

Міністерство освіти і науки України
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Кафедра загальної фізики та методики викладання фізики

Головіна Н.А.

**МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА Й ТЕРМОДИНАМІКА
В ЗАПИТАННЯХ ТА ЗАДАЧАХ
Практикум**

Луцьк 2023

ББК 22. 36я73-5+22.317.1я73-5
УДК 539.19:536 (076)
Г61

*Рекомендовано до друку вченою радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
(протокол №3 від 23 лютого 2023 року)*

Рецензенти:

ПАСТЕРНАК Я.М. – доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри комп'ютерних наук та кібербезпеки факультету інформаційних технологій і математики ВНУ імені Лесі Українки

ШИГОРІН П.П. – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А.В. Свідзинського ВНУ імені Лесі Українки.

Головіна Н.А.

Г 61 Молекулярна фізика й термодинаміка в запитаннях та задачах. Практикум / Н. А. Головіна. Луцьк : Вежа-Друк, 2023. 190 с.

У практикумі містяться: основні закони і формули; завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою; пакет завдань для ІНДЗ; задачі, які рекомендовані для розв'язання на практичних заняттях; задачі для модульного контролю; задачі-оцінки. Практикум підготовлений для студентів, які вивчають курс загальної фізики (молекулярна).

ББК 22. 36я73-5+22.317.1я73-5
УДК 539.19:536 (076)

ISBN

© Головіна Н.А., 2023
© Волинський національний
університет імені Лесі Українки, 2023

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| Передмова..... | 5 |
| Методичні вказівки..... | 8 |
| Змістовий модуль 1. Молекулярна теорія. Властивості ідеальних газів. | |
| Основні формули та контрольні запитання..... | 11 |
| Завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою..... | 13 |
| а. Тести..... | 13 |
| Відповіді..... | 25 |
| б. Запитання..... | 26 |
| Відповіді..... | 30 |
| с. Задачі для модульного контролю..... | 32 |
| Відповіді..... | 37 |
| 2. Змістовий модуль 2. Явища переносу. Реальні гази. | |
| Основні формули та контрольні запитання..... | 38 |
| Завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою..... | 39 |
| а. Тести..... | 39 |
| Відповіді..... | 45 |
| б. Запитання..... | 45 |
| Відповіді..... | 50 |
| с. Задачі для модульного контролю..... | 54 |
| Відповіді..... | 57 |
| 3. Змістовий модуль 3. Термодинаміка. | |
| Основні формули та контрольні запитання..... | 58 |
| Завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою..... | 60 |
| а. Тести..... | 60 |
| Відповіді..... | 72 |
| б. Запитання..... | 73 |
| Відповіді..... | 76 |
| с. Задачі для модульного контролю..... | 79 |
| Відповіді..... | 83 |
| 4. Змістовий модуль 4. Рідини. Тверді тіла. | |
| Основні формули та контрольні запитання..... | 84 |
| Завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою..... | 86 |
| а. Тести..... | 86 |
| Відповіді..... | 93 |
| б. Запитання..... | 94 |
| Відповіді..... | 105 |
| с. Задачі для модульного контролю..... | 116 |

| | |
|--|-----|
| Відповіді..... | 119 |
| 5. ІНДЗ. Методичні вказівки..... | 120 |
| Завдання для контролю за індивідуальною роботою..... | 123 |
| 6. Задачі – оцінки..... | 176 |
| Відповіді..... | 180 |
| 7. Додатки..... | 186 |

Передмова

У сучасній системі вищої освіти активно впроваджуються підходи, методи та технології, які сприяють входженню у європейський освітній та інформаційний простори, ефективній підготовці майбутніх фахівців, здатних адекватно реагувати на виклики глобалізованого світу.

Свідченням цього є запровадження кредитно-модульної системи організації навчального процесу, технологій дистанційної освіти, тестових методів навчання та діагностування знань.

Такий підхід потребує вміння чітко структурувати знання, знаходити логічні зв'язки між розрізненими фактами, вміти обирати найраціональніший варіант. Це досягається у процесі цілеспрямованого навчання, тренування думки, самоаналізу та самокорекції.

Об'єм матеріалу курсу загальної фізики (молекулярна) досить великий та розрахований на планомірне та систематичне вивчення. Причому частка самостійної роботи студента є значною. Завдання викладача організувати цю роботу в найбільш оптимальному руслі, забезпечивши максимальну якість засвоєння матеріалу.

У зв'язку з цим, а також із введенням у дію нових та оновлених положень щодо підготовки та організації навчального процесу в університеті, врахувавши рекомендації та нормативні документи виникла гостра потреба у методичному посібнику, який задовольняв би всім вимогам. А основне, дав би можливість студентам не заблудитися у великому об'ємі інформації, готуватись до практичних занять, виконувати індивідуальні завдання, мати запитання та завдання для самоконтролю, а також типові завдання для модульного контролю. Цій меті підпорядкований цей збірник завдань та запитань з молекулярної фізики та термодинаміки.

Посібник містить:

– основні закони і формули, що потрібні будуть при розв'язуванні задач;

– завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою, які у свою чергу поділяються на:

а) тестові завдання;

б) запитання, які можна назвати як «Молекулярна фізика й термодинаміка навколо нас»;

– пакет завдань для ІНДЗ;

– задачі, які рекомендовані для розв'язання на практичних заняттях;

– задачі для модульного контролю;

– задачі-оцінки, як окремий тип задач, необхідний на думку автора, атрибут підготовки фізика.

Він містить завдання різних рівнів складності.

Перший рівень складності передбачає вибір однієї правильної відповіді з кількох. Це група тестів призначена для перевірки знань основних величин, понять, явищ на репродуктивному рівні. Їх успішно можна використовувати для самоконтролю.

Розв'язання завдань другого рівня складності вимагає вміння застосовувати набуті знання при розв'язуванні стандартних фізичних задач.

Їх можна використовувати студентам при підготовці до практичних занять та викладачам для контролю над самостійною роботою студентів.

Завдання третього рівня складності – це кількісні завдання, що вимагають глибокого розуміння навчального матеріалу, вміння вільно користуватися математичним апаратом, а також нестандартного мислення.

Розв'язання задач – ефективний засіб засвоєння фізики, надійний інструмент для контролю за ступенем розуміння фізичних законів.

Широко представлені задачі ідеалізовані, які моделюють реальну ситуацію, фізичний процес. Вони корисні для оволодіння типовими прийомами розв'язування задач.

Немало і порівняно складних, які вимагають глибоких знань, кмітливості та вміння розібратись у нетривіальній ситуації.

Тому збірник може успішно використовуватись як на початковому етапі вивчення, на етапі повторення, так і буде корисним на завершальному етапі систематизації знань.

У збірнику підбрано більш як 200 запитань, які дадуть можливість поглибити знання, пов'язати їх з практикою, життєвими ситуаціями.

Вони дадуть змогу вивчати предмет не відірвано від життя, а даючи відповіді на всілякі побутові запитання.

Збірник містить 450 задач за чотирма змістовими модулями курсу, розв'язання 10 з них (див. табл.) є обов'язковим і складає зміст ІНДЗ.

І нарешті, останні задачі запропоновані, як задачі, які можуть бути використані для модульного контролю чи на екзамені.

На основі цієї бази задач легко підготувати різнорівневу комплексну контрольну роботу для перевірки залишкових знань.

Збірник містить відповіді і до тестових завдань, і до завдань, які пропонуються для ІНДЗ, і до запитань.

Короткі відповіді до запитань надіюсь не обесцінять самі запитання і багато ще залишиться для самостійної, індивідуальної роботи, для роздумів та висновків.

У додатку наведено таблиці фізичних величин та список використаних джерел.

Під час підготовки цього посібника використано більш як двадцятирічний досвід викладання на кафедрі загальної фізики та методики викладання фізики СНУ імені Лесі Українки.

Автор висловлює щире подяку допитливим студентам, які змусили зібрати цей матеріал воєдино щоб забезпечити, задовольнити їх різноманітні інтереси під час проведення занять та консультацій.

За надану допомогу в підготовці цього видання щиро вдячна старшому лаборанту кафедри Ользі Борисівні Дейнеці. Рисунки допомогли виконати інженер кафедри О.О. Бурлака та старший лаборант С.С. Панкевич, за що їм окреме «дякую».

Методичні вказівки

Вміння розв'язувати задачі появляється в результаті систематичних тренувань.

Зрозуміло, що загального алгоритму розв'язку немає, але слід дотримуватись певного порядку дій. Розв'язування більшості фізичних задач розрахункового характеру можна розділити на такі етапи:

- а) аналіз умови задачі і його наочна інтерпретація схемою чи рисунком;
- б) складання рівнянь, які пов'язують фізичні величини, що характеризують досліджуване явище з кількісної сторони;
- в) розв'язання системи рівнянь відносно невідомих величин;
- г) аналіз отриманого результату і чисельний розрахунок.

Розв'язання задачі починається з уважного прочитання та вивчення її умови з одночасним аналізом фізичних законів, які описують явище. Найбільш продуктивний прийом роботи на цьому етапі – графічний (рисунок, креслення, схема). Графічна схема повинна відображати процеси та явища в динаміці. Для цього необхідно виконати два рисунки: один, який відповідає початку явища, описаного в умові, інший – його закінчення.

У результаті аналізу умови встановлюється коло фізичних явищ, відновлюються в пам'яті закономірності, які відносяться до цих явищ. Особлива увага звертається на різного роду припущення, які впливають з умови чи повинні бути зроблені в ході розв'язування. Треба мати на увазі, що в задачах не завжди вказуються дані, необхідні для отримання відповіді, студент сам повинен ввести недостаючі величини, коли стане очевидною їх необхідність.

При аналітичному розв'язуванні задачі спочатку записують формулу, яка містить шукану величину. Потім аналізують її з метою підшукування формул, які пов'язують невідомі величини з відомими. аналізують всі рівняння враховуючи що їх кількість повинна бути така, як кількість невідомих величин.

Розв'язання системи рівнянь приводить до відповіді на запитання задачі в загальному вигляді, у якому є всі відомі, а також табличні дані.

Важливо володіти елементарними способами перевірки отриманих результатів. Перевірити правильність можна методом розмірностей. Обидві частини рівняння повинні мати однакову розмірність. У отриману формулу підставити одиниці вимірювання величин, які у неї входять, провести необхідні математичні дії. Отримана одиниця вимірювання повинна відповідати одиниці вимірювання шуканої величини. Якщо відповідь є функцією і потрібно виявити характер її

змін, то необхідно дослідити її на екстремум, нескінченність, тощо. В цьому дуже допомагає графічне зображення функції.

Переконавшись у правильності загального розв'язку, виконують обрахунки. Важливим є те, що всі дані умови, а також табличне значення слід записати в одній і тій же системі одиниць. Перевага надається Міжнародній системі одиниць СІ.

Отримавши числову відповідь, перевірити чи результат не суперечить дійсності, співставити його з порядком значень аналогічних величин, даних довідників. Здійснюючи обрахунки слід пам'ятати, що числові значення фізичних величин є наближеними, тому слід користуватись правилом наближених обчислень, які дозволяють в багатьох випадках економити час не втрачаючи точності.

Правила наближених обчислень

Округлення результатів окремої арифметичної дії:

1. При додаванні та відніманні наближених чисел у одержаному результаті потрібно відкидати за правилами округлення цифри тих розрядів справа, у яких немає значущих цифр принаймні у одному з даних чисел.

2. При множенні і діленні наближених чисел у одержаному результаті потрібно зберігати стільки значущих цифр, скільки їх має наближене дане з найменшою кількістю значущих цифр.

3. При піднесенні наближеного числа до квадрата і куба потрібно у результаті зберігати стільки значущих цифр, скільки їх має піднесене до степеня число.

Запасна цифра:

Під час розв'язування задач з наближеними даними потрібно у результатах проміжних дій зберігати на одну цифру більше, ніж вимагають правила округлення результатів окремих дій, причому при підрахунку значущих цифр у проміжних результатах запасні цифри не беруться до уваги; у кінцевому результаті запасну цифру відкидають за правилом округлення.

Користування табличними даними:

1. Користуючись тригонометричними таблицями, у значенні тригонометричної функції гострого кута, заданого з точністю до градусів, зберігають у більшості випадків дві значущі цифри.

2. Користуючись таблицями логарифмів, у значенні десяткового логарифма наближеного числа зберігають стільки десяткових знаків, скільки значущих цифр має задане число.

3. Знаходження числа з таблиць вважається самостійною дією, і якщо вона є проміжною, то число беруть із запасною цифрою.

Попереднє округлення даних:

Якщо дані мають нижчі останні розряди (при додаванні і відніманні) або більше значущих цифр (при решті дій), ніж інші, то їх попередньо слід округляти, зберігаючи лише одну цифру.

Обчислення із наперед заданою точністю:

Якщо дані можна брати з будь-якою точністю, то для одержання кінцевого результату з n значущими цифрами треба дані брати з такою кількістю значущих цифр, щоб попередній результат мав $n+1$ цифру.

Змістовий модуль 1

Молекулярна теорія. Властивості ідеальних газів

Основні формули

1. Рівняння Менделєєва-Клайперона:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT,$$

де

P – тиск,

V – об'єм,

m – маса газу,

μ – молярна маса,

R – універсальна газова стала,

T – абсолютна температура газу.

2. Закон **Дальтона**: тиск суміші газів дорівнює сумі парціальних тисків газів:

$$P = \sum_i P_i,$$

де P_i – тиск компоненти газової суміші в об'ємі всієї суміші.

3. Кількість речовини:

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_\mu},$$

де

ν – число молів газу,

m – маса газу,

μ – молярна маса,

N – загальна кількість молекул,

N_A – число Авогадро,

кількість молекул в 1 молі,

V – загальний об'єм газу,

V_μ – об'єм 1 моля газу.

4. Рівняння для ізопроеесів:

а) закон Бойля-Маріотта

$$T = const, \quad PV = const,$$

б) закон Гей-Люссака

$$P = const, \quad V = V_0 \alpha T,$$

в) закон Шарля

$$V = const, \quad P = P_0 \alpha T,$$

де

$$\alpha = \frac{1}{273},$$

T – абсолютна температура,

V_o, P_o – об'єм та тиск при нормальних умовах.

5. Рівняння стану газу:

$$\frac{PV}{T} = const$$

6. Основне рівняння МКТ:

$$P = \frac{1}{3} m_o n v^2 = nkT \quad ,$$

де

P – тиск газу,

v – середня квадратична швидкість,

m_o – маса однієї молекули,

k – стала Больцмана,

n – концентрація молекул,

T – абсолютна температура.

7. Внутрішня енергія ідеального газу:

$$U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT \quad ,$$

де i – кількість ступенів вільності молекул.

8. Розподіл Максвелла – Больцмана для відносних швидкостей:

$$dW(U) = \frac{dn}{n} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 du \quad ,$$

$$U = \frac{v}{v_i} \quad , \quad \text{де}$$

U – відносна швидкість,

v – абсолютна швидкість,

v_i – найбільш ймовірна швидкість.

9. Середня квадратична швидкість:

$$v = \sqrt{\frac{3kT}{m_o}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

10. Середня арифметична швидкість:

$$v_{ap} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_o}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}}$$

11. Найбільш ймовірна швидкість:

$$v_i = \sqrt{\frac{2kT}{m_o}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$$

12. Барометричні формули:

$$P_h = P_o e^{-\frac{\mu gh}{RT}},$$

$$n_h = n_o e^{-\frac{\mu gh}{RT}},$$

$$h = \frac{RT}{\mu g} \ln \frac{P_o}{P_h},$$

де

P_h – тиск на висоті, P_o – тиск на рівні моря, g – гравітаційна стала.

Завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою

а) Тести

1. Як називається стан системи, якщо параметри системи з часом не змінюється, але можливі процеси переносу речовини, енергії і імпульсу через границю системи?

а) *нерівноважний*; б) *стаціонарний*; в) *рівноважний*.

2. Якщо в системі незмінні всі параметри і відсутні потоки, як в середині системи так і зовні, то такий стан називається:

а) *стаціонарний*; б) *нерівноважний*; в) *рівноважний*.

3. Основні положення молекулярно – кінетичної теорії...:

а) *тіла складаються з атомів чи молекул*;

б) *атоми, молекули перебувають у безперервному русі*;

в) *атоми, молекули не взаємодіють між собою*;

г) *атоми, молекули взаємодіють між собою*.

4. Який агрегатний стан речовини відповідає хаотичному руху молекул, коли $E \gg |U|$?

а) *тверде тіло*; б) *газ*; в) *рідина*.

5. Який агрегатний стан речовини відповідає коливанню молекул біля положення рівноваги, коли $|U| \gg E$?

а) *тверде тіло*; б) *газ*; в) *рідина*.

6. Який агрегатний стан речовини відповідає коливанню і інколи перескакуванню молекул, $|U| \approx E$?

а) *тверде тіло*; б) *газ*; в) *рідина*.

7. Яке співвідношення між градусами Кельвіна і Цельсія?

а) $T = t + 273,16$; б) $T = t - 273,16$; в) $t = T + 273,16$

8. Яким умовам задовольняє модель ідеального газу?

а) *власний об'єм молекул газу набагато менший за об'єм посудини, в якій знаходиться газ*;

б) *власний об'єм молекул газу набагато більший за об'єм посудини, в якій знаходиться газ*;

в) *між молекулами газу відсутні сили взаємодії*;

д) *зіткнення молекул між собою та зі стінками посудини абсолютно пружні*;

г) *між молекулами газу присутні сили взаємодії*.

9. Яка із наведених формул виражає рівняння Менделєєва-Клапейрона?

а) $pV = \frac{m}{M}RT$; б) $pT = \frac{M}{m}RV$; в) $pR = \frac{m}{M}VT$.

10. Яке із наведених рівнянь виражає основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії?

а) $P = 3mn\vartheta_c$; б) $P = \frac{3}{2}nE$; в) $P = \frac{1}{3}mn\vartheta_c^2$.

11. Яка із наведених формул описує ізохорний процес?

а) $\frac{p}{T} = const$; в) $\frac{V}{T} = const$;

б) $\frac{p}{V} = const$; г) $pV = const$.

12. Яка із наведених формул описує ізобарний процес?

а) $\frac{p}{T} = const$; в) $\frac{V}{T} = const$;

б) $\frac{p}{V} = const$; г) $pV = const$.

13. Яка із наведених формул описує ізобарний процес?

а) $\frac{p}{T} = const$; б) $\frac{p}{V} = const$;

в) $\frac{V}{T} = const$;

г) $pV = const$.

14. При нагріванні більшість тіл розширюються. Це пояснюється тим, що при нагріванні збільшуються...:

- а) розміри молекул;
- б) розміри атомів;
- в) розміри атомів і молекул;
- г) відстані між молекулами;
- д) кінетичні енергії поступального руху кожної молекули.

15. Як зміниться концентрація молекул ідеального газу при збільшенні зайнятого ним об'єму в 2 рази (кількість молекул ідеального газу незмінна)?

- а) збільшиться в 4 рази;
- б) збільшиться в $\sqrt{2}$ разів;
- в) збільшиться в 2 рази;
- г) зменшиться в 4 рази;
- д) зменшиться в $\sqrt{2}$ разів;
- е) зменшиться в 2 рази.

16. Як зміниться тиск ідеального газу, якщо концентрацію його молекул збільшити втричі, а температуру залишити незмінною?

- а) збільшиться в $\sqrt{3}$ разів;
- б) збільшиться в 3 рази;
- в) збільшиться в 9 разів;
- г) зменшиться в $\sqrt{3}$ разів;
- д) зменшиться в 3 рази;
- е) зменшиться в 9 разів.

