	m_0 – маса однієї молекули R – універсальна газова стала (Дж/моль·К) μ – молярна маса (кг/моль) T – абсолютна температура (К) k – стала Больцмана (Дж/К)
Молярна теплоємність ідеального газу при постійному об'ємі	$\tilde{N}_v = \frac{i}{2} R$	
Молярна теплоємність ідеального газу при постійному тиску	$C_p = \frac{i+2}{2} R$	R – універсальна газова стала (Дж/(моль·К)) C_v – молярна теплоємність при сталому об'ємі (Дж/(моль·К)) C_p – молярна теплоємність при сталому тиску (Дж/(моль·К))
Рівняння Майера	$C_p - C_v = R$	
Зв'язок молярної і питомої теплоємностей	$C = \mu c$	c – питома теплоємність (Дж/(кг·К)) μ – молярна маса (кг/моль) i – число ступенів вільності $i = 3$ – для одноатомних молекул $i = 5$ – для двоатомних молекул $i = 6$ – для багатоатомних молекул
Показник адіабати	$\gamma = \frac{\tilde{N}_d}{\tilde{N}_v} = \frac{i+2}{i}$	

Енергія теплового руху молекул (внутрішня енергія газу)	$U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT$	μ – молярна маса (кг/моль) i – число ступенів вільності R – універсальна газова стала (Дж/моль·К) T – абсолютна температура (К)
Середня довжина вільного пробігу молекул газу	$\bar{\lambda} = \frac{\bar{g}}{\bar{Z}} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi \cdot d^2 n}$	\bar{Z} – середня кількість зіткнень кожної молекули з іншими за одиницю часу (с ⁻¹) \bar{g} – середня арифметична швидкість (м/с) d – ефективний діаметр молекул (м) n – концентрація молекул (м ⁻³)
Закон Фіка Коефіцієнт дифузії	$M = -D \frac{\Delta \rho}{\Delta \delta} S t$ $D = \frac{1}{3} \bar{g} \bar{\lambda}$	M – маса речовини (кг) $\frac{\Delta \rho}{\Delta \delta}$ – градієнт густини (кг/м ⁴) ρ – густина речовини (кг/м ³) S – площа (м ²) t – час (с) D – коефіцієнт дифузії (м ² /с)
Закон Ньютона Коефіцієнт внутрішнього тертя (в'язкості)	$F = -\eta \frac{\Delta g}{\Delta \delta} S$ $\eta = \frac{1}{3} \bar{g} \bar{\lambda} \rho$	F – сила внутрішнього тертя (Н) $\frac{\Delta g}{\Delta \delta}$ – градієнт швидкості (с ⁻¹) η – коефіцієнт в'язкості (Па·с) \bar{g} – середня арифметична швидкість (м/с) $\bar{\lambda}$ – середня довжина вільного пробігу (м) Q – кількість теплоти, яка переноситься у наслідок теплопровідності (Дж)
Закон Фур'є Коефіцієнт теплопровідності	$Q = -\chi \frac{\Delta T}{\Delta \delta} S t$ $\chi = \frac{1}{3} \bar{g} \bar{\lambda} C_v \rho$	$\frac{\Delta T}{\Delta \delta}$ – градієнт температури (К/м) χ – коефіцієнт теплопровідності (Вт/м·К) C_v – молярна теплоємність при сталому об'ємі (Дж/(моль·К))
Кількість теплоти	$Q = c m \Delta T$ $Q = \lambda m$	c – питома теплоємність (Дж/(кг·К)) m – маса (кг) ΔT – зміна температури (К) λ – питома теплота згорання палива (Дж/К)

Перший початок термодинаміки	$Q = \Delta U + A,$	Q – кількість теплоти (Дж) ΔU – зміна внутрішньої енергії (Дж) A – робота проти зовнішніх сил (Дж)
Зміна внутрішньої енергії	$\Delta U = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R \Delta T$	μ – молярна маса (кг/моль) i – число ступенів вільності R – універсальна газова стала (Дж/моль·К) ΔT – зміна температури (К)
Робота при ізобаричному процесі	$A = p \Delta V$	
Робота при ізотермічному процесі	$A = \frac{m}{\mu} R T \ln \frac{V_2}{V_1}$	
Коефіцієнт корисної дії теплової машини	$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$	Q_1 – теплота, передана робочому тілу (Дж) Q_2 – теплота, віддана холодильнику (Дж)
Коефіцієнт корисної дії ідеального циклу Карно	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$	T_1 – температура нагрівника (К) T_2 – температура холодильника (К)
Коефіцієнт поверхневого натягу рідини	$\delta = \frac{F}{\Delta l}$ $\delta = \frac{\dot{A}}{\Delta S}$	δ – коефіцієнт поверхневого натягу (Н/м) F – сила поверхневого натягу (Н) Δl – довжина контуру рідини (м) A – робота (Дж) ΔS – площа поверхні рідини (м ²)
Формула Лапласа (додатковий тиск, який викликаний кривизною поверхні рідини)	$\Delta p = \delta \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	Δp – додатковий тиск, викликаний кривизною поверхні рідини (Па) R_1, R_2 – радіуси кривизни двох взаємноперпендикулярних перетинів поверхні рідини (м)
Формула Жюрена	$h = \frac{2\delta \cos \Theta}{r \rho g}$	h – висота підняття рідини у капілярі (м) r – радіус капіляра (м) ρ – густина рідини (кг/м ³) g – прискорення вільного падіння (м/с ²) Θ – краєвий кут (при повному змочуванні $\Theta = 0$, при повному незмочуванні $\Theta = \pi$)

Приклад тестового завдання

1. Яка з наведених формул є математичним записом закону Бойля-Маріотта?