17. Як зміниться тиск ідеального газу, якщо концентрацію його молекул зменшити в 2 рази, а масу кожної молекули та середнє значення квадрата швидкості хаотичного поступального руху його молекул залишити незмінною?

- а) зменшиться в $\sqrt{2}$ разів;
- б) зменшиться в 4 рази;
- в) зменшиться в 2 рази;
- г) збільшиться в $\sqrt{2}$ разів;
- д) збільшиться в 4 рази;
- е) збільшиться в 2 рази.

18. До макроскопічних величин належать...:

- а) швидкість кожної окремої молекули газу;
- б) тиск та температура газу;
- в) маса кожної окремої молекули та тиск газу;
- г) маса кожної окремої молекули газу;
- д) маса кожної окремої молекули та температура газу.

19. З підвищенням температури (інші фактори незмінні) величина середньої швидкості хаотичного поступального руху молекул однієї і тієї ж речовини:

- а) збільшується або зменшується залежно від молярної маси речовини;
- б) зменшується;
- в) збільшується або зменшується залежно від кількості речовини;
- г) не змінюється;
- д) збільшується.

20. Як зміниться середня квадратична швидкість хаотичного поступального руху молекул незмінного ідеального газу, якщо концентрацію його молекул збільшити в 2 рази, а тиск внаслідок всіх змін збільшився у 8 разів?

- а) збільшилась у 8 разів;
- б) збільшилась у 4 рази;
- в) збільшилась у 2 рази;
- г) збільшилась у 16 разів;
- д) зменшилась у 8 разів;
- е) зменшилась у 4 рази.

21. Чи залежить $\overline{E_k}$ від m_o та $\overline{\mathcal{G}}$?

а) Так, залежить, бо $\overline{E_k} = \frac{m_o \overline{\mathcal{G}}^2}{2}$. Тому, чим більше m_o та $\overline{\mathcal{G}}^2$, тим більша $\overline{E_k}$.

б) Ні, не залежить, бо $\overline{E_k}$ залежить тільки від кількості речовини $\nu = \frac{m}{M}$.

в) Так, залежить, тому що $\overline{E_k} = \frac{1}{2} p_o \overline{\mathcal{G}}$. Тому, чим більша $\overline{\mathcal{G}}$, тим більша $\overline{E_k}$.

г) Ні, не залежить, бо $\overline{E_k}$ не може бути виражене через m_o та $\overline{\mathcal{G}}$.

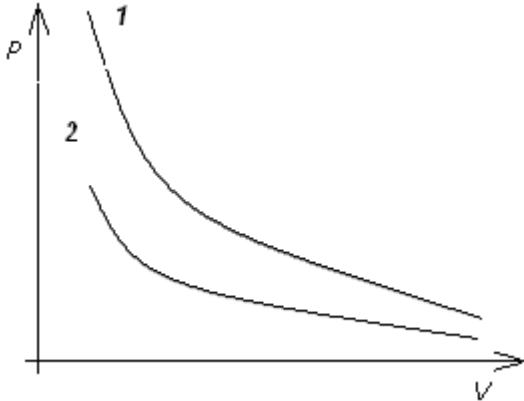
д) Ні, не залежить, $\overline{E_k}$ залежить тільки від T .

22. Тіло не розпадається на окремі молекули, бо ...

- а) молекули не рухаються;
- б) існує сила тяжіння, завдяки якій всі тіла притягуються до Землі;
- в) поряд із силами відштовхування існують сили притягання;
- г) між молекулами не існує сил відштовхування;

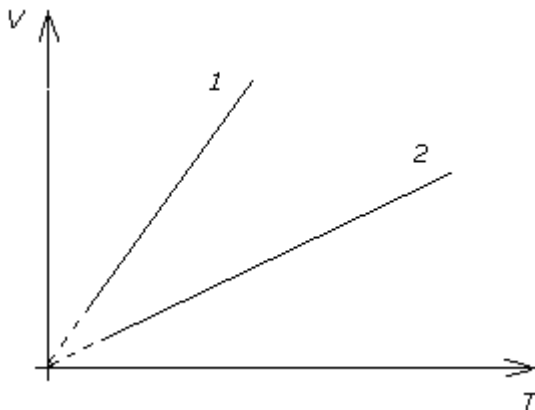
д) сили відштовхування проявляються тільки на великих відстанях, а молекули всіх тіл розташовані в певному порядку і відстань між ними менша за розміри молекул.

23. Яка з ізотерм зображених на малюнку описує процес із вищою температурою (1 чи 2)?



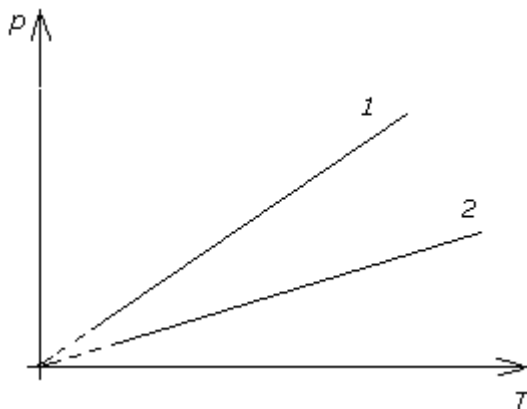
а) 1; б) 2.

24. Яка із ізобар зображених на малюнку описує процес із більшим тиском (1 чи 2)?



а) 1; б) 2.

25. Яка з ізохор зображених на малюнку описує процес при більшому об'ємі (1 чи 2)?



а) 1; б) 2.

26. Яка із наведених формул є основним рівнянням в молекулярно-кінетичній теорії (це рівняння випливає з наслідків)?

а) $P = \frac{3}{2}nkT$; б) $P = nkT$; в) $P = \frac{nk}{T}$

27. Яка із наведених формул є основним рівнянням в молекулярно-кінетичній теорії (це рівняння випливає з наслідків)?

а) $p = \frac{2}{3}nE_k$; б) $T = \frac{3}{2}np$; в) $n = \frac{1}{3}pT$

28. 10 г кисню знаходиться під тиском 3 атм. при температурі 10 °С. Після розширення внаслідок нагрівання при сталому тиску кисень зайняв об'єм 10 л. Знайти об'єм газу до розширення.

а) $V_1 = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; в) $V_1 = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$;
 б) $V_1 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; г) $V_1 = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

29. 10 г кисню знаходиться під тиском 3 атм при температурі 10 °С. Після розширення внаслідок нагрівання при сталому тиску кисень зайняв об'єм 10 л. Знайти температуру газу після розширення.

а) $T_2 = 1170 \text{ К}$; в) $T_2 = 1130 \text{ К}$;
 б) $T_2 = 1150 \text{ К}$; г) $T_2 = 1190 \text{ К}$.

30. 10 г кисню знаходиться під тиском 3 атм при температурі 10 °С. Після розширення внаслідок нагрівання при сталому тиску кисень зайняв об'єм 10 л. Знайти густину газу до розширення.

а) $\rho_1 = 4,16 \text{ кг/м}^3$; в) $\rho_1 = 4,14 \text{ кг/м}^3$;
 б) $\rho_1 = 4,15 \text{ кг/м}^3$; г) $\rho_1 = 4,13 \text{ кг/м}^3$

31. Яка із наведених нижче формул відповідає розподілу Максвелла молекул за абсолютними швидкостями?

а) $\frac{dn(\vartheta)}{n} = \left(\frac{2\pi kT}{m}\right)^{\frac{2}{3}} e^{-\frac{m\vartheta^2}{2kT}} 4\pi\vartheta^2 d\vartheta$;

б) $\frac{dn(\vartheta)}{n} = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m\vartheta^2}{2kT}} 4\pi\vartheta^2 d\vartheta$;

в) $\frac{dn(\vartheta)}{n} = \left(\frac{2\pi k}{mT}\right)^{\frac{1}{3}} e^{-\frac{m\vartheta^2}{2kT}} 4\pi v^2 dv$.

32. Яка із заданих нижче формул відповідає розподілу Гіббса?

а) $W_\alpha = \frac{1}{N_o} e^{\ln N_{\alpha o}} e^{-\beta E_\alpha}$;

$$\text{б) } W_{\alpha} = \frac{1}{N_o} \frac{e^{\ln N_{\omega}}}{e^{-\beta E_{\alpha}}};$$

$$\text{в) } W_{\alpha} = N_o e^{\ln N_{\omega}} e^{\beta E_{\alpha}}.$$

33. Яка із заданих нижче формул відповідає розподілу Больцмана?

$$\text{а) } \frac{dn}{ndxdydz} = A_1 e^{-\frac{kT}{u(x,y,z)}};$$

$$\text{б) } \frac{dn}{ndxdydz} = A_1 e^{-\frac{u(x,y,z)}{RT}};$$

$$\text{в) } \frac{dn}{ndxdydz} = A_1 e^{-\frac{u(x,y,z)}{kT}}.$$

34. Яка із заданих формул відповідає формулі знаходження найбільш ймовірної швидкості?

$$\text{а) } v_i = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}; \quad \text{б) } v_i = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}; \quad \text{в) } v_i = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}.$$

35. Яка із наведених формул відповідає формулі знаходження середньої арифметичної швидкості?

$$\text{а) } v_{ap} = \sqrt{\frac{3RT}{\pi\mu}}; \quad \text{б) } v_{ap} = \sqrt{\frac{8\pi\mu}{RT}}; \quad \text{в) } v_{ap} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}.$$

36. Яка із наведених нижче формул відповідає формулі знаходження середньої квадратичної швидкості?

$$\text{а) } \sqrt{v_{кв}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{\mu}}; \quad \text{б) } \sqrt{v_{кв}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}; \quad \text{в) } \sqrt{v_{кв}^2} = \sqrt{\frac{3RT}{2\mu}}.$$

37. У загальному випадку для молекул ідеального газу, яка має i -ступенів вільності, вираз для енергії матиме такий вигляд:

$$\text{а) } E = \frac{i}{2} RT; \quad \text{б) } E = \frac{i}{5} kT; \quad \text{в) } E = \frac{i}{2} kT.$$

38. Внутрішня енергія для довільної маси ідеального газу визначається за формулою:

$$\text{а) } U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} kT; \quad \text{б) } U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{5} RT; \quad \text{в) } U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT.$$

39. Внутрішня енергія ідеального газу для одного моля визначається за формулою:

$$\text{а) } U = \frac{i}{2} kT; \quad \text{б) } U = \frac{i}{2} RT; \quad \text{в) } U = \frac{i}{2} \frac{RT}{\mu}.$$

40. Яка із формул відповідає розподілу Максвелла для відносних швидкостей?

а) $\frac{dn(u)}{n} = \frac{\sqrt{\pi}}{4} e^{-u^2} u^2 du$;

б) $\frac{dn(u)}{n} = 4\sqrt{\pi} e^{-u^2} u^2 du$;

в) $\frac{dn(u)}{n} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 du$.

41. Яка із наведених нижче формул відповідає розподілу Больцмана молекул атмосфери з висотою?

а) $n_h = n_o e^{-\frac{mgh}{RT}}$; б) $n_h = n_o e^{-\frac{mgh}{kT}}$; в) $n_h = n_o e^{-\frac{\mu gh}{kT}}$.

42. Який із параметрів змінюється з висотою внаслідок дії сили земного тяжіння?

а) змінюється температура газу і концентрація молекул;

б) змінюється лише температура газу, а концентрація молекул незмінна;

в) змінюється лише концентрація молекул, а температура газу незмінна;

г) температура газу і концентрація молекул лишаються незмінними.

43. Унаслідок підвищення температури сірчаний ангідрид SO_3 , кількість речовини якого дорівнює 1,00 моль, частково дисоціює на сірчистий ангідрид SO_2 і кисень O_2 . Коли ступінь дисоціації сягає 50%, кількість речовини газової суміші дорівнює:

1. 1,75 моль;

3. 1,50 моль;

2. 2,25 моль;

4. 2,00 моль.

44. У балон помістили суміш кисню і водню, загальна маса якої дорівнює 40 г. Масова частка кисню у суміші становить 60%. Яка кількість молекул у суміші? Атомні маси молекул водню H_2 і кисню O_2 відповідно становлять 2,0 а. о. м. та 32 а. о. м.

1. $5,3 \cdot 10^{24}$;

3. $1,8 \cdot 10^{12}$;

2. $6,8 \cdot 10^{12}$;

4. $3,2 \cdot 10^{12}$.

45. В озеро, середня глибина якого дорівнює 5,0 м і площа якого 20 км, кинули кристалик кухонної солі NaCl , маса якого дорівнює 10 мг. Скільки іонів натрію із цього кристалика виявиться у наперстку, об'єм якого становить 2,0 см^3 , якщо ним зачерпнути воду з озера?

Атомні маси Na і Cl становлять відповідно 23 а. о. м. і 35 а. о. м. Вважати, що після розчинення кристалика вода рівномірно перемішалась.

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. $1,0 \cdot 10^8$; | 3. $2,5 \cdot 10^8$; |
| 2. $2,0 \cdot 10^6$; | 4. $3,0 \cdot 10^8$. |

46. Ідеальний газ, концентрація молекул якого n і середня квадратична швидкість хаотичного поступального руху молекул якого $v_{ск}$, перебуває під тиском P . Газ переходить у стан термодинамічної рівноваги, у якому концентрація молекул дорівнює $n/2$, а середня квадратична швидкість хаотичного поступального руху молекул становить $2v_{ск}$. У цьому стані тиск газу дорівнює:

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. $8P$; | 3. $4P$; |
| 2. P ; | 4. $2P$. |

47. Водень, маса якого дорівнює 360 г, перебуває в балоні, об'єм якого становить 20 л. Тиск газу в балоні дорівнює 15 атм. Яка середня квадратична швидкість хаотичного поступального руху молекул водню?

- | | |
|-------------|--------------|
| 1. 250 м/с; | 3. 1000 м/с; |
| 2. 500 м/с; | 4. 750 м/с. |

48. Азот перебуває під тиском 10 атм. Яка густина внутрішньої енергії азоту? Молекули азоту вважати двоатомними жорсткими.

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 1. $1,5 \text{ МДж/м}^3$; | 3. $2,5 \text{ МДж/м}^3$; |
| 2. $3,5 \text{ МДж/м}^3$; | 4. $3,8 \text{ МДж/м}^3$. |

49. Ідеальний газ, перебуваючи під тиском P за температури T , має густину ρ . Газ стиснули й одночасно нагріли так, що густина й температура газу зросли втричі за незмінної кількості речовини. У цьому стані тиск газу становить:

- | | |
|-----------|------------|
| 1. $9P$; | 3. P ; |
| 2. $2P$; | 4. $27P$. |

50. Трубою, діаметр якої дорівнює 25 мм, тече вуглекислий газ CO_2 під тиском 8,0 атм за температури 7°C . Крізь трубу впродовж 15 хвилин протікає газ, маса якого становить 6,0 кг. Яка швидкість течії газу в трубі? Атомна маса кисню O_2 дорівнює 32 а. о. м.

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. 120 см/с; | 3. 89 см/с; |
| 2. 45 см/с; | 4. 180 см/с. |

51. У закритому з обох кінців вертикальному циліндрі завдовжки 100 см може ковзати без тертя тонкий масивний поршень. Над поршнем міститься водень, маса якого дорівнює 0,2 г, а під поршнем – азот, маса

якого – 4,2 г. Коли температура кімнатна, поршень ділить циліндр на дві частини, однакові за об'ємом. Яка маса поршня? Атомні маси водню й азоту відповідно дорівнюють 2,0 а. о. м. та 28 а. о. м.

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 30 кг; | 3. 15 кг; |
| 2. 20 кг; | 4. 25 кг. |

52. Ідеальний двоатомний газ міститься в балоні під тиском P за температури T . Унаслідок збільшення температури удвічі ступінь дисоціації газу досяг 50%. Тиск газу у цьому стані дорівнює:

- | | |
|-----------|-------------|
| 1. $2P$; | 3. $2,5P$; |
| 2. $3P$; | 4. $1,5P$. |

53. У циліндр під поршень помістили чотириокис азоту N_2O_4 , який частково дисоціював на двоокис азоту NO_2 . Коли ступінь дисоціації дорівнює 20%, встановлюється тиск 20 кПа. Внаслідок подвоєння об'єму суміші за незмінної температури тиск знижується до 12,5 кПа. Який ступінь дисоціації чотириокису азоту в другому випадку?

- | | |
|---------|---------|
| 1. 25%; | 3. 30%; |
| 2. 40%; | 4. 50%. |

54. Повітря з балона, об'єм якого дорівнює 10 л, відкачують за допомогою помпи, об'єм робочої камери якої дорівнює 200 см^3 . Скільки робочих ходів здійснила помпа, якщо тиск повітря в балоні за незмінної температури знизився у 100 разів?

- | | |
|---------|---------|
| 1. 230; | 3. 180; |
| 2. 210; | 4. 250. |

55. На рисунку в осях $(V; P)$ зображено графік термодинамічного процесу, який протікає в ідеальному газі зі сталою кількістю речовини. Ділянка $3 \rightarrow 4$ – ізотерма. На якому рисунку якісно

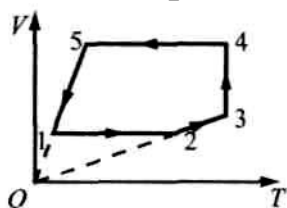
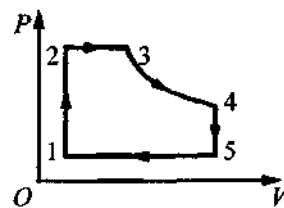


Рис. 1

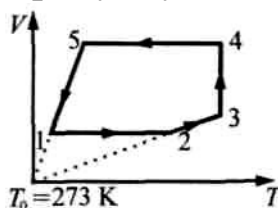


Рис. 3

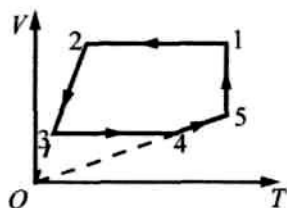


Рис. 2

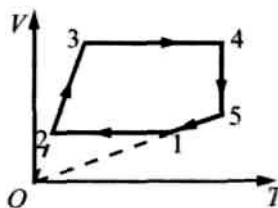


Рис. 4

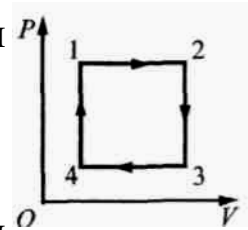
правильно зображена залежність $V=V(T)$ у цьому процесі?

56. В ідеальному газі зі сталою кількістю речовини відбувається замкнений термодинамічний процес, графік якого зображено на рисунку. Точки (1) і (3) лежать на одній ізотермі, а мінімальна й максимальна температури газу в процесі відповідно становлять $(-33\text{ }^\circ\text{C}$ і $147\text{ }^\circ\text{C}$. Яка температура газу в станах (1) і (3)?

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. $78\text{ }^\circ\text{C}$; | 3. $114\text{ }^\circ\text{C}$; |
| 2. $31\text{ }^\circ\text{C}$; | 4. $44\text{ }^\circ\text{C}$. |

57. У запаяній з нижнього кінця вертикальній трубці завдовжки 75 см міститься повітря, яке закрито зверху стовпчиком ртуті завдовжки 25 см . Ртуть доходить до верхнього кінця трубки. Трубку повільно нахилиють так, що вона утворює з горизонтом кут 30° . Ртуть якої маси витікає із трубки? Площа поперечного перерізу трубки дорівнює 20 мм^2 , атмосферний тиск становить 740 мм рт. ст.

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. 35 г ; | 3. 31 г ; |
| 2. 38 г ; | 4. 42 г . |



58. Нехай $\langle g \rangle, g_{ne}, g_{ei}$ – середня, середня

квадратична та найбільш імовірна швидкості хаотичного поступального руху молекул ідеального газу, який перебуває у стані термодинамічної рівноваги. У такому разі виконується подвійна нерівність:

- | | |
|--|--|
| 1. $g_{ei} < g_{ne} < \langle g \rangle$; | 2. $\langle g \rangle < g_{ei} < g_{ne}$; |
| 3. $g_{ei} < \langle g \rangle < g_{ne}$; | 4. $g_{ne} < g_{ei} < \langle g \rangle$. |

59. Розподіл Максвелла для ідеального газу має такий вигляд:

$$\frac{dN(g)}{Ndg} = \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{m_0 g^2}{2kT}} \cdot 4\pi g^2,$$

де m_0 – маса молекули газу;

T – термодинамічна температура газу;

$dN(v)$ – кількість молекул, швидкості яких лежать в інтервалі $(v; v+dv)$;

N – загальна кількість молекул газу.

Яка ймовірність того, що за температури $27\text{ }^\circ\text{C}$ молекули азоту мають швидкість в інтервалі $500 - 510\text{ м/с}$. Молярна маса азоту дорівнює 28 г/моль .

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. $1,8 \cdot 10^{-3}$; | 3. $1,8 \cdot 10^{-2}$; |
| 2. $9,0 \cdot 10^{-2}$; | 4. $9,1 \cdot 10^{-3}$. |

60. У тонкостінному балоні, об'єм якого дорівнює 10 л , міститься гелій за температури $-73\text{ }^\circ\text{C}$ під низьким тиском. Балон перебуває у високому вакуумі. У стінці балона виникає отвір, площа якого

становить $1,0 \text{ мм}^2$. За який проміжок часу тиск газу в балоні зменшується на $2,0\%$? Температуру газу в балоні підтримують сталою. Атомна маса гелію дорівнює $4,0 \text{ а. о. м.}$

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. $3,9 \text{ с};$ | 3. $780 \text{ мс};$ |
| 2. $390 \text{ мс};$ | 4. $7,8 \text{ с.}$ |

61. Ідеальний газ, кількість молекул якого N , перебуває у стані термодинамічної рівноваги. Нехай dN – кількість молекул газу, які мають швидкість хаотичного поступального руху в інтервалі $(v; v + dv)$, а N – кількість усіх молекул газу в посудині. З наведених нижче гра-

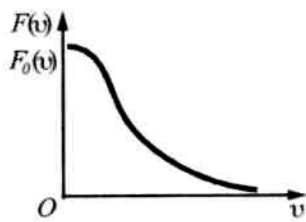


Рис. 1

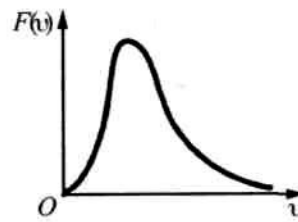


Рис. 3

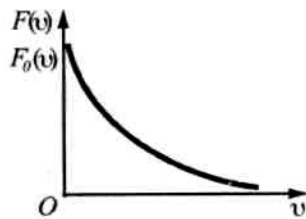


Рис. 2

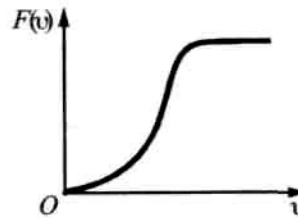


Рис. 4

фіків виберіть той, який якісно правильно відображає розподіл молекул за швидкостями $F(v) = dN/(Ndv)$ ідеального газу.

62. Ідеальний газ, перебуваючи під тиском 101 кПа , має густину $1,36 \text{ кг/м}^3$. Яка середня швидкість хаотичного поступального руху молекул газу?

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. $273 \text{ м/с};$ | 3. $472 \text{ м/с};$ |
| 2. $435 \text{ м/с};$ | 4. 385 м/с. |

63. В азоті зі сталою кількістю речовини протікає термодинамічний процес, у якому тиск газу пропорційний до куба його об'єму. Внаслідок процесу об'єм газу зріс від 10 л до 20 л . Яка найбільш імовірна швидкість молекул азоту в кінцевому стані, якщо у початковому вона становила 500 м/с ? Азот вважати ідеальним газом.

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. $2000 \text{ м/с};$ | 3. $1000 \text{ м/с};$ |
| 2. $8000 \text{ м/с};$ | 4. 4000 м/с. |

64. У рівномірно прогрійтій рідині зависли броунівські частинки. З наведених нижче графіків $n = n(x)$ виберіть той, який якісно правильно відображає залежність концентрації частинок n від відстані x від дна

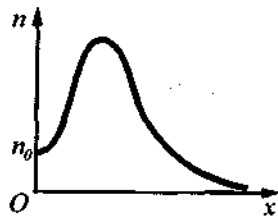


Рис. 1

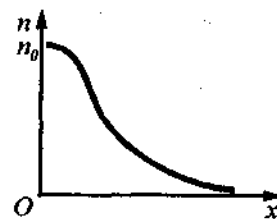


Рис. 3



Рис. 2

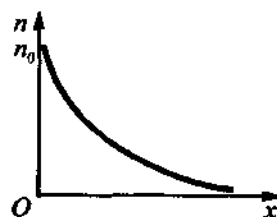


Рис. 4

посудини, у якій перебуває рідина (n_0 – концентрація частинок поблизу дна).

65. Вважаючи, що атмосфера Землі ізотермічна і має температуру $0\text{ }^\circ\text{C}$, знайдіть висоту над рівнем моря, на якій тиск атмосфери удвічі менший від нормального тиску. Атомну масу повітря як суміші газів вважати такою, що дорівнює 29 а. о. м.

1. 7,9 км;
2. 16 км;
3. 5,5 км;
4. 9,8 км.

66. Біля поверхні Землі концентрація молекул водню майже у $1,0 \cdot 10^6$ разів менша, ніж концентрація молекул азоту. Вважаючи атмосферу Землі ізотермічною з температурою $0\text{ }^\circ\text{C}$, знайдіть висоту, на якій концентрація молекул водню менша, ніж концентрація молекул азоту, в $1,0 \cdot 10^5$ разів. Атомні маси молекул водню й азоту відповідно дорівнюють 2,0 а. о. м. і 28 а. о. м.

1. 21 км;
2. 18 км;
3. 8,0 км;
4. 41 км.

Відповіді:

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Номер | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 |
| Відповідь | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 |
| Номер | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 |
| Відповідь | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 |

б) Запитання

Молекулярно-кінетична теорія

1. Для сортування великих молекул шведський фізик Сведберг запропонував використовувати ультрацентрифуги з швидкістю обертання до 105 об/хв. На чому ґрунтується цей метод? Чому потрібна така велика швидкість обертання центрифуги?

2. Тонкий листок слюди, вкритий з одного боку шаром речовини, що сильно поглинає вологу (наприклад, фосфорний ангідрид), на тонкій нитці підвісили в балоні з газом, що містив водяну пару. Чи змінювалось положення листка?

3. Для зварювання двох металевих листів їх розташовують під невеликим кутом один до одного і на зовнішню їх поверхню наносять тонкий шар a вибухівки. При вибуху листи металу міцно зварюються по всій поверхні. Чому?



4. У 1953 р. український вчений М. Ф. Козаков розробив такий метод зварювання деталей з різних матеріалів (навіть з пластмас і металеві фольги): у вакуумній камері деталі нагрівають і одночасно стискають (тиск на контактні поверхні досягає $1,2 \text{ кГ/мм}^2$). Чому деталі швидко зварюються? Яку роль відіграє вакуум?

5. Спрямовуючи пучок ультразвукових коливань у місце стику двох деталей, можна їх швидко зварити. Чим це пояснюється?

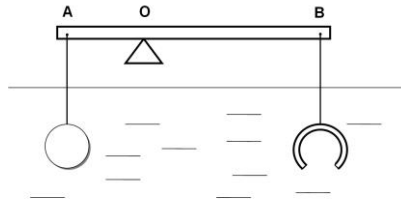
6. На цукрових заводах дрібно нарізані цукрові буряки завантажують у спеціальні апарати для промивання гарячою водою. Остання виходить з апаратів, збагачена цукром. Чому?

7. У воді завжди є повітря. Який фізичний процес лежить в основі розчинення повітря у воді?

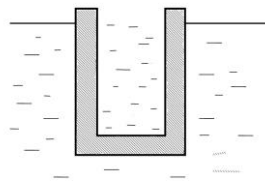
8. Чому для збагачення води повітрям її часто розбризкують у вигляді фонтана?

Властивості газів

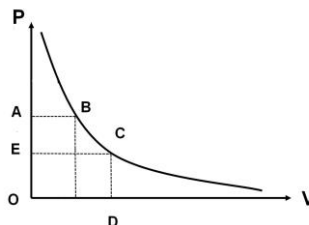
9. Дві кулі — одна суцільна, а друга порожниста (з отвором у дні) — закріплені на важелі, опущені у воду і зрівноважені на певній глибині. Чи зміниться положення важеля при зануренні куль на більшу глибину?



10. Чому при загартуванні деталей з «глухим» (не наскрізним) отвором їх занурюють у рідину тим кінцем, де нема отвору?



11. На рисунку зображено графік ізотермічного процесу в газі. Яка з фігур (OAB чи OCD) має більшу площу?

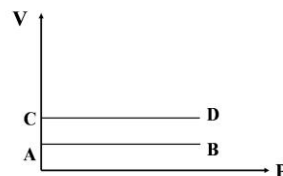


12. Накреслити графік залежності густини газу від його тиску при незмінній температурі.

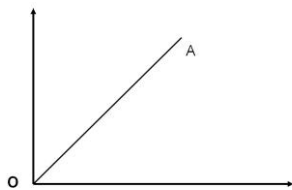
13. Накреслити графік залежності густини газу від його об'єму при незмінній температурі.

14. Накреслити графік закону Бойля-Маріотта в осях p і pV .

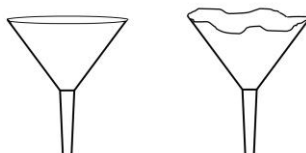
15. За графіками ізотермічних процесів для двох даних мас одного й того ж газу визначити, який з них зображає процес у більшій масі газу



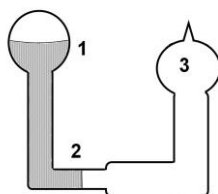
16. Чи можна лінією OA зобразити ізотермічний процес? Якщо можна, то в яких координатах?



17. Через яку з лійок краще наливати воду в пляшку?



18. Для дослідження змін сили тяжіння М. В. Ломоносов сконструював «універсальний барометр», який складався з барометричної трубки з ртуттю 1, сполучної трубки 2 і резервуара 3 з повітрям. Поясніть, як можна було визначати зміну сили тяжіння за допомогою цього приладу.



19. Чорнильницю внесли з морозу в теплий клас. При цьому рівень чорнила в ній збільшився. Чому?

20. Якщо склянку облити теплою водою й поставити на клейонку догори дном, склянка буде «присмоктуватись». Поясніть це явище.

21. Якщо вологу склянку поставити догори дном на злегка нахилену дошку і піднести до неї запаленого сірника, склянка починає «повзти» вниз. Чому?

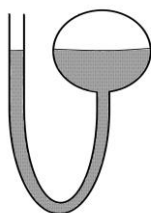
22. Зім'ятий целулоїдний м'ячик для настільного тенісу можна розпрямити, зануривши його в гарячу воду. На чому ґрунтується цей спосіб?

23. Чому в годинниках, де не забезпечена цілковита герметичність корпусу, поступово нагромаджується пил?

24. Чому взимку вогнища горять яскравіше, ніж влітку?

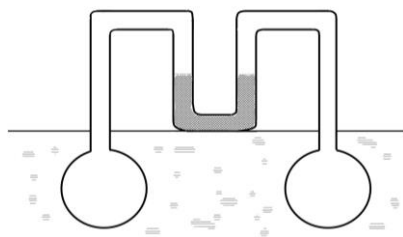
25. Для покриття внутрішньої поверхні металевої труби шаром скла в трубу вкладають запаяну тонкостінну скляну трубу з розміром, близьким до металевої, й розігрівають труби в електричній печі до температури $720\text{—}750^\circ$. Пояснити, на чому ґрунтується цей метод.

26. Поясніть принцип дії повітряного термометра, винайденого французьким вченим Амонтоном у 1702 р. Будова термометра така: 1 — U-подібна трубка, 2 — посудина з повітрям, 3 — ртуть.



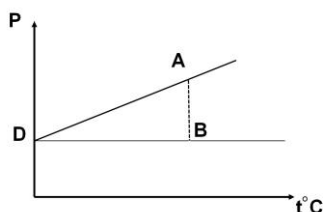
27. Чому консервні банки перед запаюванням і стерилізацією нагріванням вакуумують?

28. Дві однакові колби, сполучені U-подібною трубкою, занурені в посудину з гарячою водою. Що буде з ртуттю в трубці, якщо рівень її в лівому коліні до опускання колб у воду був вищий, ніж у правому унаслідок неоднакового тиску повітря в колбах?

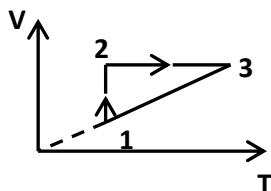


29. Манометричний термометр – це невеликий балон з повітрям, сполучений з тонкою спіральною трубкою, яка з'єднана зі стрілкою. Як працює цей прилад?

30. Як за даним графіком закону Шарля визначити термічний коефіцієнт тиску газу?



31. У циліндрі під поршнем є газ, температуру, об'єм і тиск якого можна змінювати. Зміну стану газу при деякому циклічному процесі зображено на графіку. Яка лінія на графіку зображає втрату газом теплоти? передавання тепла газу назовні? Побудувати графік залежності між p і V відповідно до цього процесу.



Відповіді

1. При обертанні ультрацентрифуги молекули різної маси відкидаються від осі обертання з різною швидкістю. Оскільки маса молекул надзвичайно мала, їм треба надати дуже великої колової швидкості.

2. Молекули газу й водяної пари, вдаряючись об поверхню слюди, пружно відскакують від неї. З протилежного боку листка молекули водяної пари поглинаються шаром гігроскопічної речовини. Тому листок повертатиметься в напрямі від чистої поверхні слюди до поверхні, вкритої гігроскопічною речовиною.

3. Внаслідок вибуху листи зближаються на таку малу відстань, що починають діяти сили зчеплення між молекулами металу двох різних листів.

4. Відбувається дифузія молекул з однієї деталі в другу, причому внаслідок нагрівання й підтримування вакууму в камері процес дифузії проходить значно швидше, ніж звичайно.

5. Під дією ультразвукових коливань плівка окислів у місці стику деталей руйнується, оголюється поверхня кристалів. Молекули металу обох деталей вступають у взаємодію, утворюючи спільні кристали.

6. Молекули цукру дифундують з буряків у воду.

7. Завдяки дифузії молекул повітря у вуглекислий газ і останнього — в повітря вага посудини поступово зменшується.

8. Цим самим збільшується поверхня води і прискорюється дифузія повітря у воду.
9. При зануренні на більшу глибину вага суцільної кулі практично не зміниться через малу стисливість води. А вага другої кулі зросте внаслідок того, що під дією сили тиску в кулю зайде ще деяка кількість води. Рівновага важеля порушиться.
10. Якщо занурювати деталь тим її кінцем, де є отвір, повітря в ньому стиснеться й не дасть рідині заповнити отвір.
- 11 Площа фігур однакова.
12. Див. рис.
13. Див. рис.
14. Див. рис.
15. Лінія *CD*.
16. Ні, не можна.
17. Краще воду наливати через лійку з хвилястими стінками, бо повітря з пляшки при заповненні її водою може вільно виходити через зазори між шийкою пляшки й лійкою.
18. При зміні сили тяжіння змінювався й тиск стовпа ртуті на повітря в резервуарі, що приводило до відповідної зміни об'єму повітря в резервуарі.
19. Повітря, яке було в чорнильниці, розширилось і витіснило чорнило.
- 20 При охолодженні повітря в склянці тиск його зменшиться і клейонка буде «всмоктуватись» всередину склянки.
21. Водяна пара й повітря, розширюючись, трохи піднімають краї склянки, що зменшує силу тертя між склянкою й дошкою.

22. Розширюючись, повітря в м'ячику розпрямить його стінки.
23. Вночі повітря всередині корпусу годинника охолоджується стискається, тому крізь отвори в корпусі в годинник ззовні надходить повітря, вносячи пил.
24. Внаслідок зниження температури повітря стискається, густина його зростає, через, це в тому самому об'ємі повітря є більше кисню, ніж влітку.
25. Розм'якшене скло щільно притискається до стінок труби тиском повітря, що розширюється всередині скляної труби.
26. При підвищенні температури повітря в посудині 2 рівень ртуті в правому коліні опускається, а в лівому піднімається.
27. Щоб у банці не залишилося повітря, яке, розширюючись при нагріванні, може розірвати банку.
28. Рівень ртуті в правому коліні при нагріванні стане ще вищим, а в лівому коліні понизиться, бо збільшення об'єму повітря в лівій колбі буде більшим.
29. При збільшенні температури спіральна трубочка трохи розпрямляється і повертає стрілку на деякий кут.
30. Переходячи із стану 1 у стан 2, а потім у стан 3 (див. умову), газ одержує тепло ззовні, а при переході зі стану 3 в стан 1 — втрачає тепло. Графік залежності між p і V подано на рисунку.

в) Задачі для модульного контролю

1. Яку кількість кисню випустили з балона ємністю 10 л, якщо покази манометра при цьому змінилися від 14 до 6 ат, а температура понизилася від 27 до 7 °С?
2. Знайти молярну масу повітря, вважаючи, що воно складається за масою з однієї частини кисню та трьох частин азоту $m_1 : m_2 = 1:3$.

3. Циліндрична піпетка довжиною 20 см наполовину поміщена у ртуть. Піпетку закривають зверху пальцем та виймають із ртуті. Частина її витікає. Яки стовпчик ртуті залишиться у піпетці? Атмосферний тиск нормальний.
4. У посудині ємністю 2 л при температурі 20 °С міститься $4,4 \cdot 10^{21}$ молекул кисню, $0,9 \cdot 10^{21}$ молекул вуглекислого газу, $2,1 \cdot 10^{21}$ молекул азоту. Визначити тиск суміші на стінки посудини і молярну масу суміші.
5. Визначити число ходів поршня, необхідну для того, щоб поршневим насосом відкачати посудину ємністю 5 л від нормального тиску до тиску у сто разів меншого. При одному ході поршня захоплюється $3 \cdot 10^{-5}$ м³ повітря.
6. У посудині міститься $3,59 \cdot 10^{20}$ молекул азоту, які тиснуть на стінки посудини з тиском $2 \cdot 10^4$ Па. Який об'єм посудини, якщо середня квадратична швидкість молекул 300 м/с?
7. У посудині ємністю 3,5 л міститься суміш газів із $2 \cdot 10^{15}$ молекул кисню, $5 \cdot 10^{15}$ молекул азоту і $6,6 \cdot 10^{-7}$ г аргону. Яка температура суміші, якщо тиск у посудині $1,74 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.
8. Густина суміші азоту і водню при температурі 47 °С і тиску 2 ат дорівнює 0,30 г/л. Визначити концентрації молекул азоту та водню у суміші.
9. При кімнатній температурі чотириокис азоту частково дисоціює у двоокис азоту ($\text{N}_2\text{O}_4 = 2\text{NO}_2$). У частково відкачану посудину об'ємом 250 см³ вводять 0,9 г рідкого N_2O_4 при 0 °С. Після того, як температура зросте до 27 °С, рідина випаровує, а тиск стає 960 мм рт. ст. Скільки відсотків чотириокису азоту при цьому дисоціює?
10. Визначити кількість молекул водню в 1 см³ при нормальних умовах. Значення швидкостей молекул лежать в інтервалі між 399 та 401 м/с.