1) $pV = RT$; 2) $pV = \text{const}$; 3) $\frac{p}{T} = \text{const}$; 4) $\frac{V}{T} = \text{const}$.

2. Яка з наведених формул є математичним записом закону Гей-Люссака?

1) $pV = RT$; 2) $pV = \text{const}$; 3) $\frac{p}{T} = \text{const}$; 4) $\frac{V}{T} = \text{const}$.

3. Яка з наведених формул визначає кінетичну енергію однієї молекули?

1) $\frac{i}{2} \varepsilon T$; 2) $\frac{i}{2} RT$; 3) $\frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT$; 4) $\frac{i}{2} pV$.

4. Яка з наведених формул визначає внутрішню енергію 1 моля ідеального газу? 1) $\frac{i}{2} \varepsilon T$; 2) $\frac{i}{2} RT$; 3) $\frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT$; 4) $\frac{i}{2} pV$.

5. Що називається ККД циклу Карно

1) відношення роботи, що виконується за один цикл, до одержаної від нагрівача кількості теплоти;

2) відношення роботи, що виконується за один цикл, до кількості теплоти, що передається холодильнику;

3) відношення різниці температур нагрівача і холодильника до температури нагрівача;

4) відношення кількості теплоти, що передається холодильнику, до кількості теплоти, що отримано від нагрівача.

6. Яка з наведених формул визначає питому теплоємність газу при сталому об'ємі?

1) $\frac{i}{2} R$; 2) $\frac{i+2}{2} R$; 3) $\frac{i}{2\mu} R$; 4) $\frac{i+2}{2} R$.

7. Яка з наведених формул визначає молярну теплоємність газу при сталому об'ємі?

1) $\frac{i}{2} R$; 2) $\frac{i+2}{2} R$; 3) $\frac{i}{2\mu} R$; 4) $\frac{i+2}{2} R$.

8. Які з наведених тверджень є формулюваннями I закону термодинаміки?

1) можливі лише такі процеси у макроскопічній системі, які ведуть до зростання її ентропії;

2) неможливий коловий процес, єдиним результатом якого є перетворення теплоти, одержаної від нагрівника, в еквівалентну їй роботу;

3) кількість теплоти, отриманої від нагрівника, витрачається на зміну внутрішньої енергії системи та на виконання роботи проти зовнішніх сил;

4) неможливий вічний двигун першого роду.

9. Які з наведених тверджень є формулюваннями II закону термодинаміки?

1) можливі лише такі процеси у макроскопічній системі, які ведуть до зростання її ентропії;

2) неможливий коловий процес, єдиним результатом якого є перетворення теплоти, одержаної від нагрівника, в еквівалентну їй роботу;

3) кількість теплоти, отриманої від нагрівника, витрачається на зміну внутрішньої енергії системи та на виконання роботи проти зовнішніх сил;

4) неможливий вічний двигун першого роду.

10. За якою з наведених формул можна обчислити висоту підняття рідини в капілярі?

$$1) \rho q h = \frac{2\alpha}{r}; \quad 2) p = \rho q h; \quad 3) m q h = W_n; \quad 4) \Delta p = \frac{2\alpha}{r}.$$

11**. У балоні об'ємом 3 л знаходиться кисень ($\mu = 0,032$ кг/моль) масою 8 г. Визначити число молекул у балоні.

$$1) 2,5 \cdot 10^{23}; \quad 2) 1,5 \cdot 10^{23}; \quad 3) 2,08 \cdot 10^{24}; \quad 4) 1,5 \cdot 10^{25}.$$

12**. При ізобарному процесі азоту передано 70 Дж теплоти. Скільки теплоти витрачено на виконання роботи? 1) 50 Дж; 2) 70 Дж; 3) 20 Дж; 4) 35 Дж.

* Деякі тестові завдання мають до 3-х правильних відповідей.

** Розв'язок задач навести на листі відповідей.

Контрольна робота № 2

1. Визначити концентрацію молекул повітря за нормальних умов.
($2,65 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$)
2. Визначити тиск ідеального газу, що має концентрацію молекул 10^{19} см^{-3} при температурі 100 К.
($1,38 \cdot 10^4 \text{ Па}$)
3. Скільки молекул газу міститься в балоні об'ємом 10 л при температурі 273 К та тиску 5 МПа?
($1,3 \cdot 10^{25}$)
4. Визначити число молекул газу в колбі об'ємом 250 см^3 при температурі 300 К і тиску 380 мм рт.ст.
($3 \cdot 10^{21}$)
5. У колбі об'ємом 200 мл міститься деякий газ при температурі 300 К. На скільки понизиться тиск газу в колбі, якщо внаслідок негерметичності з колби вийде 10^{20} молекул?
($2 \cdot 10^3 \text{ Па}$)
6. В посудині об'ємом 4 дм^3 міститься 1 г водню. Яка кількість молекул в 1 см^3 цієї посудини?
($0,75 \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$)
7. У балоні об'ємом 5 л міститься 20 г водню. Визначити концентрацію його молекул.
($1,2 \cdot 10^{27} \text{ м}^{-3}$)
8. Скільки молекул води буде припадати на 1 м^2 поверхні Землі, якщо 1 г води рівномірно розподілити по всій поверхні земної кулі?
($6,5 \cdot 10^7$)
9. Визначити масу водню в балоні об'ємом 3 л, якщо концентрація його молекул у посудині $24 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$.
($2,4 \cdot 10^{-10} \text{ кг}$)
10. Скільки молекул знаходиться в 1 м^3 води? Визначити масу молекули води.
($3,4 \cdot 10^{28}$; $3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$)
11. У балоні 20 мг кисню. Через отвір кожну секунду витікає 1 млрд. молекул. За який час всі молекули кисню можуть покинути балон?
($1,19 \cdot 10^4$ років)
12. Густина деякого газу при температурі 10^0 С і тиску $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ дорівнює $0,34 \text{ кг/м}^3$. Знайти масу одного кіломоля цього газу.
(4 кг/кмоль)
13. Яка кількість молекул знаходиться у кімнаті об'ємом 80 м^2 при температурі 17°С і тиску 750 мм рт.ст.?
($2 \cdot 10^{27}$)
14. У сучасних приладах досягається розрідження газу до 1,33 нПа. Знайти концентрацію молекул такого розрідженого газу при 300 К.
($3 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3}$)
15. Молекула азоту летить із швидкістю 430 м/с. Знайти імпульс цієї молекули.
($2 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$)
16. Визначити тиск азоту, якщо середня квадратична швидкість його молекул 500 м/сек, а густина $1,35 \text{ кг/м}^3$.
($1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$)
17. Густина азоту в посудині $0,06 \text{ кг/м}^3$, середньоквадратична швидкість його молекул 500 м/с. Знайти тиск газу на стінки посудини при цих умовах.
(5 кПа)
18. Скільки молекул водню міститься в посудині об'ємом 1 л, якщо ймовірна