11. Яка частина молекул водню при 400 К має швидкості, що відрізняються від найбільш імовірної не більше ніж на 5 м/с?
12. При якій температурі число молекул кисню, що мають швидкості в інтервалі 399-401 м/с, дорівнює числу молекул зі швидкостями в інтервалі 699-701 м/с?
13. При якому значенні швидкості перетинаються криві розподілу Максвелла для температур T_1 та $1,5T_1$?
14. Яка частина молекул газу має кінетичну енергію поступального руху, що відрізняється від середньої кінетичної енергії поступального руху не більше, ніж на 1 %?
15. Яка частина молекул газу має швидкості, що перевищують найбільш імовірну швидкість?
16. На якій висоті над рівнем моря атмосферний тиск складає $78 \cdot 10^3$ Па, якщо температура повітря 17 °С і не міняється з висотою. Тиск на рівні моря нормальний. Визначити число частинок в одиниці об'єму на цій висоті.
17. У балоні знаходиться 10 кг газу при тиску 10 МПа. Яку масу газу взяли з балона, якщо тиск став рівний 2,5 МПа. Температуру вважати сталою.
18. Посередині відкачаного і запаяного з двох кінців капіляра, який розміщений горизонтально, знаходиться стовпчик ртуті довжиною 20 см. Якщо капіляр поставити вертикально, то стовпчик ртуті переміститься на 10 см. До якого тиску P_0 був відкачаний капіляр? Довжина капіляра 1 м.
19. У посудині об'ємом 3 л знаходиться газ під тиском 0,2 МПа. У посудині об'ємом 4л знаходиться той же газ під тиском 0,1 МПа. Температури газу в обох посудинах однакові. Під яким тиском буде знаходитись газ, якщо з'єднати посудини трубкою.

20. У посудині знаходиться 14 г азоту та 9г водню при температурі 10 °С і тиску 1 МПа. Знайти молярну масу μ суміші і об'єм посудини.
21. Закрита посудина об'ємом 2л наповнена повітрям при нормальних умовах. У посудину вводять діетиловий ефір ($C_2H_5OC_2H_5$). Після того як весь ефір випарувався, тиск у посудині став рівним 0,14 МПа. Яка маса m ефіру була введена в посудину?
22. У балон об'ємом 50 л накачують повітря за допомогою насоса, який за одне всмоктування захоплює 200 см³ повітря. Який тиск встановиться у балоні після 100 качків, якщо початковий тиск повітря в ньому дорівнював зовнішньому нормальному атмосферному тиску? Кінцева температура стиснутого повітря в балоні зрівнялась з температурою навколишнього середовища.
23. У скільки разів середня квадратична швидкість порошинки, яка зависла в повітрі, менша за середню квадратичну швидкість молекул повітря? Маса порошинки 10⁻⁸ г. Повітря вважати однорідним газом, молярна маса якого $\mu = 0,029$ кг/моль.
24. У балоні містився молекулярний кисень при температурі 0 °С і тиску 0,5МПа. Який тиск встановиться в балоні після нагрівання до температури 1200 °С, при якій 20% його молекул розпалися на окремі атоми?
25. У балоні міститься 16 г кисню та 22 г вуглекислого газу при температурі 7 °С і тиску 2МПа. Визначити густину суміші.
26. Визначити густину молекулярного азоту, який перебуває в балоні під тиском 10 МПа при температурі 7 °С.

27. У посудині знаходиться 8г кисню при температурі 1600К. Яке число молекул кисню має кінетичну енергію поступального руху, яка перевищує енергію $W_0=6,65 \cdot 10^{-20}$ Дж?
28. Природний газ, що використовується для побутових потреб, перебуває в балоні об'ємом 50 л при тиску 2МПа і температурі -3 °С. Який об'єм займав би цей газ за нормальних умов?
29. Яка маса повітря вийде із кімнати об'ємом 500 м³ внаслідок підвищення температури від 7 до 27 °С? Атмосферний тиск нормальний.
30. Визначити на скільки зменшилась маса повітря у класній кімнаті об'ємом 150 м³ внаслідок підвищення температури на 11 °С, якщо початкова температура становила 16 °С, а атмосферний тиск нормальний.
31. При якій температурі перебував газ у герметично закритій посудині, якщо в результаті його нагрівання на 100 °С тиск збільшився у $1,25$ рази?
32. На скільки слід підвищити температуру повітря, яке перебуває в герметично закритому балоні при температурі 27 °С, щоб його тиск збільшився на 5% ?
33. Робота ізотермічного розширення деякого газу масою 10 г, від об'єму V_1 до об'єму у два рази більшого виявилась рівною 575 Дж. Знайти середню квадратичну швидкість $\sqrt{g^2}$ молекул газу при цій температурі.
34. Розрахувати густину повітря за нормальних умов.

35. Яка частина молекул кисню при температурі 100 °С має швидкості, які лежать в інтервалі від 200 м/с до 400 м/с?
36. Яка частина молекул водню при температурі 10 °С має швидкості, які лежать в інтервалі від 250 м/с до 350 м/с?

Відповіді

1. 95 г.
2. 0,029 кг/моль
3. 0,09 м
4. $1,54 \cdot 10^4$ Па; 34 кг/кмоль
5. 10^3
6. $8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$
7. 346 К
8. $3,5 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$; $4,1 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
9. 28%
10. $4,85 \cdot 10^{15}$
11. 0,0046
12. 570 К
13. $v_x = 2,4v_i$
14. 0,93%
15. 0,57
16. 2165 м; $1,98 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
17. –
18. 50 кПа
- 19.

Змістовий модуль 2. Явища переносу. Реальні гази Основні формули

Явища переносу

1. **Кількість зіткнень** однієї молекули:

$$Z = 4\sqrt{2}\pi r^2 n v,$$

де

r – ефективний радіус молекули,
 v – середня арифметична швидкість,
 n – концентрація молекул.

2. **Середній шлях** вільного пробігу:

$$\lambda = \frac{1}{4\sqrt{2}\pi r^2 n}$$

3. **Закон Фіка:** $dM = -D \frac{d\rho}{dx} ds dt,$

$$D = \frac{1}{3} \lambda_c v_{ap},$$

де

M – маса газу, перенесена при дифузії,
 D – коефіцієнт дифузії,
 $\frac{d\rho}{dx}$ – градієнт густини,
 ds – елементарна площа,
 dt – елементарний проміжок часу,
 λ – середній шлях вільного пробігу,
 v – середня арифметична швидкість.

4. **Закон Ньютона:** $dF = -\eta \frac{dU}{dx} ds,$

$$\eta = \frac{1}{3} \lambda_c v_{ap} \rho,$$

де

dF – сила внутрішнього тертя, $\frac{dU}{dx}$ – градієнт швидкості,
 η – коефіцієнт внутрішнього тертя, коефіцієнт в'язкості.

5. Закон Фур'є:
$$dQ = -\chi \frac{dT}{dx} ds dt ,$$

$$\chi = \frac{1}{3} \lambda_c \rho C_V v_{ap} ,$$

де

Q – кількість теплоти,

χ – коефіцієнт теплопровідності,

$\frac{dT}{dx}$ – градієнт температури,

C_V – питома теплоємність при сталому об'ємі.

Реальні гази

1. Рівняння Ван-дер-Ваальса для 1 моля газу:

$$\left(P + \frac{a}{V_\mu^2} \right) (V_\mu - b) = RT ,$$

де V_μ – об'єм моля; a, b – поправки на тиск та власний об'єм для різних речовин (вказані у додатку б).

2. Критичні параметри:

$$T_K = \frac{8a}{27bR} ,$$

$$V_K = 3b ,$$

$$P_K = \frac{a}{27b^2} .$$

**Завдання для самоконтролю та
контролю за самостійною роботою
а) Тести**

1. Яке із наведених явищ, що відноситься до явищ переносу обумовлене переносом кількості руху?

- а) *дифузія;*
- б) *внутрішнє тертя;*
- в) *теплопровідність.*

2. Яка із наведених формул виражає зв'язок середнього шляху вільного пробігу молекули з її радіусом?

а) $\lambda_c = \frac{1}{4\pi r^2 n}$; б) $\lambda_c = \frac{r^2}{4\pi n}$; в) $r = \sqrt{\lambda_c 4\pi n}$.

3. Явище переносу – це таке, яке обумовлене...

- а) *хаотичним рухом молекул;*
- б) *впорядкованим рухом молекул;*
- в) *хаотичним і впорядкованим рухом молекул.*

4. Що показує знак “-” у формулі $dM = -D \frac{d\rho}{dx} dsdt$, яка виражає закон Фіка?

- а) *маса йде в сторону збільшення густини;*
- б) *маса йде в сторону зменшення густини;*
- в) *маса йде в сторону збільшення площадки через яку відбивається дифузія;*
- г) *правильна відповідь відсутня.*

5. Що означає знак “-” у формулі для визначення внутрішнього тертя $dF = -\eta \frac{du}{dz} ds$?

- а) *сила тертя напрямлена за швидкістю;*
- б) *сила тертя напрямлена проти швидкості;*
- в) *змін не відбувається;*
- г) *правильна відповідь відсутня.*

6. Що показує знак “-” у формулі $dQ = -\wp \frac{dT}{dx} dsdt$, яка виражає закон Фур'є?

- а) *тепло передається від більш нагрітого тіла до менш нагрітого тіла;*

б) тепло передається від менш нагрітого тіла до більш нагрітого;

в) правильної відповіді не існує.

7. Яка формула відповідає внутрішній енергії реального газу?

а) $E_{вн} = \frac{i}{2}RT$; б) $E_{вн} = E_{пот} + E_{кін}$; в) $E_{вн} = E_{пот}$.

8. Яке з даних рівнянь справедливе для опису стану реального газу?

а) $pV = \frac{m}{M}RT$;

б) $\left(p + \frac{V_{\mu}}{a^2}\right)(V_{\mu} - b) = RT$;

в) $\left(p + \frac{a}{V_{\mu}^2}\right)(V_{\mu} - b) = RT$.

9. Поправка b в рівнянні Ван-дер-Ваальса визначається за формулою:

а) $b = 2V_oN_A$; б) $b = 3V_oN_A$; в) $b = 4V_oN_A$.

10. При розширенні більшість реальних газів ...

а) нагріваються;

б) охолоджуються;

в) температура не змінюється.

11. Поправка a в рівнянні Ван-дер-Ваальса визначає...

а) розміри молекули;

б) міжмолекулярну взаємодію;

в) обидві відповіді правильні.

12. Поправка b в рівнянні Ван-дер-Ваальса визначає...

а) розміри молекули;

б) міжмолекулярну взаємодію;

в) обидві відповіді правильні.

13. Яку температуру має 2г азоту, який займає об'єм 820 см³ при тиску 2 атм? Газ розглядати як реальний.

а) $T=300\text{ K}$;

в) $T=280\text{ K}$;

б) $T=290\text{ K}$;

г) $T=270\text{ K}$.

14. Яку температуру має 3,5г кисню, який займає об'єм 90 см³ при тиску 28 атм? Газ розглядати як реальний.

а) $T=293\text{ K}$;

б) $T=291\text{ K}$;

в) $T=290\text{ K}$;

г) $T=289\text{ K}$.

15. 10 г гелію займає об'єм 100 см^3 при тиску 10^8 Па . Знайти температуру газу, розглядаючи його як реальний.

а) $T=203\text{ K}$;

в) $T=205\text{ K}$;

б) $T=204\text{ K}$;

г) $T=206\text{ K}$.

16. 0,5 кмоля деякого газу займає об'єм $V_1=1\text{ м}^3$. При розширенні газу до об'єму $V_2=1,2\text{ м}^3$ була виконана робота проти сил взаємодії молекул, рівна $A=580\text{ кГм}$. Знайти для цього газу сталу a із рівняння Ван-дер-Ваальса.

17. 1 кмоль кисню займає об'єм $0,056\text{ м}^3$ при тиску 920 атм . Знайти температуру газу, користуючись рівнянням Ван-дер-Ваальса в зведених величинах.

18. 1 кмоль гелію займає об'єм $V=0,237\text{ м}^3$ при температурі $t = -200\text{ }^\circ\text{C}$. Знайти тиск газу, користуючись рівнянням Ван-дер-Ваальса в зведених величинах.

19. Ідеальний одноатомний газ перебуває під тиском P за температури T . За цих умов середня частота зіткнень однієї молекули газу з іншими молекулами дорівнює ν . Унаслідок збільшення тиску й температури газу вчетверо частота зіткнень однієї молекули з іншими молекулами набуває значення:

1. 16ν ;

3. 8ν ;

2. 4ν ;

4. 2ν .

20. У сферичному балоні, діаметр якого дорівнює 20 см , міститься азот за температури $27\text{ }^\circ\text{C}$. Під яким максимальним тиском може перебувати азот, якщо його молекули практично не стикаються одна з одною? Ефективний діаметр молекули азоту дорівнює $3,1\text{ \AA}$.

1. 390 мПа ;

3. 190 мПа ;

2. 270 мПа ;

4. 220 мПа .

21. У балоні, об'єм якого дорівнює $2,0\text{ л}$, міститься водень під тиском 100 кПа за температури $27\text{ }^\circ\text{C}$. Яка кількість зіткнень між молекулами водню відбувається у балоні впродовж $1,0\text{ с}$? Ефективний переріз молекули водню за вказаних умов становить $4,2\text{ \AA}$. Атомна маса водню дорівнює $2,0\text{ а. о. м}$.

1. $1,9 \cdot 10^{32}$;

3. $3,6 \cdot 10^{24}$;

2. $6,2 \cdot 10^{31}$;

4. $4,8 \cdot 10^{27}$.

22. Ідеальний газ перебуває під тиском P за температури T . За цих умов коефіцієнт самодифузії газу дорівнює D . Тиск газу і його температуру зменшують учетверо. Коефіцієнт самодифузії за цих умов набуває значення:

28. Коефіцієнт теплопровідності речовини через основні одиниці вимірювань СІ можна виразити так:

1. $\text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$;
2. $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-2}\cdot\text{К}^{-1}$;
3. $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-2}\cdot\text{К}$;
4. $\text{кг}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^{-3}\cdot\text{К}^{-1}$.

29. У герметичному балоні міститься водень за нормальних умов. Балон нагрівають на 227 К. У скільки разів змінюється коефіцієнт теплопровідності водню?

1. збільшується в 1,83 разу;
2. збільшується в 1,35 разу;
3. зменшується у 1,20 разу;
4. зменшується у 1,10 разу.

30. Коефіцієнт теплопровідності ідеального газу у першому наближенні можна розрахувати на основі співвідношення:

$$k = \frac{1}{3} \lambda \langle g \rangle \rho c_v,$$

де λ – довжина вільного пробігу молекул; $\langle g \rangle$ – середня швидкість хаотичного поступального руху молекул; c_v – питома теплоємність газу при сталому об'ємі; ρ – густина газу. Розрахуйте у цьому наближенні коефіцієнт теплопровідності повітря за нормальних умов, вважаючи повітря однокомпонентним ідеальним газом двоатомних жорстких молекул, атомна маса яких дорівнює 29 а. о. м., а ефективний переріз становить $7,07 \text{ \AA}$.

1. 24 мВт/(м·К);
2. 150 мВт/(м·К);
3. 51 мВт/(м·К);
4. 110 мВт/(м·К).

31. Внутрішню енергію U реального газу, який перебуває за температури T , у наближенні Ван-дер-Ваальса можна розрахувати згідно зі співвідношенням:

1. $U = \nu c_{MV} T - \nu \frac{a}{V_M}$;
2. $U = \nu c_{MV} T - \nu \frac{a}{V_M^2}$;
3. $U = \nu c_{MV} T + \nu \frac{a}{V_M}$;
4. $U = \nu c_{MV} T + \nu \frac{a}{V_M^2}$.

де ν – кількість речовини газу; V_M – молярний об'єм газу; a – константа Ван-дер-Ваальса; c_{MV} – молярна теплоємність відповідного ідеального газу за сталого об'єму.

32. У циліндрі під поршнем міститься хлор, кількість речовини якого дорівнює 0,250 моль. Хлор ізотермічно розширюють від об'єму 200 см^3 до об'єму 400 см^3 . Яка зміна внутрішньої енергії хлору в наближенні Ван-дер-Ваальса? Константи Ван-дер-Ваальса для хлору: $a = 0,650 \text{ Па} \cdot \text{м}^6/\text{моль}^2$; $b = 5,62 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.

1. 378 Дж;
2. 407 Дж;
3. 609 Дж;
4. 102 Дж.

33. У балоні, об'єм якого дорівнює 5,00 л, міститься кисень, маса якого становить 320 г. Який тиск газу в балоні, розрахований у наближенні Ван-дер-Ваальса, якщо температура кисню дорівнює 27°C? Константи Ван-дер-Ваальса для кисню: $a = 0,136 \text{ Па} \cdot \text{м}^6/\text{моль}^2$; $b = 3,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$. Молярна маса кисню дорівнює 32,0 г/моль.

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. 5,87 МПа; | 3. 5,32 МПа; |
| 2. 4,78 МПа; | 4. 4,92 МПа. |

Відповіді

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Номер варіанта | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| Відповідь | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 |

б) Запитання

1. Існує метод металізації поверхні деталей напиленням тонкого шару металу при випаровуванні його у вакуумній камері. Чим зумовлена необхідність підтримування вакууму?

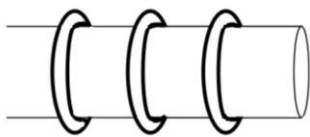
2. Поясніть дослід, який провів російський учений О.С. Предводителев з листочком слюди, вкритим з одного боку шаром гідрату солі. (Ця речовина легко випаровує молекули води). На тонкій довгій нитці листок підвісили у вакуумному балоні. У процесі відкачування повітря з балона листок повернувся, закручуючи нитку на певний кут. Чому повернувся листок слюди?

3. У 1953 р. український вчений М. Ф. Козаков розробив такий метод зварювання деталей з різних матеріалів (навіть з пластмас і металевої фольги): у вакуумній камері деталі нагрівають і одночасно стискають (тиск на контактні поверхні досягає $1,2 \text{ кГ/мм}^2$). Чому деталі швидко зварюються? Яку роль відіграє вакуум?

4. Велику посудину з вуглекислим газом, відкриту зверху, зрівноважили на терезах. Чи зберігатиметься рівновага?

Теплопередавання

5. Чому калорифери мають ребра (металеві пластини, що оперізують труби калориферів)?



6. Часто будують водонапірні башти зі сферичними баками. Як впливає форма бака на теплообмін води зі середовищем?

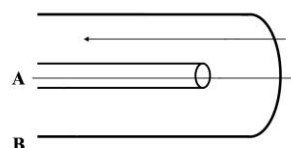
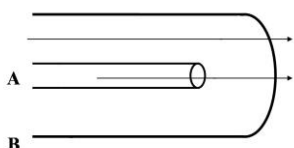
7. Часто в літературі можна зустріти вираз: «Гарячий подих пустелі». Чому «подих» пустелі здається гарячим?

8. Градирня — це споруда для охолодження води. Тут вода маленькими струмочками стікає з каскаду дерев'яних полицок, розбиваючись на безліч крапель. Чому вона при цьому швидко охолоджується?

9. Де температура металу спіралі на електроплитці вища: коло його поверхні чи в глибших шарах?

10. Чому чайник, знятий з вогню, спочатку остигає швидко, а потім зниження температури його відбувається повільніше?

11. Для охолодження рідину пропускають по трубі А, вміщеній всередині труби В, по якій протікає вода. В якому з двох показаних на рисунку випадків рідина швидше охолоджуватиметься?



Теплопровідність

12. Чому овочі, які зберігають у буртах, на зиму вкривають соломною, бадиллям і присипають сухою землею?

13. Чому вовняні тканини добре зберігають тепло?

14. Деякі види легких синтетичних тканин такі, що їх волокна мають внутрішню порожнину з поперечними перетинками. Чому ці тканини добре зберігають тепло?

15. Як впливають на теплопровідність ґрунту оранка й розпушування?

16. Чому під час ожеледі, коли на полях утворюється крижана кірка, не закрита снігом, посіви можуть вимерзнути?

17. Яка цегляна стіна краще захищає від холоду: вогка чи суха?

18. Чим зумовлені високі теплоізоляційні якості скляної вати?

19. Чому заповнення балона електричної лампи криптоном замість суміші аргону й азоту (криптон має меншу теплопровідність) підвищує економічність лампи?

20. Чи однакова теплопровідність деревини вздовж волокон і впоперек?

Конвекція

21. Чому полички для продуктів у холодильниках часто роблять ґратчастими?

22. Чому захололу піч перед розпалюванням краще прогріти, спалюючи в димоході папір?

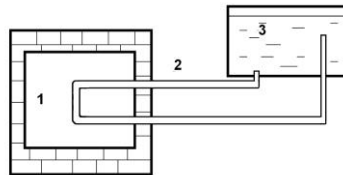
23. На чому ґрунтується метод гасіння лісових і степових пожеж запалюванням степу або лісу з того боку, куди поширюється полум'я?

24. Чому на штучних супутниках утруднюється відвід тепла від тіла космонавта?

25. Інколи парашутисти раптом починають швидко підніматись угору замість того, щоб на розкритому парашуті плавно опуститись на землю. Чим можна пояснити це явище?

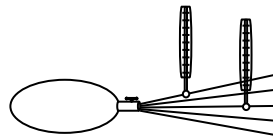
26. Якщо скляну банку, в якій стоїть запалена свічка, закрити кришкою і впустити з висоти 2—3 м на купу піску, можна помітити, що під час падіння банки свічка гасне або полум'я її слабшає. Чим це зумовлено?

27. Поясніть, як нагрівається вода в баці 3 за допомогою печі 1 і циркуляційних труб 2.



Зміна температури газу при швидкій зміні його об'єму

28. Газ виходить з балона з великою швидкістю. Який термометр показує вищу температуру?



29. Щоб добути окис азоту з повітря, застосовують так звані вільнопоршневі генератори, в яких повітря стискається поршнем до високого тиску за дуже малий час — біля 0,002 с. На чому ґрунтується дія цього приладу?

30. Деякі конструктори пропонують охолоджувати повітря в реактивних надзвукових літаках, примушуючи його обертати маленьку турбінку. На чому ґрунтується цей метод?

31. При накачуванні повітря в шину насос нагрівається. Чи нагріватиметься він, якщо не сполучати, його з шиною і рухати поршень вгору й вниз, закривши отвір пальцем?

Вологість повітря

32. Яке значення має випадання роси для збереження рослин від вранішніх приморозків?

33. Де вранішні приморозки становлять більшу небезпеку для рослин: у місцевостях з вологим чи сухим ґрунтом (при всіх інших однакових умовах)?

34. Чи правильна прикмета: якщо сіль стає вологою — бути дощу?

35. Чому в сиру погоду дим стелиться біля поверхні землі?

36. Коли відносна вологість повітря менша: взимку чи влітку (для однієї місцевості)?

37. Чому зазвичай не буває роси під густим деревом?

Зрідження газів. Застосування зріджених газів

38. Якщо краплю рідкого повітря капнути на руку, тканини руки не вимерзають, як можна було чекати. Чим це пояснюється?

39. Чому рідке повітря краще зберігати у відкритій посудині Дюара, а не в герметичній?

40. Чому рідке повітря зі скляної колби переливають в іншу посудину за допомогою сифона з гумовою грушею або, нахиливши колбу, весь час повертають її навколо поздовжньої осі?

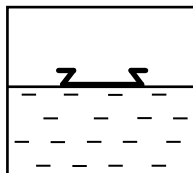
41. Свинцеву спіраль занурили в рідке повітря, а потім вийняли звідти й підвісили до неї тягарець. Якщо швидко зняти його, пружина набуває попередньої форми. Коли ж на пружину з тягарцем дмухнути, вона після зняття навантаження не набуває попередньої форми. Поясніть ці явища.

42. Рідкий гелій може «підніматись» по вертикальних стінках посудини й вилитися з неї. Чому?

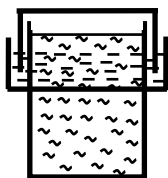
Насичуюча пара

43. Хліб довго залишається свіжим, якщо його загорнути в целофан або вмістити в щільно закриту скляну або емальовану посудину. Чому?

44. Іноді у нафтових і бензинових баках застосовують плаваючі екрани, краї яких зігнуті у вигляді літери Z. Яке призначення цих екранів?



45. Останнім часом у бензобаках використовують рухомі кришки, краї яких входять у кільцевий паз, заповнений соляровим маслом. Які переваги такої конструкції кришок?



46. Вода в посудині замерзає при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, але маленькі краплі, з яких складаються хмари або туман, не замерзають навіть при температурі нижче $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чому дрібні крапельки води не замерзають при таких низьких температурах?

Відповіді

1. Це потрібно для того, щоб збільшити довжину вільного пробігу молекул. При цьому вони осідатимуть на поверхню деталі рівномірним шаром.

2. В момент вилітання молекули з шару гідрату солі відбувається взаємодія двох тіл: молекули й листка слюди. За законом збереження кількості руху, кількість руху молекули дорівнює кількості руху листка слюди. Швидкості цих тіл спрямовані в протилежні напрями.

3. Відбувається дифузія молекул з однієї деталі в другу, причому внаслідок нагрівання й підтримування вакууму в камері процес дифузії проходить значно швидше, ніж звичайно.

4. Завдяки дифузії молекул повітря у вуглекислий газ і останнього — в повітря вага посудини поступово зменшується.
5. Цим самим збільшують поверхню металу, що дотикається до повітря, тобто посилюють теплообмін.
6. З усіх тіл із заданим об'ємом сфера має найменшу поверхню, тому й теплообмін бака з зовнішнім середовищем менший.
7. Температура повітря в пустелі вища за температуру тіла людини. Чим більша маса повітря встигає прийти в контакт з тілом, тим більше тепла дістає тіло людини від повітря.
8. При утворенні крапель загальна поверхня води набагато зростає, тому теплообмін води з повітрям прискорюється.
9. Температура глибших шарів вища, бо поверхневий шар металу віддає тепло навколишньому середовищу.
10. Спочатку різниця температур чайника й навколишнього середовища більша, тому й тепловіддача чайника більша.
11. Рідина швидше охолоджуватиметься в другому випадку, бо тут різниця температур між рідиною й водою більша.
12. Завдяки низькій теплопровідності ці матеріали запобігають замерзанню овочів узимку.
13. Завдяки великій кількості повітряних каналів між волокнами ниток вовняні тканини мають низьку теплопровідність.
14. Завдяки низькій теплопровідності повітря у порожнинах.
15. Теплопровідність зменшується.
16. Теплопровідність криги значно більша, ніж пухкого снігу, тому ґрунт втрачає тепло.

17. Вогка стіна має більшу теплопровідність і тому гірше захищає від холоду.
18. Великою кількістю повітряних проміжків між волокнами й малою теплопровідністю скла.
19. Завдяки нижчій теплопровідності криптону нитка лампи для розжарення до тієї самої температури потребує меншої енергії.
20. Вздовж волокон дерева має вищу теплопровідність, бо між волокнами є повітряні канали.
21. Для того, щоб була можлива конвекція повітря всередині холодильника.
22. Інакше холодне повітря в димоході не дасть диму підніматись угору.
23. Полум'я в запаленій ділянці поширяться назустріч пожежі внаслідок піднімання вгору величезних мас нагрітого пожежею повітря і створення при цьому тяги в бік пожежі.
24. Через відсутність конвекції. Навколо тіла космонавта утворюється «сорочка» з нагрітого повітря.
25. Такі явища спостерігаються тоді, коли парашутист потрапляє в потужний висхідний потік теплого повітря.
26. Конвекція повітря в банці під час вільного її падіння неможлива.
27. Холодна вода з бака по нижній трубі надходить у топковий простір, а по верхній трубі нагріта вода піднімається в бак.
28. Той, що знаходиться поза струменем газу.
29. При швидкому стисканні повітря розвивається температура до 5000° , достатня для утворення окису азоту з кисню й азоту повітря.

30. Виконуючи роботу по обертанню турбінки, повітря охолоджуватиметься.
31. При швидкому стисканні повітря в циліндрі насоса воно нагріється, але при наступному розширенні охолоне, насос не нагріватиметься.
32. Внаслідок конденсації водяної пари виділяється тепло.
33. У місцевостях із сухими ґрунтами, оскільки теплоємність їх менша і температура їх змінюється швидше.
34. Так, бо гігроскопічна сіль стає вологою при високій відносній вологості повітря.
35. Частинки диму при великій вологості повітря є центрами конденсації водяної пари і, вкриваючись шаром води, стають важчими. Крім того, питома вага вологого повітря менша, ніж сухого, тому виштовхувальна сила, яка діє на частинки кіптяви й диму, в вологому повітрі менша, ніж у сухому.
36. Максимальна відносна вологість повітря буває взимку, а мінімальна — влітку.
37. Густе дерево виконує роль термостата – добове коливання температури під ним не так сильно виражене: вдень трішки холодніше, а вночі трішки тепліше, ніж навкруги. Тому при охолодженні повітря, перед сходом сонця роса випадає на відкритих місцях, а під густим деревом точка роси не досягається.
38. Внаслідок інтенсивного випаровування рідкого повітря між краплею й рукою утворюється теплоізолюючий шар повітря.
39. Випаровування рідкого повітря сприяє підтримуванню низької температури в посудині.
40. Щоб скло на краю отвору колби не тріснуло внаслідок нерівномірного охолодження.

41. Свинець при низьких температурах набуває пружних властивостей, але, дмухнувши на свинцеву пружину, ми підвищуємо її температуру, свинець знов стає пластичним.
42. Причиною цього явища є надтекучість рідкого гелію, завдяки якій він розтікається по поверхні стінок посудини.
43. Пара в просторі навколо хліба насичуюча, внаслідок чого вміст вологи в хлібі не зменшується.
44. У зазорі, утвореному краями екрана, утворюється насичена пара, що зменшує випаровування пального.
45. При збільшенні температури насиченої пари тиск її зростає, при цьому кришка бака піднімається вгору й об'єм насиченої пари в баку зростає. Завдяки цьому тиск насиченої пари всередині бака зберігається приблизно на одному рівні.
46. Вода замерзає при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ лише при наявності в ній центрів-кристалізації. У великій масі води завжди є такі центри кристалізації, тоді як у дрібних краплях вони бувають не завжди.

в) Задачі для модульного контролю

1. Яке співвідношення між середньою міжмолекулярною відстанню та середньою довжиною вільного пробігу молекул в азоті при нормальних умовах?
2. Для кисню при нормальних умовах середня довжина вільного пробігу молекули $0,63 \cdot 10^{-7}$ м. Як зміниться довжина вільного пробігу при збільшенні температури газу вдвічі, якщо процес нагрівання відбувається ізобарно; ізохорно?
3. Обчисли у скільки разів зміниться кількість ударів об 1 см^2 стінки посудини за 1 с при двохкратному збільшенні об'єму посудини, якщо вона заповнена двоатомним газом у випадках ізотермічного та ізобарного розширення.

4. Стальний стержень довжиною 40 см і площею поперечного перерізу 6 см^2 нагрівають так, що з одного кінця його температура підтримується $350 \text{ }^\circ\text{C}$, а з другого знаходиться лід при $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Вважати, що передача теплоти відбувається лише вздовж стержня. Визначити масу льоду, яка розтане за 6 хвилин.
5. Циліндричний паропровід оточений азбестовою теплоізолюючою оболонкою. Зовнішня поверхня оболонки має радіус 25 см і температуру $50 \text{ }^\circ\text{C}$, а внутрішня – радіус 18 см і температуру $120 \text{ }^\circ\text{C}$. Довжина труби 65 м. Визначити кількість теплоти, яку віддає паропровід у навколишнє середовище за 24 години. Коефіцієнт теплопровідності азбесту $0,75 \text{ кДж}/(\text{м}\cdot\text{год}\cdot\text{К})$.
6. В'язкість деякого газу визначається методом вимірювання сили тертя між пластинами, що віддалені одна від одної шаром цього газу товщиною 0,9 мм. При тиску 2,8 Па коефіцієнт в'язкості газу дорівнює $0,8\cdot 10^{-5} \text{ Н с}/\text{м}^2$, а при тисках 10,9 до $9,8\cdot 10^4 \text{ Па}$ в'язкість дорівнює $1,9\cdot 10^{-5} \text{ Н с}/\text{м}^2$. Яка середня довжина вільного пробігу молекул газу при нормальному тиску?
7. Дві пластини площею 10^{-2} м^2 кожна поміщені у азот на відстані $2\cdot 10^{-3} \text{ м}$ одна від одної. Температура однієї пластини $0 \text{ }^\circ\text{C}$, а іншої $100 \text{ }^\circ\text{C}$ і підтримуються сталими. Кількість теплоти, що пройшла внаслідок теплопровідності, від другої пластини до першої за одну годину $23,7\cdot 10^3 \text{ Дж}$. Визначити ефективний діаметр молекули.
8. У міцному закритому сталевому балоні поміщено воду, яка при кімнатній температурі займає половину об'єму балона. Визначити тиск і густину водяної пари при підвищенні температури до $400 \text{ }^\circ\text{C}$.
9. Визначити тиск 280 г азоту при температурі $27 \text{ }^\circ\text{C}$ у посудині, об'єм якої дорівнює 1 м^3 ; 0,5 л.
10. У посудині об'ємом 200 л міститься 0,3 кмоль водню при нормальному тиску. У скільки разів потрібно збільшити температуру, щоб тиск збільшився у 3 рази? Порівняти з результатами для ідеального газу.

- 11.** У балоні ємністю 8 л міститься 0,3 кг кисню при температурі 27 °С. Визначити яку частину об'єму посудини складає власний об'єм молекул? Яку частину тиску газу на стінки посудини складає внутрішній тиск, обумовлений силами притягання молекул.
- 12.** Водень при температурі -80 °С розширюється. Охолоджується чи нагрівається він при цьому?
- 13.** У закритій посудині об'ємом 1 м³ знаходиться 1,6 кг кисню та 0,9 кг води. Знайти тиск Р в посудині при температурі 500 °С.
- 14.** Воду, у якій відсутні домішки, переохолодили до температури -10 °С. Такий стан нестійкий і при додаванні домішок вода перетворюється в лід при температурі 0 °С. Яка частина такої води перетворюється в лід? Теплообмін між водою та іншими тілами не відбувається.
- 15.** У скільки разів зменшиться число зіткнень \bar{z} за одиницю часу молекул двохатомного газу, якщо об'єм газу адіабатно збільшити в 2 рази?
- 16.** Якої найбільшої швидкості v може досягнути дощова краплина діаметром 0,3 мм? Діаметр молекул повітря 0,3 нм. Температура повітря 0 °С. Вважати, що для дощової краплини справедливий закон Стокса.
- 17.** Літак летить зі швидкістю 360 км/год. Вважаючи, що шар повітря в крилах літака, який захоплюється внаслідок в'язкості, дорівнює 4 см, знайти силу, яка діє внаслідок цього на одиницю поверхні крила. Діаметр молекул повітря 0,3 нм. Температура повітря 0 °С.
- 18.** Простір між двома коаксіальними циліндрами заповнено газом, радіуси циліндрів рівні 5 см і 5,2 см. Висота внутрішнього циліндра $h = 25$ см. Зовнішній циліндр обертається з частотою 360 об/хв. Для того, щоб внутрішній циліндр залишався нерухомим, до нього треба прикласти дотикову силу 1,38 мН. Розглядаючи у першому наближенні випадок як плоский, знайти з даних цього досліду в'язкість η газу, що знаходиться між циліндрами.

19. Вуглекислий газ і азот знаходяться при однакових температурах і тисках. Знайти для цих газів співвідношення: а) коефіцієнтів дифузії; б) в'язкостей; в) теплопровідностей. Діаметри молекул газів вважати однаковими.

20. Між двома пластинками, які знаходяться на відстані 1 мм одна від одної, знаходиться повітря. Між пластинами підтримується різниця температур 1 К. Площа кожної пластинки $0,01 \text{ м}^2$. Яка кількість теплоти Q передається за рахунок теплопровідності від однієї пластини до другої за час 10 хв? Вважати, що повітря знаходиться при нормальних умовах. Діаметр молекул повітря $\sigma = 0,3 \text{ нм}$.

21. У скільки разів зростає довжина вільного пробігу молекул двохатомного газу, якщо його тиск падає вдвічі при розширенні газу: а) ізотермічно; б) адіабатно?

Відповіді

1. $\lambda_c = 24l$
2. $2\lambda_0; \lambda_0$
3. 0,5; 0,7
4. 0,0358 г
5. $1,5 \cdot 10^5 \text{ кДж}$
6. $6 \cdot 10^{-8} \text{ м}$
7. $3,02 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
8. $5,1 \cdot 10^8 \text{ Па}; 500 \text{ кг/м}^3$
9. $2,5 \cdot 10^4 \text{ Па}; 1,4 \cdot 10^8 \text{ Па}$
10. 2,3
11. $2,79 \cdot 10^6 \text{ Па}; 6,6\%$
12. Ефект позитивний
15. 0,43

Змістовий модуль 3 Основні формули

Термодинаміка

1. **Перший** принцип термодинаміки:

$$Q = \Delta U + A,$$

де

Q – кількість теплоти,

ΔU – зміна внутрішньої енергії системи,

A – робота системи.

$$\delta Q = dU + \delta A,$$

де

δQ – кількість теплоти, яку отримує система (функція процесу),

dU – зміна внутрішньої енергії системи (функція стану, повний диференціал),

δA – робота, виконана системою, над зовнішніми тілами (функція процесу).

2. **Робота** системи: $dA = PdV,$

де P – тиск, dV – зміна об'єму.

3. Робота при **ізотермічному** процесі:

$$A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

4. Рівняння **Пуассона**:

$$PV^\gamma = const$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v},$$

де

C_p – теплоємність при сталому тиску,

C_v – теплоємність при сталому об'ємі.

5. Рівняння **Майєра**:

$$C_p = C_v + R$$

6. Робота при **адіабатному** процесі:

$$A = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{\gamma - 1} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right)$$

7. Рівняння **політропи**:

$$PV^n = \text{const} ,$$

де n – показник політропи.

8. Робота при політропному процесі:

$$A = \frac{1}{n - 1} (P_1 V_1 - P_2 V_2) = \frac{m}{\mu} \frac{RT_1}{n - 1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$$

9. ККД циклу **Карно**:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} ,$$

де T_1, T_2 – максимальна і мінімальна температури циклу,

Q_1 – кількість теплоти, яку система бере із навколишнього середовища,

Q_2 – кількість теплоти, яку система віддає назад у навколишнє середовище.

10. Зміна **ентропії**:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

11. Зміна ентропії при зміні агрегатного стану:

$$\Delta S = \frac{\lambda m}{T} , \quad \Delta S = \frac{r m}{T} ,$$

де λ – питома теплота плавлення, r – питома теплота випаровування.

12. Зміна ентропії при процесах у ідеальних газах:

$$\Delta S = m \left(c_v \ln \frac{p_2}{p_1} + c_p \ln \frac{V_2}{V_1} \right) .$$

Завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою

а) Тести

1. Яка із наведених формул є першим принципом термодинаміки?