швидкість руху його молекул 500 м/с, а тиск на стінки посудини 10 кПа?

$$(2,4 \cdot 10^{22})$$

19. В посудині об'ємом 2 дм³ знаходиться 0,01 кг кисню під тиском 680 мм рт.ст. Знайти середню квадратичну швидкість молекул кисню, кількість молекул у посудині, масу однієї молекули кисню. (230 м/с, $1,9 \cdot 10^{23}$; $5,3 \cdot 10^{-26}$ кг)

20. Знайти кількість молекул водню в 1 см³, якщо його тиск дорівнює 200 мм рт.ст., а середня квадратична швидкість молекул дорівнює 2400 м/сек.
($4,1 \cdot 10^{18}$ см⁻³)

3)

21. Знайти кількість молекул водню в 1 см³, якщо тиск дорівнює 200 мм рт.ст., а середня квадратична швидкість його молекул за цих умов дорівнює 2400 м/с.
($4,2 \cdot 10^{18}$)

)

22. У посудині міститься 10 г газу під тиском 680 мм рт. ст. Середня квадратична швидкість молекул 230 м/с. Знайти об'єм посудини. ($1,95 \cdot 10^{-3}$ м³)

23. У посудині об'ємом 2 л знаходиться 10 г кисню під тиском 680 мм рт. ст. Знайти середню квадратичну швидкість молекул газу та число молекул в посудині.
(233 м/с; $1,88 \cdot 10^{22}$)

24. Середня квадратична швидкість молекул деякого газу за нормальних умов дорівнює 461 м/с. Яка кількість молекул знаходиться в 1 г цього газу?
($1,88 \cdot 10^{22}$)

25. При якій температурі середня квадратична швидкість молекул азоту більша їх найбільш ймовірної швидкості на 50 м/с?
(84 К)

26. Густина деякого газу дорівнює 0,06 кг/м³. Середня квадратична швидкість його молекул за даних умов дорівнює 500 м/с. Визначити тиск газу на стінки посудини.
(5 кПа)

27. Знайти енергію теплового руху молекул двохатомного газу в посудині об'ємом 2 л під тиском $1,5 \cdot 10^5$ Па?
(750 Дж)

Дж)

28. 1 кг двохатомного газу знаходиться під тиском $8 \cdot 10^4$ Па і має густину 4 кг/м³. Знайти енергію теплового руху молекул газу при цих умовах.
($5 \cdot 10^4$ Дж)

$$(5 \cdot 10^4 \text{ Дж})$$

29. Визначити кінетичну енергію обертального руху молекули гелію, кисню і водяної пари при температурі 400 К.
(0; $5,52 \cdot 10^{-21}$ Дж; $8,28 \cdot 10^{-21}$ Дж)

Дж)

30. Визначити середню енергію молекули водяної пари при 500 К.

$$(2 \cdot 10^{-20} \text{ Дж})$$

31. У посудині об'ємом 0,5 л знаходиться кисень за нормальних умов. Знайти загальне число зіткнень між молекулами кисню в цьому об'ємі за 1 с.
($3 \cdot 10^{31}$)

$$(3 \cdot 10^{31})$$

32. Визначити тиск, при якому середня довжина вільного пробігу молекул дорівнює 1 м, якщо температура газу 15° С, а діаметр молекул становить $3 \cdot 10^{-8}$ см.
(9,97 мПа)