а) $Q = U + \Delta A$; б) $Q = \Delta U + A$; в) $\Delta Q = U + A$

2. Яку кількість тепла потрібно надати тілу, щоб нагріти його від температури T_1 до температури T_2 ?

а) $\Delta Q = cm(T_2 - T_1)$; б) $\Delta Q = cm(T_2 + T_1)$; в) $\Delta Q = cm \left[\frac{T_2}{T_1} \right]$.

3. Перший закон термодинаміки формулюється так:

а) *внутрішня енергія одноатомного ідеального газу пропорційна його абсолютній температурі;*

б) *зміна внутрішньої енергії системи, у випадку її переходу з одного стану в інший, дорівнює сумі роботи зовнішніх сил і кількості теплоти, переданій системі;*

в) *енергія у природі не виникає з нічого і не зникає: кількість енергії незмінна, вона лише переходить з однієї форми в іншу.*

4. Робота при ізотермічному процесі буде рівною...

а) $A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$; б) $dA = pdV$; в) $A = 0$.

5. Робота при ізобарному процесі буде рівною...

а) $dA = pdV$; б) $A = \frac{m}{M} RT \frac{V_2}{V_1}$; в) $A = 0$.

6. Яку кількість тепла потрібно надати рідині, щоб перетворити її в пару?

а) $\Delta Q = rm(T_2 - T_1)$; б) $\Delta Q = rm(T_2 + T_1)$; в) $Q = rm$

7. Яке тіло має більшу внутрішню енергію: кусок льоду при температурі 0°C чи отримана з нього вода при тій же температурі?

а) *лід*; б) *вода*; в) *однакові*.

8. Коефіцієнту корисної дії машини, яка працює за довільним циклом відповідає рівність...:

а) $\eta \leq 1 - \frac{Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}}$; б) $\eta \geq 1 - \frac{Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}}$; в) $\eta \leq 1 - \frac{Q_{\text{нагр}}}{Q_{\text{хол}}}$.

9. Робота при ізохорному процесі буде рівною...

а) $dA = pdV$; б) $A = \frac{m}{M} RT \frac{V_2}{V_1}$; в) $A = 0$.

10. Як змінюється температура льоду при його плавленні?

- а) *підвищується;*
- б) *знижується;*
- в) *залишається сталою.*

11. Чи однакова кількість теплоти йде на нагрівання 1 кг води на 1°C і випаровування 1 кг води при температурі кипіння?

- а) *однакова;*
- б) *на нагрівання більша;*
- г) *на випаровування більша.*

12. Коефіцієнт корисної дії машини, яка працює за циклом Карно визначається формулою...:

а) $\eta = 1 - \frac{Q_{\text{нагр}}}{Q_{\text{хол}}}$; б) $\eta = 1 - \frac{Q_{\text{хол}}}{Q_{\text{нагр}}}$; в) *правильна відповідь відсутня.*

13. Під час робочого ходу поршня двигуна внутрішнього згоряння газ розширюється, а його внутрішня енергія...

- а) *збільшується;*
- б) *не змінюється;*
- в) *зменшується.*

14. Як змінюється температура пари при її конденсації?

- а) *підвищується;*
- б) *знижується;*
- в) *залишається сталою.*

15. Як зміниться температура кипіння води у відкритій посудині з підвищенням атмосферного тиску?

- а) *підвищується;*
- б) *знижується;*
- г) *не залежить від тиску.*

16. Як змінюється внутрішня енергія одноатомного газу під час ізобарного нагрівання? ізохорного охолодження? ізотермічного стискання?

- а) *зростає, зменшується, не змінюється;*
- б) *зростає, не змінюється, зменшується;*
- в) *зменшується, зменшується, зростає.*

17. Вкажіть умову протікання наступних процесів (при $m = \text{const}$): ізобарного, ізохорного, адіабатного, ізотермічного

1. $\Delta P=0$; 2. $\Delta V=0$; 3. $Q=0$; 4. $\Delta T=0$.

а) 1, 2, 3, 4.

б) 1, 2, 4, 3.

в) 2, 4, 1, 3.

18. Як змінюється температура води при її кристалізації?

а) підвищується;

б) знижується;

в) залишається сталою.

19. Який процес відбувається під час стискання ідеального газу, якщо кількість теплоти, отриманої газом у цьому процесі, дорівнює нулю? Нагрівається чи охолоджується газ при цьому?

а) адіабатний. Нагрівається.

б) адіабатний. Охолоджується.

в) ізохорний. Нагрівається.

20. З яких основних елементів складається двигун внутрішнього згоряння?

а) нагрівника, робочого тіла.

б) нагрівника, холодильника.

в) нагрівника, робочого тіла, холодильника.

21. Як змінюється енергія ідеального газу під час адіабатного розширення? Що станеться з температурою газу?

а) $\Delta U > 0$. Температура зростає.

б) $\Delta U < 0$. Температура знизиться.

в) $\Delta U = 0$. Температура не зміниться.

22. Який процес відбувається під час розширення ідеального газу, якщо кількість теплоти, отриманої газом у цьому процесі, дорівнює нулю? Нагрівається чи охолоджується газ при цьому?

а) адіабатний. Охолоджується.

б) адіабатний. Нагрівається.

в) ізотермічний. Температура не змінюється.

23. Вкажіть умову протікання наступних процесів (при $m = \text{const}$): ізобарного, ізохорного, адіабатного, ізотермічного

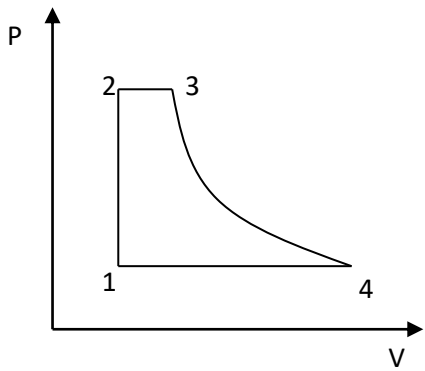
1. $\Delta P=0$; 2. $\Delta V=0$; 3. $Q=0$; 4. $\Delta T=0$.

а) 1,2,3,4.

б) 1,2,4,3.

в) 2,4,1,3.

24. За графіком якісно оцініть зміну внутрішньої енергії на кожній ділянці графіка (3-4 – адіабата).



а) 1,2 – зменшується; 2,3 – збільшується; 3,4 – зменшується; 4,1 – не змінюється.

б) 1,2 – збільшується; 2,3 – збільшується; 3,4 – зменшується; 4,1 – зменшується.

в) 1,2 – збільшується; 2,3 – збільшується; 3,4 – збільшується; 4,1 – не змінюється.

змінюється.

25. З яких основних елементів складається двигун внутрішнього згоряння?

а) нагрівника, робочого тіла;

б) нагрівника, холодильника;

в) нагрівника, робочого тіла, холодильника.

26. Під час роботи двигуна внутрішнього згоряння...:

а) хімічна енергія палива перетворюється в теплову, а теплова енергія в механічну;

б) теплова енергія перетворюється в механічну;

в) механічна енергія перетворюється в теплову.

27. Яка із нерівностей є справедливою для необоротного циклу Карно?

а) $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$; б) $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \geq 0$; в) $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$.

28. Яка із нерівностей є справедливою для оборотного циклу Карно?

а) $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$; б) $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \geq 0$; в) $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$.

29. Яка із нерівностей є справедливою для необоротного замкненого циклу?

а) $\oint \frac{dQ}{T} = 0$; б) $\sum_i \frac{\Delta Q_i}{T_i} \leq 0$; в) $\oint \frac{dQ}{T} < 0$.

30. Яка із формул визначає ентропію ізотермічного процесу (ідеальний газ)?

а) $S_2 - S_1 = C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$; б) $S_2 - S_1 = R \ln \frac{V_2}{V_1}$; в) $S_2 - S_1 = 0$.

31. Яка із формул визначає ентропію ізохорного процесу (ідеальний газ)?

а) $S_2 - S_1 = C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$; б) $S_2 - S_1 = R \ln \frac{V_2}{V_1}$; в) $S_2 - S_1 = 0$.

32. Яка із формул визначає ентропію адіабатного процесу (ідеальний газ)?

а) $S_2 - S_1 = C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$; б) $S_2 - S_1 = R \ln \frac{V_2}{V_1}$; в) $S_2 - S_1 = 0$.

33. Яку кількість тепла потрібно надати 12 г кисню, щоб нагріти його на 50° при постійному тиску

а) $Q = 540$ Дж; в) $Q = 550$ Дж;
 б) $Q = 545$ Дж; г) $Q = 555$ Дж.

34. В закритій посудині знаходиться 14 г азоту під тиском 10^5 Н/м² і при температурі 27 °С. Після нагрівання тиск в посудині підвищився в 5 разів. Визначити об'єм посудини.

а) $V = 12,4 \cdot 10^{-3}$ м³; в) $V = 12,8 \cdot 10^{-3}$ м³;
 б) $V = 12,6 \cdot 10^{-3}$ м³; г) $V = 13,2 \cdot 10^{-3}$ м³.

35. В закритій посудині знаходиться 14 г азоту під тиском 10^5 Па і при температурі 27 °С. Після нагрівання тиск в посудині підвищився в 5 разів. Яку кількість тепла було надано газу?

а) $Q = 12,2$ кДж; в) $Q = 12,6$ кДж;
 б) $Q = 12,4$ кДж; г) $Q = 12,2$ кДж.

36. Температура води масою $m = 1$ кг підвищується на $\Delta T = 1$ К. Обчислити збільшення внутрішньої енергії, яке припадає на одну молекулу. Питома теплоємність води $c = 4200$ Дж/(кг·К), її молярна маса $\mu = 0,018$ кг/моль.

37. Один моль кисню ($\mu = 0,032$ кг/моль) нагрівається при сталому об'ємі від температури $t_1 = 0$ °С. Яку кількість теплоти треба надати кисню, щоб його тиск збільшився в три рази? Питома теплоємність кисню при сталому тиску $c_v = 657$ Дж/(кг·К).

38. Яку кількість теплоти q потрібна для того, щоб повітря масою $m = 5$ г від температури $T_1 = 290$ К нагріти при сталому тиску настільки, щоб його об'єм V_1 збільшився в два рази? Питома теплоємність повітря при сталому тиску $c_p = 1018$ Дж/(кг·К).

39. В ідеальному газі протікає два квазістатичних процеси (1)→(а)→(2) і (1)→(б)→(2). Точки (1) і (2) лежать на одній ізотермі. Якщо Q – кількість тепла, яку газ отримав ($Q > 0$) або віддав ($Q < 0$), а ΔU – зміна його внутрішньої енергії, то справедливе твердження:

1. $\Delta U = 0$; $Q_a < Q_b$; 3. $\Delta U < 0$; $Q_a > Q_b$;
 2. $\Delta U > 0$; $Q_a < Q_b$; 4. $\Delta U = 0$; $Q_a > Q_b$.

45. В одноатомному ідеальному газі протікає термодинамічний процес, у якому виконується умова: $PV^2 = \text{const}$ (P та V – відповідно тиск та об'єм газу). Питома теплоємність газу в цьому процесі дорівнює (M – молярна маса газу):

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. $\frac{1}{2} \frac{R}{M}$; | 3. $\frac{3}{2} \frac{R}{M}$; |
| 2. $\frac{3}{2} R$; | 4. $\frac{1}{2} R$. |

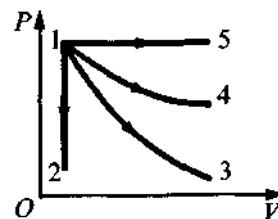
46. В азоті протікає термодинамічний процес, під час якого температура і об'єм зв'язані співвідношенням: $TV^3 = \text{const}$. Яка молярна теплоємність азоту в цьому процесі? Молекули азоту двоатомні жорсткі.

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. 14 Дж/моль·К; | 3. 29 Дж/моль·К; |
| 2. 32 Дж/моль·К; | 4. 17 Дж/моль·К. |

47. Ідеальний газ, адіабатна стала якого дорівнює 1,40, розширюється в політропному процесі з показником політропи 1,20. Унаслідок розширення температура газу змінюється від 300 К до 290 К. Яку механічну роботу виконує газ? Кількість речовини газу дорівнює 2,0 моль.

- | | |
|------------|-------------|
| 1. 170 Дж; | 3. 420 Дж; |
| 2. 830 Дж; | 4. -310 Дж. |

48. На малюнку зображено графіки термодинамічних процесів – ізотермічного, ізобарного, ізохорного й адіабатного, які протікають в ідеальному газі. Який кінцевий стан відповідає завершенню адіабатного процесу?



- | | |
|-------|-------|
| 1. 2; | 3. 4; |
| 2. 3; | 4. 5. |

49. Кисень, який у теплоізолюваному циліндрі за тиску 2,0 МПа займає об'єм 1,0 л, стискають квазістатично так, що в кінцевому стані його тиск зростає до 10,0 МПа. Яку механічну роботу виконує кисень? Адіабатна стала кисню дорівнює 1,4; кисень у процесі вважати ідеальним газом.

- | | |
|--------------|-------------|
| 1. -2,9 кДж; | 3. 5,8 кДж; |
| 2. -58 кДж; | 4. 17 кДж; |

50. У довгій теплоізолюваній трубі, площа поперечного перерізу якої дорівнює S , можуть ковзати без тертя два поршні, маси яких відповідно становлять $m_1=2m$ і $m_2 = m$. Між поршнями міститься водень. У деякий момент, коли поршні утримують у спокої на відстані l один від одного, тиск водню дорівнює P . Поршень (1) штовхають у напрямку поршня (2), надаючи йому швидкості v , а поршень (2) у цей момент відпускають. Яка відносна зміна температури водню в момент, коли відстань між поршнями мінімальна? Теплоємністю труби і поршнів знехтувати.

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. $\frac{6PSl}{m v^2}$; | 3. $\frac{2m v^2}{15PSl}$; |
| 2. $\frac{4m v^2}{15PSl}$; | 4. $\frac{3m v^2}{5PSl}$. |

51. У водні протікає квазістатично адіабатний процес. Якщо P_1 та P_2 , T_1 та T_2 – відповідно тиски та температури водню в початковому (1) та кінцевому (2) станах, то для початкового та кінцевого станів виконується рівність (молекули водню вважати двоатомними жорсткими):

- | | |
|--|--|
| 1. $P_1 T_1^{-1} = P_2 T_2^{-1}$ | 3. $P_1 T_1^{\frac{7}{2}} = P_2 T_2^{\frac{7}{2}}$ |
| 2. $P_1 T_1^{\frac{7}{4}} = P_2 T_2^{\frac{7}{4}}$ | 4. $P_1 T_1^{\frac{5}{2}} = P_2 T_2^{\frac{5}{2}}$ |

52. Кисень, маса якого дорівнює 8,0 г, перебуває у вертикальному теплоізолюваному циліндрі під поршнем, маса якого дорівнює 10 кг. Поршень відпускають, унаслідок чого після кількох коливань він зупиняється на рівні, нижчому від попереднього на 40 см. На скільки змінилась температура кисню під поршнем? Поршень ковзає без тертя; втратами енергії на нагрівання циліндра й поршня внаслідок їх низької теплопровідності можна знехтувати. Атомна маса кисню дорівнює 32 а. о. м., молекули – двоатомні жорсткі.

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. зменшилась на 3,8 К; | 3. зросла на 2,3 К; |
| 2. зросла на 7,5 К; | 4. зменшилась на 12 К. |

53. Водень, маса якого дорівнює 8,0 г, перебуває під тиском 1,0 МПа за температури 27 °С. Унаслідок квазістатичного адіабатного розширення тиск водню знизився до 200 кПа. Яку механічну роботу виконав водень під час розширення? Атомна маса водню дорівнює 2,0 а.о.м, а його адіабатна стала – 1,40.

- | | |
|-------------|-------------|
| 1. 9,7 кДж; | 3. 4,8 кДж; |
| 2. 4,6 кДж; | 4. 9,2 кДж. |

54. Із наведених нижче термодинамічних циклів вкажіть той, у якому ідеальний газ отримує від нагрітих тіл більшу кількість тепла Q_H

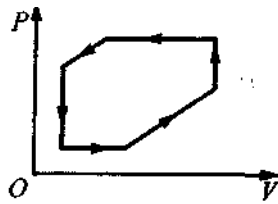


Рис. 1

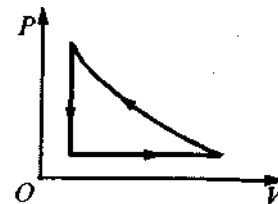


Рис. 2

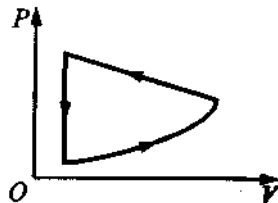


Рис. 3

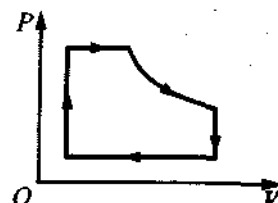


Рис. 4

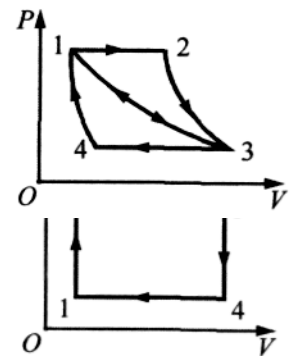
ніж від нього отримують холодні Q_x ($Q_H > Q_x > 0$).

55. На PV – діаграмі зображено замкнений термодинамічний процес, який протікає у гелії. Мінімальний і максимальний тиски у процесі становлять відповідно 1,0 атм і 6,0 атм, а мінімальний і максимальний об'єми – відповідно 2,5 л і 12,5 л. Яка термодинамічна ефективність циклу?

- | | |
|---------|---------|
| 1. 43%; | 3. 30%; |
| 2. 37%; | 4. 45%. |

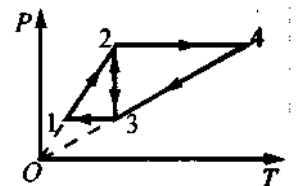
56. В ідеальному газі протікають термодинамічні цикли (a) і (b) відповідно $(1) \rightarrow (2) \rightarrow (3) \rightarrow (1)$ і $(1) \rightarrow (3) \rightarrow (4) \rightarrow (1)$. ККД циклу (a) дорівнює 20%, а циклу (b) – 15%. Ланки $(2) \rightarrow (3)$ і $(4) \rightarrow (1)$ – адіабати, ланка $(3) \rightarrow (1)$ – ізотерма, ланки $(1) \rightarrow (2)$ і $(3) \rightarrow (4)$ – ізобари. Який ККД циклу $(1) \rightarrow (2) \rightarrow (3) \rightarrow (4) \rightarrow (1)$?

- | | |
|---------|---------|
| 1. 32%; | 3. 5%; |
| 2. 35%; | 4. 38%. |

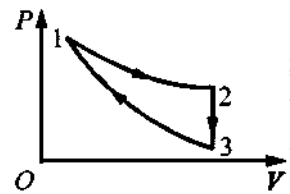


57. В ідеальному газі спочатку протікає цикл (a): $(1) \rightarrow (2) \rightarrow (3) \rightarrow (1)$, а згодом – цикл (b): $(3) \rightarrow (2) \rightarrow (4) \rightarrow (3)$. Якщо Q_a і Q_b – кількості тепла, які газ отримав відповідно в циклах (a) та (b), то справедливе твердження:

- | | |
|---------------------|------------------|
| 1. $Q_a \leq Q_b$; | 3. $Q_a = Q_b$; |
| 2. $Q_a > Q_b$; | 4. $Q_a < Q_b$. |

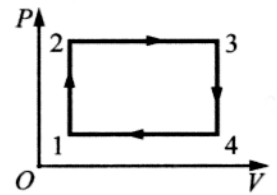


58. У кисні протікає замкнений термодинамічний процес, який реалізується шляхом трьох послідовних процесів: ізотермічного, ізохорного та адіабатного. Яку механічну роботу виконує кисень у адіабатному процесі, якщо в ізохорному від нього відводять кількість тепла 8,3 кДж?