$$(9,97 \text{ мПа})$$

33. Визначити число зіткнень за одну секунду однієї молекули кисню за нормальних умов, якщо ефективний діаметр молекули кисню дорівнює $2,9 \cdot 10^{-8}$ см. $(4,26 \cdot 10^9)$
34. Всередині сфери радіусом 0,1 м знаходиться водень при температурі 27°C . Визначити тиск водню та концентрацію його молекул, якщо довжина вільного пробігу молекул дорівнює діаметру сфери. $(5,86 \text{ Па}; 1,4 \cdot 10^{21} \text{ м}^{-3})$
35. Визначити густину азоту, якщо середня довжина вільного пробігу молекул дорівнює $2 \cdot 10^{-8}$ м. $(3,6 \text{ кг/м}^3)$
36. Визначити ефективний діаметр молекул газу, якщо їх довжина вільного пробігу становить $1,6 \cdot 10^{-7}$ м при 400 К і тиску $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. $(2,28 \cdot 10^{-10} \text{ м})$
37. За нормальних умов довжина вільного пробігу молекули водню рівна $0,160 \text{ мкм}$. Визначити діаметр молекули водню. $(2,29 \cdot 10^{-10} \text{ м})$
38. У скільки разів зменшиться число зіткнень за 1 с молекул деякого газу, якщо його об'єм ізобарично збільшиться у 2 рази? $(1,41 \text{ раза})$
39. Знайти середню довжину вільного пробігу атомів гелію в умовах, коли густина гелію $\rho = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$. $(1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м})$
40. При температурі 0°C та деякому тиску середня довжина вільного пробігу молекул кисню дорівнює $9,5 \cdot 10^{-8}$ м. Чому дорівнює число зіткнень за 1 с молекул кисню, якщо посудину відкачали до $0,01$ початкового тиску? Температура залишається незмінною. $(4,5 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1})$
41. У колбі об'ємом 100 см^3 знаходиться $0,5 \text{ г}$ азоту. Знайти середню довжину вільного пробігу молекул азоту за цих умов. $(2,3 \cdot 10^{-8} \text{ м})$
42. Знайти середній час між двома послідовними зіткненнями молекул азоту при температурі 10°C та тиску 1 мм рт.ст. $(1,6 \cdot 10^{-7} \text{ с})$
43. Яке граничне число молекул газу повинно знаходитися в 1 см^3 сферичної посудини, діаметр якої дорівнює 15 см , щоб молекули не стикалися між собою? Діаметр молекули газу дорівнює $3 \cdot 10^{-8}$ см. $(1,7 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3})$
44. У сферичній колбі об'ємом в 1 л знаходиться азот. При якій густині азоту середня довжина вільного пробігу молекул азоту дорівнює розмірам посудини? $(9,4 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^3)$
45. Яка максимальна кількість молекул азоту може знаходитись у сферичній посудині діаметром 20 см , щоб молекули не стикалися між собою? $(3,27 \cdot 10^{16})$
46. Знайти коефіцієнт теплопровідності повітря при температурі 10°C та тиску 10^5 Н/м^2 . Діаметр молекули повітря дорівнює $3 \cdot 10^{-8}$ см. $(13,1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/м}\cdot\text{К})$
47. В посудині об'ємом $V = 2 \text{ л}$ знаходиться $4 \cdot 10^{22}$ молекул двоатомного газу. Коефіцієнт теплопровідності газу дорівнює $0,014 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$. Знайти коефіцієнт дифузії газу за цих умов. $(2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с})$
48. Відстань між стінками дюарівської посудини дорівнює 8 мм . При якому тиску теплопровідність повітря, яке знаходиться між стінками посудини, почне зменшуватись при відкачуванні? Температура повітря 17°C , діаметр молекули повітря дорівнює $3 \cdot 10^{-7}$ мм. $(1,26 \text{ Н/м}^2)$

49. Коефіцієнти дифузії та внутрішнього тертя водню за деяких умов дорівнюють відповідно $D = 1,42 \text{ см}^2/\text{с}$ та $\eta = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$. Знайти кількість молекул водню в 1 м^3 за цих умов. $(1,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3})$

50. Знайти коефіцієнт теплопровідності водню, коли відомо, що коефіцієнт внутрішнього тертя для нього за цих умов дорівнює $8,6 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$. $(0,09 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К})$

51. Знайти середню довжину вільного пробігу молекул гелію при температурі 0°С та тиску 760 мм рт. ст. , якщо за цих умов коефіцієнт внутрішнього тертя (динамічна в'язкість) для нього дорівнює $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ г}/\text{см} \cdot \text{с}$. $(1,84 \cdot 10^{-7} \text{ м})$

52. Визначити коефіцієнт дифузії гелію за нормальних умов. $(1,3 \cdot 10^{-5} \text{ Па}/\text{с})$

53. Визначити коефіцієнт внутрішнього тертя азоту за нормальних умов, якщо коефіцієнт дифузії при цьому рівний $0,142 \text{ см}^2/\text{с}$. $(1,78 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2)$

54. Визначити діаметр молекули кисню, якщо відомо, що при 0°С його коефіцієнт в'язкості дорівнює $18,8 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$. $(3 \cdot 10^{-10} \text{ м})$

55. У скільки разів коефіцієнт в'язкості кисню більший, ніж коефіцієнт в'язкості азоту? Температура газів однакова. $(1,07 \text{ раза})$

56. Визначити коефіцієнт теплопровідності повітря при температурі 10°С і тиску 10^5 Па . Вважати діаметр молекули повітря рівним $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$. $(39,2 \text{ мВт}/\text{мК})$

57. Вуглекислий газ і азот знаходяться при однаковій температурі і тиску. Визначити для цих газів відношення коефіцієнтів дифузії та коефіцієнтів в'язкості. Діаметри молекул вважати однаковими. $(0,8; 1,25)$

58. Визначити кількість азоту, що проходить внаслідок дифузії через площу 100 см^2 за одну хвилину, якщо градієнт густини в напрямку, перпендикулярному до площини, рівний $1,26 \text{ кг}/\text{м}^4$, температура газу 27°С , середня довжина вільного пробігу його молекул 10^{-5} см . $(0,012 \text{ г})$