1. -4,2 кДж;
2. 8,3 кДж;
3. -8,3 кДж;
4. 4,2 кДж.

59. У водні протікає циклічний термодинамічний процес, у якому точки (2) і (4) лежать на одній ізотермі. Найнижча і найвища температури у процесі становлять відповідно 17°C і 627°C. Яка термодинамічна ефективність циклу? Молекули водню двохатомні жорсткі.



1. 3,4%;
2. 8,6%;
3. 9,8%;
4. 17%

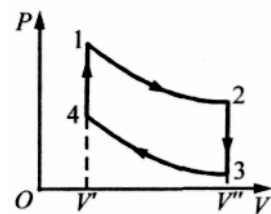
60. Температура робочого тіла теплового двигуна під час робочого циклу змінюється в інтервалі $[T_x; T_H]$. При цьому робоче тіло впродовж циклу отримує від нагрівників кількість тепла Q_H і віддає холодильникам кількість тепла Q_x ($Q_H > 0$; $Q_x < 0$). Термодинамічну ефективність (ККД) теплового двигуна η визначає співвідношення:

1. $\eta = 1 + \frac{Q_x}{Q_H}$;
2. $\eta = 1 - \frac{T_H}{T_x}$;
3. $\eta = 1 - \frac{T_x}{T_H}$;
4. $\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_H}$.

61. Ідеальний тепловий двигун має термодинамічну ефективність 20%. Наскільки відсотків слід змінити температуру нагрівника за незмінної температури холодильника, щоб ефективність цього двигуна зросла до 40%?

1. зменшити на 20%;
2. зменшити на 33%;
3. збільшити на 20%;
4. збільшити на 33%.

62. Роботу карбюраторного (бензинового) двигуна внутрішнього згоряння можна моделювати циклом Отто, який складається із двох адіабат і двох ізохор. Ступінь стиску робочої суміші – продуктів згоряння бензину та повітря – становить $V''/V' = n=5$,



а її адіабатна стала близька до 1,3. Який теоретичний ККД карбюраторного двигуна внутрішнього згоряння?

1. 46%;
2. 27%;
3. 38%;
4. 52%.

63. Робоче тіло теплового двигуна впродовж робочого циклу отримує від нагрівників і віддає холодильникам кількості тепла відповідно $Q_n > 0$ і $Q_x < 0$. Якщо A^* – механічна робота, яку робоче тіло виконує упродовж циклу, то справедлива рівність:

1. $Q_x - Q_n - A^* = 0$;
2. $Q_x + Q_n - A^* = 0$;
3. $Q_x + Q_n + A^* = 0$;
4. $Q_x - Q_n + A^* = 0$.

64. Тепловий двигун працює за циклом Карно в інтервалі температур $27\text{ }^\circ\text{C}$ і $727\text{ }^\circ\text{C}$. Середня за цикл теплова потужність, яку отримує робоче тіло двигуна від нагрівника, дорівнює 10,0 кВт. Яку середню за цикл теплову потужність отримує від робочого тіла холодильник?

1. 3,0 кВт;
2. 5,0 кВт;
3. 7,5 кВт;
4. 10 кВт.

65. Термодинамічний цикл, який протікає у гелії, складається із двох ізобар і двох адіабат. Під час циклу тиск гелію змінюється у 8 разів. Яка термодинамічна ефективність циклу? Адіабатна стала гелію дорівнює $5/3$.

1. 67%;
2. 48%;
3. 32%;
4. 56%.

66. Робоче тіло холодильної машини впродовж робочого циклу отримує від «холодних тіл» (уміст робочої камери) і віддає «нагрітим тілам» (середовищу) кількості тепла відповідно $Q_x > 0$ і $Q_n < 0$. Якщо A – механічна робота, яку виконують над робочим тілом упродовж циклу, то справедлива рівність:

1. $Q_x - Q_n + A = 0$;
2. $Q_x - Q_n - A = 0$;
3. $Q_x + Q_n - A = 0$;
4. $Q_x + Q_n + A = 0$.

67. Холодильна машина працює за квазістатичним циклом, оберненим щодо робочого циклу деякого теплового двигуна. Термодинамічна ефективність (ККД) останнього становить 25%. Який холодильний коефіцієнт холодильної машини?

1. 2;
2. 3;
3. 4;
4. 5.

68. Холодильна машина працює за циклом, оберненим щодо циклу Карно. Термодинамічна температура робочої камери

холодильної машини на 10% нижча, ніж температура середовища, а середня корисна механічна потужність її двигуна дорівнює 50 Вт. Яку кількість тепла отримує середовище від холодильної машини впродовж однієї години неперервної роботи?

1. 1,1 МДж;
2. 1,6 МДж;
3. 1,8 МДж;
4. 3,6 МДж.

69. Яке з наведених нижче тверджень правильне?

1. Ентропія ізольованої термодинамічної системи в стані термодинамічної рівноваги максимальна.

2. Ентропія ізольованої термодинамічної системи в стані термодинамічної рівноваги мінімальна.

3. В оборотних термодинамічних процесах ентропія ізольованих термодинамічних систем не змінюється.

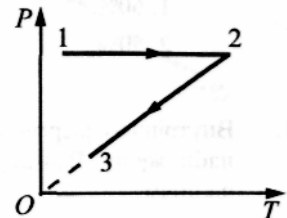
4. В оборотних термодинамічних процесах ентропія ізольованої термодинамічної системи зменшується.

70. Воду, маса якої дорівнює 150 г, нагрівають від температури 0 °С до 100 °С, а потім половина води випає. Яка зміна ентропії води в цьому термодинамічному процесі? Питома теплоємність води дорівнює 4,2 кДж/(кг·К), а питома тепло пароутворення становить 2,3 кДж/г.

1. 370 Дж/К;
2. 200 Дж/К;
3. 660 Дж/К;
4. 460 Дж/К.

71. Кисень, маса якого дорівнює 16,0 г, ізотермічно стискають. Зміна ентропії кисню в процесі становить (-16,6) Дж/К. Який об'єм кисню в кінцевому стані, якщо його початковий об'єм дорівнює 100 л? Кисень вважати ідеальним газом. Атомна маса кисню дорівнює 32,0 а.о.м.

1. 10,8 л;
2. 13,5 л;
3. 6,32 л;
4. 1,83 л.



72. Для довільного елементарного термодинамічного процесу справедливе таке твердження:

1. $TdS = dU + \delta A^*$;
2. $TdS \geq dU + \delta A^*$;
3. $TdS \leq dU + \delta A^*$;
4. $TdS > dU + \delta A^*$.

де dS та dU – елементарні зміни відповідно ентропії та внутрішньої енергії термодинамічної системи;

δA^* – елементарна механічна робота, яку виконала ТДС;

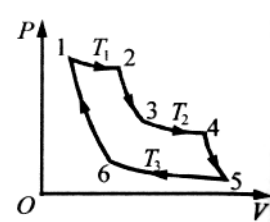
T – температура ТДС упродовж елементарного процесу.

73. У водні протікає квазістатичний термодинамічний процес (1)→(2)→(3), який зображено на PT -діаграмі: $V_2/V_1 = P_2/P_3 = e = 2,72$.

Маса водню дорівнює 10,0 г. Яка зміна ентропії водню в процесі? Водень вважати ідеальним газом, молекули якого двохатомні жорсткі. Молярна маса водню дорівнює 2,0 г/моль.

1. 250 Дж/К;
2. 0 Дж/К;
3. -42 Дж/К;
4. 42 Дж/К.

74. На PV -діаграмі зображено термодинамічний цикл, який протікає в ідеальному газі з незмінною кількістю речовини. Він складається лише з ізотерм з температурами T_1 , T_2 і T_3 та адиабат. Об'єми газу задовольняють умову $V_2/V_1 = V_4/V_3$, а температури становлять: $T_1=1000$ К, $T_2=500$ К, $T_3 = 300$ К. Яка термодинамічна ефективність циклу?



1. 60%;
2. 50%;
3. 40%;
4. 70%.

Відповіді

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Номер варіанта | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 |
| Відповідь | 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 |
| Номер варіанта | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 |
| Відповідь | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 |

б) Запитання

Теплоємність

1. Чи встигає снаряд нагрітись під час руху в стволі гармати під дією гарячих газів?
2. Чому під час приморозків ґрунт іноді зволожують?
3. Чому розташовані поруч ділянки з глинистим і піщаним ґрунтами влітку неоднаково прогріваються (температура першої менша), а восени неоднаково охолоджуються (глинистий ґрунт тепліший)?

Теплота й робота

4. Чому автомобільні ресори роблять не з суцільного сталюого бруска, а з кількох тонких смуг?

5. Яка шина більше нагрівається під час руху автомобіля (при всіх інших однакових умовах): з камерою чи безкамерна?

6. Токар рудника «Ельбрус» Ставропольського краю О. І. Чудиков довів, що прутковий матеріал, циліндричні деталі, труби тощо можна зварити, закріпивши їх на токарному верстаті так, щоб їх торці міцно притиснулись один до одного, і привівши в обертання одну з них. Пояснити, на чому ґрунтується цей метод зварювання.

7. Для вивчення дії перевантажень на організм людини, що виникають при різких змінах швидкості руху, у деяких країнах використовують реактивні візки, які швидко переміщуються по рейках на спеціальних колодках. Хоч ці колодки ковзають, а не котяться; візок може розвинути дуже велику швидкість. Чому заміна кочення ковзанням не привела до зменшення швидкості руху, а, навпаки, сприяє її зростанню?

8. У приладі, використаному Джоулем для визначення механічного еквівалента теплоти, швидкість руху вантажів, що приводили в обертання лопатки приладу, була в багато разів меншою від швидкості руху кінців лопаток. Чому Джоуль так сконструював свій прилад, щоб вантажі рухались дуже повільно?

9. Для чого крила надзвукових літаків перед польотом іноді вкривають шаром спеціальної речовини, яка згоряє під час польоту? Чому вона згоряє?

10. У якій шубі буде тепліше – в білій чи чорній, при рівних інших умовах?

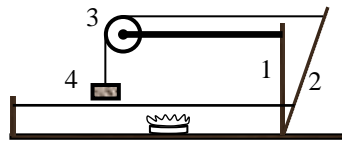
Цикл Карно. Реальні цикли. Холодильна машина

11. Як діятиме теплова машина, якщо в ній здійснюватиметься цикл Карно в зворотному напрямі? Накресліть схему передавання і перетворення тепла в цій машині.

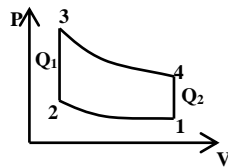
12. Хай газ розширюється, одержуючи ззовні певну кількість теплоти Q_1 , а потім стискається під дією певної зовнішньої сили, виділяючи теплоту Q_2 , яка більша за Q_1 . Робота, виконана зовнішньою силою при

стисканні газу, дорівнює A . Якою буде машина, що здійснює цей процес?

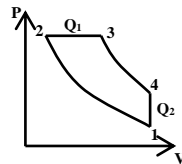
13. На рисунку зображено установку, яка складається з металевого стержня 1, який впирається у важіль 2; до важеля прикріплено нитку, перекинуту через блок 3. До нитки прив'язано гирку 4. При нагріванні стержень 1 розширюється й пересуває важіль, гирка піднімається. При цьому за рахунок затрати теплової енергії виконується механічна робота. Отже, описана установка - це своєрідна теплова машина. Що є в даному разі робочим тілом теплової машини?



14. На рисунку зображено ідеальний цикл газу з підведенням теплоти. За графіком поясніть, які зміни стану газу відбуваються при цьому.



15. Пояснити, як змінюється стан газу, за графіком кругового процесу з підведенням теплоти, зображеним на рисунку.



Паросилові установки

16. Чому, рушаючи з місця, паровоз «пихкає»?

17. Чому треба використовувати пару з низькою вологістю для збільшення строку служби лопаток парової турбіни?

Двигуни внутрішнього згоряння

18. Зазор між стержнем впускного клапана двигуна внутрішнього згоряння і штовхачем менший, ніж між стержнем і штовхачем випускного клапана. Чому?

19. Чому поршні двигунів внутрішнього згорання найчастіше виготовляють з алюмінієвих сплавів?

20. Як зміниться потужність двигуна внутрішнього згорання, якщо зазор між стінками циліндра й поршнем збільшиться?

21. Чому в горах потужність автомобільних двигунів внутрішнього згорання зменшується майже на 20-25 %?

22. У двигунах внутрішнього згорання застосовується така система наддуву: перед заповненням циліндра повітрям останнє стискають компресором. Яке значення має наддув повітря для роботи двигуна?

23. Чому при згоранні пального тиск у циліндрі двигуна сильно зростає?

24. Під час якого такту закриті обидва клапани у чотирьохтактного двигуна.

Реактивні двигуни

25. Які основні перетворення енергії відбуваються в реактивному двигуні?

26. Накресліть графік циклу турбореактивного двигуна.

Відповіді

1. Ні, бо теплоємність снаряда досить велика, а час руху в стволі дуже малий.

2. Вологий ґрунт має більшу теплоємність і охолоджується не так швидко.

3. Теплоємність глинистого ґрунту більша.

4. Внаслідок тертя між пластинами сталі при взаємному їх, переміщенні енергія коливань перетворюється у внутрішню енергію.

5. Перша, оскільки є тертя не тільки між шиною й поверхнею дороги, а й між покришкою й камерою. Крім того, безкамерна шина безпосередньо з усіх боків межує з повітрям, що забезпечує краще відведення тепла.

6. При обертанні однієї з притиснутих деталей виділяється велика кількість тепла в місці стику. Тому деталі в цьому місці зварюються.

7. Внаслідок значного тертя між рейками й колодками метал колодок плавиться й утворює тонкий шар своєрідного «мастила», по якому ковзає візок.

8. При цьому кінетична енергія вантажів була такою незначною, що її можна було знехтувати і вважати, що їх потенціальна енергія майже повністю перетворилась у теплоту.

9. Внаслідок великої швидкості створюється значний опір рухові літака, тому обшивка його сильно розігрівається. Захисний шар сприяє подовженню строку служби літака.

10. Питання зводиться до наступного: яке тіло біле чи чорне сильніше випромінює при однаковій температурі? Покладемо у теплоізолювану посудину з абсолютно відбивними стінками чорне та біле тіло, нагріті до однакової температури. Чорне тіло поглинає випромінювання, яке на нього падає, більш ефективно, ніж біле. Здавалось би, чорне тіло повинно нагріватись, а біле охолоджуватись. Але при цьому буде відбуватись перенос тепла сам по собі від більш холодного до гарячого. А це протирічить другому принципу термодинаміки. Чорне тіло не лише сильніше поглинає, але й випромінює – у цьому випадку різниця температур у посудині між вибраними тілами не появиться і не виникне протиріччя з другим принципом термодинаміки.

Висновок про сильнішу випромінювальну здатність чорного тіла говорить про те, що у білій шубі буде тепліше.

11. Машина такого типу буде ідеальною холодильною машиною, яка «перекачує» тепло від холоднішого тіла до гарячішого завдяки затратам механічної енергії.

12. Це холодильна машина, що забирає тепло у холоднішого A тіла, віддаючи його теплішому: $Q_2 = \frac{A}{k} + Q_1$

13. Стержень 1.

14. Ділянка 1—2 відповідає адіабатному стисненню газу. За рахунок механічної енергії внутрішня енергія газу зростає. Ділянка 2—3 зображає нагрівання газу при сталому об'ємі. При ізохорному процесі підведення теплоти внутрішня енергія газу зростає. Після нагрівання газ адіабатно розширюється (ділянка 3—4), виконуючи роботу за рахунок внутрішньої енергії. Потім газ охолоджується при сталому об'ємі (ділянка 4—1).

15. Лінія 1—2 зображає адіабатне стиснення газу, лінія 2—3 – ізобарне розширення внаслідок нагрівання, лінія 3—4 – адіабатне розширення, 4—1 – ізохорне охолодження газу (повернення до початкового стану).

16. У циліндрах парової машини нагромаджується вода внаслідок конденсації пари під час зупинок. Тому її видувають звідти потужними струменями пари.

17. При швидкому розширенні пари з високою вологістю утворюються досить великі краплі води, які з великою швидкістю бомбардують поверхню лопаток турбіни, що приводить до руйнування поверхневого шару металу.

18. Випускний клапан працює в умовах вищих температур, тому його стержень під час роботи двигуна видовжується більше.

19. У цьому разі поршні легкі, мають велику теплопровідність. Внаслідок невеликої маси поршня навантаження на поршневий палець і шатунні підшипники менше.

20. Ступінь стиску робочої суміші й тиск газів на поршень під час робочого ходу зменшаться, тому потужність двигуна і ККД його також зменшаться.

21. Суміш пари бензину й повітря збагачується паром бензину, температура згорання суміші в циліндрі зменшується, паливо згоряє неповністю.

22. Цим самим у циліндр вводять більшу масу повітря, що сприяє кращому згорянню палива й підвищує потужність двигуна та його економічність.

23. при згоранні палива швидкість хаотичного руху молекул зростає за рахунок енергії, що виділяється. Тиск тим більший, чим інтенсивніше молекули вдаряються об стінки циліндра та дно поршня.

24. Під час стиснення горючої суміші, а також під час робочого ходу.

25. Хімічна енергія палива перетворюється у внутрішню енергію продуктів згорання (невпорядкований тепловий рух), а потім у кінетичну енергію їх упорядкованого витікання з сопла.

26. На рисунку лінія 1—2 характеризує адіабатний стиск повітря в компресорі, 2—3 – нагрівання робочого тіла при сталому тиску, 3—4 – розширення газу в турбіні, а лінія 4—5 – розширення його в соплі двигуна, лінія 5—1 показує відведення частини тепла в атмосферу.

в) Задачі для модульного контролю

1. Балон ємністю 20 л з киснем при тиску 100 ат і температурі 7 °С нагрівається до 27 °С. Яку кількість теплоти при цьому поглинає газ?

2. Один кіломолярний ідеального двохатомного газу розширюється ізотермічно, ізобарно, адіабатно до об'єму у п'ять разів більшого за початковий. При яком із цих процесів робота по розширенню буде найбільшою? Визначити зміну внутрішньої енергії і кількість підведеної теплоти. Вважати початковий стан нормальним.

3. Внутрішня енергія кіломоля ідеального газу при його ізобарному охолодженні від 600 до 50 °С змінилась на $7,2 \cdot 10^6$ Дж. Визначити кількість теплоти, яка виділилась, роботу і число ступенів вільності.