59. Яка кількість теплоти втрачається щогодини через вікно за рахунок теплопровідності повітря, обмеженого рамами, якщо площа кожної рами 4 м^2 , а відстань між ними 30 см ? Температура в приміщенні 18°С , температура за вікном -20°С , атмосферний тиск 10^5 Па . Діаметр молекул прийняти рівним $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$, а температуру повітря між рамами вважати рівною середньому арифметичному значенню температур в приміщенні і на вулиці. $(2\text{м}, 2 \text{ кДж})$

60. Яка кількість теплоти втрачається за добу через поверхню стін загальною площею 10000 м^2 при температурі повітря в приміщенні 18°С і температурі на вулиці -30°С . Товщина стін 60 см , а коефіцієнт теплопровідності стінових матеріалів $0,84 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. $(5,8 \cdot 10^{10} \text{ Дж})$

61. Обчислити питомі теплоємності при постійному тиску гелію і вуглекислого газу, вважаючи їх ідеальними газами.

$$(5,19 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}; 0,76 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot \text{К})$$

К)

62. Обчислити питомі теплоємності при постійному об'ємі та при постійному тиску азоту і водяної пари, вважаючи їх ідеальними газами.

$$(741 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}; 1037 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}; 1383 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot \text{К}; 1844 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot \text{К})$$

63. Визначити молярні теплоємності газу, якщо його питомі теплоємності $c_p = 14,6$ кДж/(кг·К) та $c_v = 10,4$ кДж/(кг·К). (29,2 кДж/моль·К; 20,8 кДж/моль·К)

64. Трїохатомний газ масою 18 г під тиском 240 кПа і температурі 20°С займає об'єм 10 л. Визначити питому теплоємність цього газу при сталому тиску. (1820 Дж/кг·К)

65. Одноатомний газ масою 0,9 г за нормальних умов займає об'єм 5 л. Визначити питому теплоємність цього газу при сталому об'ємі. (3085 Дж/кг·К)

66. Різниця питомих теплоємностей при постійних тиску та об'ємі двоатомного газу рівна 297 Дж/кг·К. Визначити питомі теплоємності c_v і c_p газу. (1,04 · 10³ Дж/кг·К; 0,742 · 10³ Дж/кг·К)

67. Визначити молярну масу газу, якщо різниця його питомих теплоємностей $c_p - c_v = 2,08$ кДж/(кг·К). (4 · 10⁻³ кг/моль)

68. Молекула газу складається з двох атомів, різниця питомих теплоємностей газу при постійних тиску та об'ємі рівна 260 Дж/кг·К. Знайти молярну масу і питомі теплоємності газу. (0,032 кг/моль; 0,65 · 10³ Дж/кг·К; 0,91 · 10³ Дж/кг·К)

69. Визначити молярну масу газу, якщо для ізохорного нагрівання на 10 К 20 г газу потрібно 630 Дж теплоти, а для ізобарного – 1050 Дж. (4 · 10⁻³ кг/моль)

70. Визначити питомі теплоємності c_v і c_p деякого газу, якщо відомо, що його молярна маса рівна 4 · 10⁻³ кг/моль та відношення $c_p/c_v = 1,67$.

(3112 Дж/кг·К; 5187 Дж/кг·К)

71. Знайти питомі теплоємності c_v і c_p деякого газу, якщо відомо, що його молярна маса рівна 30 кг/кмоль та відношення $c_p/c_v = 1,4$.

(0,97 · 10³ Дж/кг·К; 0,69 · 10³ Дж/кг·К)

72. Визначити молярну масу газу при його питомих теплоємностях $c_v = 650$ Дж/кг·К і $c_p = 910$ Дж/кг·К. Чому рівні молярні теплоємності c_v і c_p цього газу? (29,12 Дж/моль·К; 20,8 Дж/моль·К)

73. Визначити питому теплоємність при постійному об'ємі газової суміші з 2 кг водню і 1 кг азоту. (7,17 · 10³ Дж/кг·К)

74. Визначити питому теплоємність при постійному тиску газової суміші з 1 кг гелію і 1 кг кисню. (3,05 · 10³ Дж/кг·К)

75. Визначити показник адіабати ідеального газу масою 1,15 кг, який при температурі 350 К і тиску 0,4 МПа займає об'єм 300 л і має питому теплоємність при сталому об'ємі 742 Дж/кг·К. (1,4)

76. Азот, що займав об'єм 10 л під тиском 0,1 МПа, ізобарно нагріли від 20 до 100 С. Визначити роботу розширення газу. (273 Дж)

77. Гелій, що займав об'єм 19 л під тиском 0,2 МПа, ізотермічно поширився до об'єму 28 л. Визначити роботу розширення газу. (1,47 · 10³ Дж)

78. Вуглекислий газ розширюється ізобарично. Визначити роботу розширення газу, якщо йому передали 42 кДж теплоти. (10,5 · 10³ Дж)

79. 1 л гелію при нормальних умовах ізотермічно розширюється до об'єму 2 л. Знайти роботу розширення газу. (69,3 Дж)
80. Кисень нагрівається при незмінному тиску 80 Па. Його об'єм при цьому збільшується від 1 до 3 м³. Визначити зміну внутрішньої енергії кисню, роботу, виконану ним при розширенні, а також теплоту, що одержав газ. (400 Дж, 160 Дж, 560 Дж)
81. Азот при постійному тиску одержав 0,021 МДж теплоти. Знайти виконану роботу та зміну внутрішньої енергії. (6 кДж; 15 кДж)
82. Знайти роботу розширення і зміну внутрішньої енергії 10 л вуглекислого газу, якщо при постійному нормальному тискові його об'єм збільшився до 12 л. (200 Дж; 600 Дж)
83. Кисень масою 2 кг займає об'єм 1 м³ і знаходиться під тиском 0,2 МПа. Газ нагріли спочатку при постійному тиску до об'єму 3 м³, а після цього при постійному об'ємі до тиску 0,5 МПа. Знайти зміну внутрішньої енергії газу й виконану ним роботу. ($3,25 \cdot 10^6$ Дж; $0,4 \cdot 10^6$ Дж)
84. Для ізобарного нагрівання 800 моль газу на 500 К йому надали теплоти 9,4 МДж. Визначити роботу газу і приріст внутрішньої енергії. ($3,32 \cdot 10^6$ Дж; $6,08 \cdot 10^6$ Дж)
85. У циліндрі під поршнем знаходиться азот масою 0,6 кг і об'ємом 1 м³ при температурі 560 К. У результаті отриманої теплоти газ розширився до об'єму 4,2 м³, причому температура залишилася сталою. Знайти зміну внутрішньої енергії газу, виконану ним роботу та отриману кількість теплоти. (0; $1,4 \cdot 10^5$ Дж;)
86. Кисень масою 0,1 кг нагріли ізобарно від температури 200 К до температури 400 К. Визначити роботу, виконану газом, отриману ним теплоту і зміну внутрішньої енергії. (5,19 кДж; 18,2 кДж; 13 кДж)
87. Знайти збільшення внутрішньої енергії і роботу розширення 30 г водню при нагріванні газу в умовах вільного розширення, якщо його об'єм збільшився в 5 раз. Початкова температура 270 К. ($3,37 \cdot 10^5$ Дж; $1,35 \cdot 10^5$ Дж)
88. Повітря масою 2 г при 273 К нагріли ізобарно настільки, що його об'єм збільшився вдвічі. Визначити роботу газу при розширенні, кількість теплоти, поглинутою повітрям, і зміну його внутрішньої енергії. (156 Дж; 546 Дж; 390 Дж; $11,34 \cdot 10^3$)
89. Об'єм 160 г кисню, температура якого 273 К, при ізобарному нагріванні збільшився вдвічі. Знайти роботу газу при розширенні, зміну внутрішньої енергії й отриману кількість теплоти. ($11,34 \cdot 10^3$; $28,35 \cdot 10^3$; $39,69 \cdot 10^3$)
90. Вуглекислий газ нагріли при постійному об'ємі 50 л. При цьому тиск газу змінився на 0,05 МПа. Визначити зміну внутрішньої енергії газу, роботу, виконану ним, і отриману теплоту. (7,5 кДж; 0; 7,5 кДж)
91. У результаті кругового процесу газ виконав роботу, рівну 1 Дж і віддав до холодильнику 4,2 Дж теплоти. Знайти ККД циклу. (19,6 %)
92. Газ, що здійснює цикл Карно, 2/3 теплоти, отриманої від нагрівника,

віддає холодильнику. Температура холодильника становить 273 К. Визначити температуру нагрівника. (409,5 К)

93. Газ здійснює цикл Карно. Температура нагрівника дорівнює 127⁰С. У скільки разів збільшиться ККД циклу, якщо температура нагрівника підвищиться від 127 до 347⁰ С? (1,935 раза)

94. Газ здійснює цикл Карно. Абсолютна температура нагрівника в 4 рази вище від температури холодильника. Нагрівник передав газу 10 кДж теплоти. Яку роботу виконав газ? (7,5·10³ Дж)

95. Пар надходить із котла в парову машину з температурою 227⁰С. Обчислити теоретично роботу, що виконується внаслідок втрати 4,19 Дж теплоти, якщо температура в конденсаторі 27⁰ С. (2,8 Дж)

96. В ідеальній тепловій машині за рахунок кожного кілоджоуля енергії, одержуваної від нагрівника, здійснюється робота 300 Дж. Визначити температуру нагрівника, якщо температура холодильника 280 К. (400 К)

97. Ідеальна теплова машина за один цикл одержує від нагрівника 2,5 кДж теплоти. Температура нагрівника становить 400 К, а холодильника дорівнює 300 К. Визначити кількість теплоти, що передається за один цикл холодильнику. (1,875 кДж)

98. Ідеальна теплова машина, працююча за циклом Карно, виконує за один цикл роботу 150 кДж. Температура нагрівника 400 К, холодильника 260 К. Знайти ККД машини і кількість теплоти, що передається за один цикл холодильнику. (0,28 МДж)

99. Газ здійснює цикл Карно. Абсолютна температура нагрівника в 3 рази вище від температури холодильника. Нагрівник передав газу 41,9 кДж теплоти. Яку роботу здійснює газ? (280 кДж)

100. Ідеальний багатоатомний газ здійснює цикл, який складається з двох ізохор і двох ізобар, причому найбільший тиск газу в 2 рази більше найменшого, а найбільший об'єм в 4 рази більше від найменшого. Визначити термічний ККД циклу. (50 %)

101. ККД двигуна внутрішнього згорання 28 % при температурі згорання палива 927⁰С і температурі вихлопних газів 447⁰ С. На скільки відсотків ККД ідеальної машини більше від ККД двигуна? (12 %)

102. У котлі парової машини температура 150⁰С, в холодильникові – 10⁰С. Яку теоретично максимальну роботу може виконати машина, якщо в топці, ККД якої 80 %, спалили 200 кг вугілля з питомою теплотою згорання 31 МДж/кг? (1,65·10⁹ Дж)

103. Газ, що здійснює цикл Карно, за рахунок кожного кілоджоуля теплоти, отриманої від нагрівника, виконує роботу 140 Дж. У скільки разів абсолютна температура нагрівника вища від абсолютної температури холодильника? (1,163)

104. Ідеальна теплова машина працює за циклом Карно. При цьому 80 % теплоти, отриманої від нагрівника, передається холодильнику, температура якого – 0⁰С. Визначити температуру нагрівника і ККД машини.

(20%; 341,25 К)

105. Ідеальна теплова машина, що працює за циклом Карно, виконує за один цикл роботу 73,5 кДж. Температура нагрівника 100°C , а холодильника – 0°C . Знайти ККД машини і кількість теплоти, що передається за один цикл холодильнику. (200 Дж; 26,8 %)
106. На яку висоту підніметься вода в капілярній трубці радіусом 1,5 мм? Коефіцієнт поверхневого натягу води 0,072 Н/м. Вважати змочування повним. (9,8 мм)
107. Спирт піднявся в капілярній трубці на висоту 12 мм. Визначити радіус трубки. Коефіцієнт поверхневого натягу спирту 0,021 Н/м. Вважати змочування повним. (0,45 мм)
108. У капілярній трубці радіусом 0,5 мм рідина піднялася на 11 мм. Знайти густину цієї рідини, якщо її коефіцієнт поверхневого натягу 0,022 Н/м. Вважати змочування повним. (816 кг/м³)
109. У бензол занурено капілярну трубку з внутрішнім діаметром 0,4 мм. Визначити масу бензолу у капілярну трубку ($\sigma = 0,03$ Н/м). ($3,8 \cdot 10^{-3}$ г)
110. Визначити вагу краплі води ($\sigma = 0,072$ Н/м), що витікає з піпетки діаметром отвору 1,2 мм, якщо вважати, що діаметр шийки краплі дорівнює діаметру отвору? ($2,7 \cdot 10^{-4}$ Н)
111. Видуваючи мильну бульбашку ($\sigma = 0,043$ Н/м), виконали проти сил поверхневого натягу роботу $0,022 \cdot 10^{-3}$ Дж. Розрахувати діаметр цієї бульбашки. (9 мм)
112. На яку висоту підніметься бензол у капілярній трубці, внутрішній діаметр якої 1 мм? Змочування вважати повним. Коефіцієнт поверхневого натягу 0,03 Н/м. (1,4 см)
113. Яку роботу проти сил поверхневого натягу потрібно виконати, щоб видути мильну бульбашку діаметром 4 см? Коефіцієнт поверхневого натягу мильного розчину рівний 0,043 Н/м. ($4,32 \cdot 10^{-4}$ Дж)
114. Яку роботу потрібно виконати при видуванні мильної бульбашки ($\sigma = 0,043$ Н/м), щоб збільшити її об'єм від 8 до 16 см³? Процес вважати ізотермічним. ($9,54 \cdot 10^{-5}$ Дж)
115. Яку роботу проти сил поверхневого натягу необхідно виконати, щоб розбити сферичну краплю ртуті діаметром 6 мм на дві однакові? Коефіцієнт поверхневого натягу ртуті 0,5 Н/м. ($14,7 \cdot 10^{-6}$ Дж)
116. Гліцерин піднявся в капілярній трубці з діаметром каналу 1 мм на висоту 20 мм. Визначити коефіцієнт поверхневого натягу гліцерину. Вважати змочування повним. ($6,2 \cdot 10^{-2}$ Н/м)
117. Капіляр внутрішнім діаметром 4 мм опущений у рідину. Знайти коефіцієнт поверхневого натягу рідини, якщо в капіляр підіймається $9 \cdot 10^{-5}$ кг рідини. ($7 \cdot 10^{-2}$ Н/м)
118. Визначити масу водяної краплі ($\sigma = 0,072$ Н/м), що відривається від трубки діаметром каналу 1 мм, вважаючи, що діаметр краплі дорівнює діаметру каналу. ($2,26 \cdot 10^{-2}$ г)

119. Визначити тиск у повітряній бульбашці діаметром 0,01 мм на глибині 20 см під поверхнею води. Зовнішній тиск дорівнює 765 мм рт.ст. Коефіцієнт поверхневого натягу води прийняти рівним 0,072 Н/м. (1,325·10⁵ Па)

120. Тиск повітря в середині мильної бульбашки на 1 мм рт. ст. більший від атмосферного. Чому рівний діаметр бульбашки? Коефіцієнт поверхневого натягу мильного розчину прийняти рівним 0,043 Н/м. (2,59 мм)


Фізичні константи	
Гравітаційна стала	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг}\cdot\text{с}^2$
Прискорення вільного падіння поблизу поверхні Землі	$g = 9,82 \text{ м/с}^2$
Середній радіус Землі	$R_3 = 6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Універсальна газова стала	$R = 8,31 \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$
Стала Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Стала Авогадро	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
1 мм рт.ст.	$\approx 133 \text{ Па}$
Нормальні умови: абсолютна температура тиск	273 К $\approx 10^5 \text{ Па}$

Густина, кг/м ³		Ефективні діаметри молекул, м	
Вода	$1 \cdot 10^3$	Гелій	$2 \cdot 10^{-10}$
Гліцерин	$1,2 \cdot 10^3$	Азот	$3 \cdot 10^{-10}$
Спирт	$0,79 \cdot 10^3$	Водень	$2,3 \cdot 10^{-10}$
Бензол	$0,88 \cdot 10^3$	Кисень	$2,9 \cdot 10^{-10}$

Алюміній	$2,7 \cdot 10^3$		
Мідь	$8,9 \cdot 10^3$		

Література

1. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. - М.: Наука, 1985. – 381 с.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – Т.2.– М.: Высшая школа, 1979. – 510 с.
3. Зачек І.Р., Кравчук І.М., Романишин Б.М., Габа В.М., Гончар Ф.М. Курс фізики. – Львів:Beskid Біт, 2002. – 375 с.
4. Король А.М., Андріяшик М.В. Фізика. Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка. Електрика і магнетизм. Оптика. Елементи квантової механіки, фізики атомного ядра і елементарних частинок. – К.: Інкос, 2006 – 344 с.
5. Соловйов В.В., Давиденко Л.П. Конспект лекцій із фізики. Посібник для студентів інженерних спеціальностей денної, заочної та дистанційної форм навчання.- Полтава: ПолтНТУ, 2005.– 162 с.
6. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. – М.: Высшая школа, 1981. – 496 с.

ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ЕЛЕМЕНТІВ Д. І. МЕНДЕЛІЄВА										PERIODS		VII		VIII		 Періодичний закон відкритого Д. І. МЕНДЕЛІЄВим у 1869 році					
I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			PERIODS				
1	H 1.0079 ВОДЕНЬ															1	He 4.0026 ГЕЛІЙ				
2	Li 6.941 ЛІТІЙ	Be 9.0094 БЕРИЛІЙ			B 10.811 БОР	C 12.011 ВУГЛЕЦЬ	N 14.0067 АЗОТ	O 15.9994 КИСЕНЬ					Ne 19.9925 НЕОН			2					
3	Na 22.98977 НАТРІЙ	Mg 24.305 МАГНІЙ			Al 26.98154 АЛЮМІНІЙ	Si 28.086 КРЕМНІЙ	P 30.97376 ФОСФОР	S 32.06 сірка					Ar 39.948 АРГОН			3					
4	K 39.0983 КАЛІЙ	Ca 40.078 КАЛЬЦІЙ	Sc 44.95591 СКАНДІЙ			Ti 47.88 ТИТАН	V 50.9415 ВАНАДІЙ	Cr 51.9961 ХРОМ	Mn 54.938045 МАРГАНЕЦЬ	Fe 55.845 ЗАЛІЗО	Mn 54.938045 МАРГАНЕЦЬ	Co 58.9332 КОБАЛЬТ	Ni 58.71 НІКЕЛЬ			4					
5	Rb 85.4678 РУБІДІЙ	Sr 87.62 СТРОНЦІЙ	Y 88.90584 ІТРИЙ	Zn 65.38 ЦИНК	Ga 69.723 ГАЛІЙ	Ge 72.63 ГЕРМАНІЙ	As 74.9216 МИШ'ЯК	Se 78.96 СЕЛЕН	Tc 98.90625 ТЕХНЕЦІЙ	Ru 101.07 РУТЕНІЙ	Br 79.904 БРОМ	Kr 83.80 КРИПТОН			5	Rh 102.9055 РОДІЙ	Ru 101.07 РУТЕНІЙ	Xe 131.29 КСЕНОН	Pd 106.42 ПАЛАДІЙ		
6	Cs 132.90545 ЦЕЗІЙ	Ba 137.327 БАРІЙ	La 138.90547 ЛАНТАН	Cd 112.411 КАДМІЙ	In 114.818 ІНДІЙ	Sn 118.710 ОЛОВО	Sb 121.757 СУРМА	Te 127.603 ТЕЛУР	Re 186.207 РЕНІЙ	Os 190.23 ОСМІЙ	I 126.90545 ЙОД	Xe 131.29 КСЕНОН	Ir 192.222 ІРИДІЙ	Pt 195.084 ПЛАТИНА	6	Rn 222 РАДОН	Rn 222 РАДОН	U 238.02891 УРАН	92 УРАН		
7	Fr 223.021 ФРАНЦІЙ	Ra 226.0754 РАДІЙ	Ac 227.03373 АКТИНІЙ			Ku 200.24 КУРЧАТОВІЙ									7						
* ЛАНТАНОЇДІЙ																					
Ce 140.12 ЦЕРІЙ	Pr 140.90766 ПРАЗЕОДИМ	Nd 144.242 НЕОДИМ	Pm 144.9126 ПРОМЕТІЙ	Sm 150.36 САМАРІЙ	Eu 151.964 ЄВРОПІЙ	Gd 157.25 ГАДОЛІНІЙ	Tb 158.92534 ТЕРБІЙ	Dy 162.50032 ДИСПРОЗІЙ	Ho 164.93032 ГОЛЬМІЙ	Er 167.259 ЕРБІЙ	Tm 168.93274 ТУЛІЙ	Yb 173.054 ІТЕРБІЙ	Lu 174.967 ЛЮТЕЦІЙ								
** АКТИНОЇДІЙ																					
Th 232.03806 ТОРІЙ	Pa 231.03688 ПРОТАКТИНІЙ	U 238.02891 УРАН	Np 237.04817 НЕПТУНІЙ	Pu 244.06422 ПУЛОНІЙ	Am 243.06138 АМЕРИЦІЙ	Cm 247.07125 КЮРІЙ	Bk 247.07125 БЕРКЛІЙ	Cf 251.0825 КАЛІФОРНІЙ	Es 252.083 ЗІНШТЕЙНІЙ	Fm 257.10 ФЕРМІЙ	Md 288.103 МЕНДЕЛІЄВІЙ	No 289.103 НОБЕЛІЙ	Lr 260.103 ЛОУРЕНСІЙ								

У квадратних дужках наведено масові числа найбільш стійких ізотопів.

Символ елементів
U
92
УРАН

Назва елементів
УРАН

Атомна вага

Атомна маса