4. Змішано дві частини водню та одна кисню (за об'ємом). Загальна маса суміші 72 г, температура 17 °С. Визначити внутрішню енергію суміші.
5. Цикл Карно здійснюється одним кіломодем азоту. Температура нагрівника 400 К, а холодильника 300 К. Відношення максимального об'єму до мінімального за цикл дорівнює 10. Визначити ККД циклу, кількість теплоти, отриманої від нагрівника і відданої холодильнику, а також роботу за один цикл.
6. Ідеальний трьохатомний газ здійснює цикл, що складається із двох ізохор та двох ізобар. Визначити ККД циклу, якщо $V_1 = 1$ л, $V_2 = 2$ л, $P_1 = 1$ атм, $P_2 = 2$ атм. Вважаючи величини V_1 , V_2 , P_1 , P_2 змінними, які можуть набирати будь-яких значень, визначити найбільший ККД даного циклу.
7. Цикл Карно здійснюється сумішшю рідини та пари і відбувається у тому ж температурному інтервалі, що і цикл попередньої задачі. Визначити ккд циклу Карно.
8. Теплова машина працює за циклом Карно, ККД якого 0,25. Яким буде холодильний коефіцієнт машини, якщо вона буде здійснювати той же цикл у зворотному напрямку. Холодильним коефіцієнтом називається відношення кількості теплоти, забраної від тіла, що охолоджується до роботи двигуна, що приводить у рух машину.
9. 15 г кисню міститься у посудині об'ємом 3 л, 10 г азоту – у посудині об'ємом 2 л, 5 г водню - у посудині об'ємом 1 л. Температури газів однакові. Посудини зеднують, гази перемішуються. Визначити зміну ентропії.
10. Кисень масою 0,45 г займає у початковому стані об'єм 2 л при температурі 10 °С, а в кінцевому – об'єм 10 л при температурі 50 °С. Визначити зміну ентропії кисню при переході з першого стану у другий.
11. 0,3 кг льоду взяли при температурі – 40 °С і перетворили у пару при атмосферному тиску. Визначити зміну ентропії.

- 12.** Ідеальний одноатомний газ ізотермічно стискають при температурі 600 К від об'єму 6 л до об'єму 2 л, а потім повертають у вихідне положення у два прийоми: ізохорно та ізобарно. Визначити ккд циклу Карно, який працює у цьому ж температурному інтервалі та порівняти його з ККД даного циклу. Визначити роботу за цикл.
- 13.** Цикл двигуна Отто складається із двох ізохор та двох адіабат. Коефіцієнт стиснення робочого тіла відомий і рівний $n = V_1/V_2$. Визначити коефіцієнт корисної дії циклу.
- 14.** Цикл двигуна Дизеля складається із ізобари, ізохори та двох адіабат. Коефіцієнт адіабатного стиснення $n = V_1/V_2$, а коефіцієнт ізобарного розширення $k = V_3/V_2$. Визначити коефіцієнт корисної дії циклу.
- 15.** Цикл прямогочного повітряно-реактивного двигуна складається із двох ізобар та двох адіабат. Коефіцієнт адіабатного стиснення $n = P_1/P_4$. Визначити коефіцієнт корисної дії циклу.
- 16.** Доведіть, що при змішуванні двох однакових кількостей води з різною температурою ентропія системи зростає.
- 17.** Холодильник, що працює за оберненим циклом Карно, відбирає певну кількість теплоти від води при температурі 0 °С та передає її кип'ятильнику з температурою 100 °С. Скільки води треба заморозити в морозильній камері холодильника, щоб перетворити в пару 1 кг води в кип'ятильнику?
- 18.** Визначити ККД двигуна, якщо при потужності 60 кВт він витрачає в середньому 12 кг дизельного палива протягом однієї години роботи.
- 19.** ККД теплового двигуна 50%. Яким стане ККД цього двигуна, якщо кількість теплоти, яку він отримує від нагрівника протягом циклу, збільшиться на 20%, а кількість теплоти, що віддає холодильнику, зменшиться на 20 %.
- 20.** Розрахувати потужність, яку споживає кондиціонер, що працює за оберненим циклом Карно, для підтримання в лабораторії температури +18 °С у той час, як температура повітря на вулиці становить +35 °С.

Відомо, що потужність генерування теплоти у приміщенні за рахунок роботи комп'ютерів і проникнення теплоти ззовні становить 0,5 кВт.

21. Густина ρ деякого двоатомного газу при нормальних умовах 1,43 кг/м³. Знайти питомі теплоємності при сталому об'ємі та при сталому тиску цього газу.

22. Знайти ступінь дисоціації α кисню, якщо його питома теплоємність при сталому тиску 1,05 кДж/(кг·К).

23. Під час ізобарного розширення повітря виконало роботу 2 кДж. Визначити зміну його внутрішньої енергії при цьому процесі, якщо молярна теплоємність повітря 20,6 Дж/моль·К.

24. Знайти питому теплоємність при сталому тиску газової суміші, яка складається із 3 кмоль аргону і 2 кмоль азоту.

25. Азот масою 12 г знаходиться у закритій посудині об'ємом 2л при температурі 10 °С. Після нагрівання тиск у посудині став рівним 1,33 МПа. Яку кількість теплоти Q передано газу при нагріванні?

26. У циліндрі під поршнем перебуває газ об'ємом 1 л при тиску 10 МПа. Визначити роботу, яку виконав газ під час ізобарного розширення, якщо його об'єм збільшився втричі.

27. Яку роботу виконав 1 моль повітря під час ізобарного нагрівання на 20 К?

28. ККД теплового двигуна 45%. Яким стане ККД цього двигуна, якщо кількість теплоти, яку він отримує від нагрівника протягом циклу, збільшиться на 15%, а кількість теплоти, що віддає холодильнику, зменшиться на 15%.

29. Двоатомному газу надано кількість теплоти 2,093 кДж. Газ розширюється при сталому тиску. Знайти роботу A розширення газу.

30. У посудині під поршнем знаходиться азот масою 1г. Яку кількість теплоти Q потрібно затратити, щоб нагріти азот на 10 К? На скільки

при цьому підніметься поршень? Маса поршня 1 кг, площа його поперечного розрізу 10 см^2 . Тиск над поршнем 100 кПа.

31. Яку найбільшу механічну роботу можна отримати, використавши айсберг об'ємом 10 км^3 при температурі $0 \text{ }^\circ\text{C}$ як холодильник, а воду океану з температурою $20 \text{ }^\circ\text{C}$ як нагрівник?

32. Холодильник, що працює за оберненим циклом Карно, відбирає певну кількість теплоти від води при температурі $0 \text{ }^\circ\text{C}$ та передає її кип'ятильнику з температурою $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Скільки води треба заморозити в морозильній камері холодильника, щоб перетворити в пару 1 кг води в кип'ятильнику?

33. Азот масою 28 г, який знаходиться при температурі $40 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиску 100 кПа, стискується до об'єму 13 л. Знати температуру і тиск азоту після стискування, якщо процес ізотермічний. Знайти роботу стиску.

34. У посудині під поршнем знаходиться газ при нормальних умовах. Відстань між дном посудини і дном поршня 25 см. Коли на поршень поклали вантаж масою 20 кг, поршень опустився на 13,4 см. Вважаючи стиснення адіабатним, знайти для даного газу співвідношення питомих теплоємностей при сталому тиску та при сталому об'ємі. Площа поперечного перерізу поршня 10 см^2 . Масою поршня знехтувати.

35. Ідеальна холодильна машина, яка працює за зворотним циклом Карно, здійснює за один цикл роботу 37 кДж. При цьому вона бере тепло від тіла з температурою $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ і передає тепло тілу з температурою $17 \text{ }^\circ\text{C}$. Знайти ККД η циклу, кількість теплоти Q_2 , яка віднята у холодного тіла за один цикл і кількість теплоти Q_1 , яка передана більш гарячому тілу за один цикл.

Відповіді

1. 35 кДж
2. $3,86 \cdot 10^6 \text{ Дж}$; $23 \cdot 10^6 \text{ Дж/кмоль}$; $32 \cdot 10^6 \text{ Дж/кмоль}$; $2,66 \cdot 10^6 \text{ Дж}$
3. $11 \cdot 10^6 \text{ Дж}$; $-3,8 \cdot 10^6 \text{ Дж}$; 3
4. 36105 Дж
5. 25%; $6,6 \cdot 10^5 \text{ Дж}$; $1,65 \cdot 10^5 \text{ Дж}$
6. 0,09; 0,25

7. 0,75

8. 3

9. 43,25 кДж/К

10. 0,19 кДж/К

11. 2640 Дж/К

12. 0,176; 0,67; $5,5 \cdot 10^6$ Дж

13.
$$\eta = 1 - \frac{1}{n^{\gamma-1}}$$

14.
$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{\kappa^\gamma - 1}{n^{\gamma-1}(\kappa - 1)}$$

15.
$$\eta = 1 - \frac{1}{n^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}$$

Змістовий модуль 4

Основні формули

Молекулярні сили в рідинах

1. Тиск **Лапласа** під викривленою поверхнею рідини:

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

де

σ – коефіцієнт поверхневого натягу,

R_1, R_2 – головні радіуси кривизни,

Δp – різниця тисків у середовищах, які граничать між собою.

2. **Робота при ізотермічному збільшенні поверхні рідини** на величину ΔS :

$$A = \sigma \cdot \Delta S$$

3. **Висота підняття рідини в капілярних трубках:**

$$h = \frac{2\sigma \cdot \cos \theta}{r \cdot g \cdot \rho},$$

де θ – крайовий кут, r – радіус капіляра, ρ – густина рідини.

4. **Зміна поверхневого натягу з температурою:**

$$\frac{\Delta \sigma}{\Delta T} = -\frac{Q}{T},$$

де Q – кількість теплоти, яку отримує поверхня рідини ззовні при збільшенні поверхні на 1 см^2 .

5. **Сила зчеплення між пластинками, які змочені рідиною:**

$$F = \Delta p S = \frac{2\sigma S}{d},$$

де d – відстань між пластинками.

Властивості парів та фазові перетворення

При обчисленнях, які стосуються тиску та густини насиченої пари слід при малих густинах парів користуватися рівнянням для ідеальних газів, а при великих густинах парів – рівнянням Ван-дер-Ваальса.

1. **Тиск пари** поблизу сферичної поверхні рідини:

$$P = P_o + \frac{2\rho_1\sigma}{\rho_2 r} ,$$

де

σ – поверхневий натяг,

r – радіус сфери,

P_o – тиск пари поблизу плоскої поверхні,

ρ_1, ρ_2 – густина пари та рідини.

2. Рівняння **Клапейрона-Клаузіуса**:

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\lambda}{T(V^{II} - V^I)} ,$$

де λ – теплота переходу, V^{II}, V^I – об'єми другої та першої фаз.

Властивості розчинів

Кількість газу, розчиненого в рідині, пропорційна парціальному тиску цього газу над рідиною.

1. **Осмотичний тиск** для недисоціюючих речовин:

$$\Pi = \frac{mRT}{\mu V} ,$$

де

m – маса розчиненої речовини, μ – молярна маса, V – об'єм розчину.

2. **Осмотичний тиск** для дисоціюючих речовин:

$$\Pi = [1 + \alpha(K - 1)] \frac{mRT}{\mu V} ,$$

де

α – частка дисоційованої речовини,

K – число іонів, які отримують при дисоціації однієї молекули.

Завдання для самоконтролю та контролю за самостійною роботою
а) Тести

Рідини і тверді тіла

1. Які властивості твердого тіла є у рідині?

- а) зберігає об'єм, утворює поверхню, не володіє міцністю на розрив;
- б) не зберігає об'єм, утворює поверхню, володіє міцністю на розрив;
- в) зберігає об'єм, утворює поверхню, володіє міцністю на розрив.

2. Які властивості газів є у рідині?

- а) зберігає форму посудини і неперервно не може перейти в газ;
- б) зберігає форму посудини і неперервно може перейти в газ;
- в) не зберігає форму посудини і неперервно може перейти в газ.

3. Основною різницею між рідинами і газами є те, що:

- а) повна енергія молекул рідини є меншою нуля, а повна енергія молекул газу є більшою нуля;
- б) повна енергія молекул рідини є більшою нуля, а повна енергія молекул газу є меншою нуля;
- в) повна енергія рідини рівна нулю, а повна енергія газу більша нуля.

4. Чим пояснюється ізотропність нормальних рідин?

- а) присутністю далекого порядку у взаємних розміщеннях та орієнтації частинок;
- б) відсутністю близького порядку у взаємних розміщеннях та орієнтації частинок;
- в) відсутністю далекого порядку у взаємних розміщеннях та орієнтації частинок.

5. Як сили притягання змінюються з відстанню, які діють між молекулами в рідині?

- а) швидко збільшується;
- б) швидко зменшується;
- в) змін не відбувається;
- г) правильної відповіді не існує.

6. Система у ізотермічних умовах прагне досягнути стану:

- а) з максимальною енергією;
- б) з мінімальною енергією;
- в) енергія лишається незмінною.

7. Завдяки чому виникає поверхневий натяг рідини?

- а) внаслідок того, що концентрація молекул у поверхневому шарі більша, ніж у середині рідини;
- б) завдяки тому, що концентрація молекул у поверхневому шарі залишається незмінною;

в) завдяки тому, що концентрація молекул у поверхневому шарі менша, ніж у середині рідини;

г) правильна відповідь відсутня.

8. Як зміниться сила поверхневого натягу рідини із збільшенням площі поверхні?

а) збільшується; б) зменшується; в) не зміниться.

9. Як змінюється сила поверхневого натягу рідини із зменшенням температури?

а) збільшується; б) зменшується; в) не змінюється.

10. Яка із наведених нижче формул відповідає залежності тиску, який чинить на рідину сферична поверхня і радіусу кривизни поверхні?

а) $P = 2\sigma R$; б) $P = \frac{R}{2\sigma}$; в) $P = \frac{2\sigma}{R}$.

11. Яка із формул відповідає формулі Лапласа?

а) $P = \sigma(R_1 + R_2)$; б) $P = \sigma\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$; в) $P = \sigma \frac{R_1 + R_2}{R_1}$.

12. Яка із формул відповідає формулі залежності між потенціальною енергією, яку має поверхневий шар рідини і площею цього шару?

а) $U = \frac{\sigma}{S}$; б) $U = 2\sigma S$; в) $U = \sigma S$.

13. У якому випадку говорять, що рідина змочує тверде тіло?

а) тоді, коли сили взаємодії між молекулами рідини і твердого тіла менші за сили взаємодії між молекулами рідини;

б) тоді, коли сили взаємодії між молекулами рідини і твердого тіла і між молекулами рідини однакові;

в) тоді, коли сили взаємодії між молекулами рідини і твердого тіла більші, ніж сили взаємодії між молекулами рідини.

14. У якому випадку говорять, що рідина не змочує твердого тіла?

а) тоді, коли сили взаємодії між молекулами рідини і твердого тіла менші за сили взаємодії між молекулами рідини;

б) тоді, коли сили взаємодії між молекулами рідини і твердого тіла і між молекулами рідини однакові;

в) тоді, коли сили взаємодії між молекулами рідини і твердого тіла більші, ніж сили взаємодії між молекулами рідини.

15. Яка із формул визначає висоту стовпа рідини для випадку повного змочування стінки капіляра?

а) $h_{\max} = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho gr}$; б) $h_{\max} = \frac{\sigma}{\rho gr}$; в) $h_{\max} = \frac{2\sigma}{\rho gr}$.

16. Якщо випаровування відбувається з плоскої поверхні, то....:

- а) змінюється площа поверхні і відповідно поверхнева енергія;
б) змінюється площа поверхні, а поверхнева енергія ні;
в) площа поверхні і поверхнева енергія не змінюються.

17. Якщо випаровування відбувається зі сферичної поверхні, то...:

- а) змінюється площа поверхні і відповідно поверхнева енергія;
б) змінюється площа поверхні, а поверхнева енергія ні;
в) площа поверхні і поверхнева енергія не змінюються.

18. Яка з формул відповідає формулі знаходження насиченої пари над вгнутою поверхнею рідини у випадку змочування?

а) $P' = P_o + \rho gh$; б) $P' = P_o + 2\rho gh$; в) $P' = P_o - \rho gh$.

19. Яка із формул відповідає закону Вант-Гоффа?

а) $P = c \frac{kT}{\mu}$; б) $P = c \frac{RT}{\mu}$; в) $P = \frac{c\mu}{RT}$.

20. Чим є розчини для яких підтверджується формула Вант-Гоффа?

- а) ізоляторам; б) провідниками; в) ізоляторам і провідниками.

21. Прямий перехід твердого тіла в газоподібний стан називається...:

- а) випаровування; в) сублімація;
б) ресублімація; г) кристалізація.

22. Від яких параметрів не залежить теплоємність твердих тіл...:

- а) від природи тіла; в) від природи тіла і від температури;
б) від температури; г) правильна відповідь відсутня.

23. Під час фазових переходів другого роду в точці переходу змінюється стрибкоподібно...:

- а) ентропія; в) ентропія і теплоємність;
б) теплоємність; г) правильна відповідь відсутня.

24. Внаслідок яких коливань виникає теплове розширення твердих тіл?

- а) гармонічних; в) гармонічних і ангармонічних;
б) ангармонічних; г) правильна відповідь відсутня.

25. Під час фазових переходів першого роду в точці переходу змінюється стрибкоподібно...:

34. Наведені нижче графіки відображають ізотермічні процеси, які протікають у газоподібній речовині. Вкажіть графік, який якісно



Рис. 1

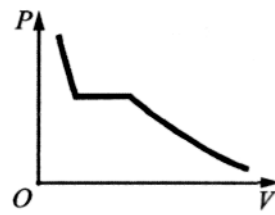


Рис. 3

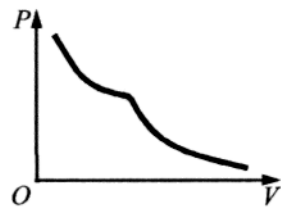


Рис. 2

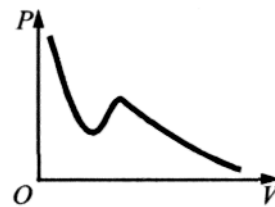


Рис. 4

правильно описує стискання вологого повітря (у початковому стані водяна пара ненасичена).

35. У закритому з обох кінців горизонтальному циліндрі завдовжки 40 см, площа поперечного перерізу якого дорівнює $0,50 \text{ дм}^2$, ковзає без тертя тонкий поршень. У циліндр ліворуч від поршня вводять воду, маса якої дорівнює 1,2 г, а праворуч – азот, маса якого дорівнює 1,4 г. Циліндр нагрівають до температури $100 \text{ }^\circ\text{C}$. На якій відстані від лівого дна циліндра перебуває поршень у стані рівноваги? Атомні маси молекул води й азоту відповідно становлять 18 а. о. м. та 28 а. о. м.

- | | |
|------------|------------|
| 1. 9,3 см; | 3. 16 см; |
| 2. 20 см; | 4. 6,7 см. |

36. Густина повітря визначають двічі: влітку за температури $30 \text{ }^\circ\text{C}$ і відносної вологості 45% та восени за температури $0 \text{ }^\circ\text{C}$ і відносної вологості 90%. Тиск насиченої водяної пари за температури $30 \text{ }^\circ\text{C}$ дорівнює 4,24 кПа, а за температури $0 \text{ }^\circ\text{C}$ – 0,61 кПа. Яка різниця густин ($\rho_1 - \rho_2$) вологого повітря влітку ρ_1 та восени ρ_2 ?

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. 158 г/м^3 ; | 3. 136 г/м^3 ; |
| 2. -136 г/м^3 ; | 4. -158 г/м^3 . |

37. Густина деякої речовини внаслідок плавлення збільшується. Внаслідок збільшення тиску на поверхню речовини температура плавлення цієї речовини:

1. не змінюється;
2. підвищується;
3. знижується;
4. поводитья по-різному, залежно від хімічного складу.

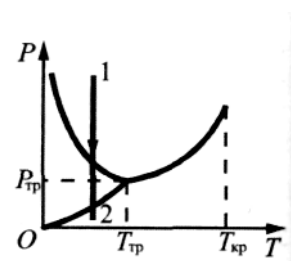
38. Воду, маса якої дорівнює 500 г, після кропіткого очищення помістили в теплоізолювану посудину з гладкими стінками й охолодили до температури $(-15)^\circ\text{C}$. Посудину різко струсили. Лід якої маси утворюється в посудині внаслідок струшування? Питома теплоємність води дорівнює $4,2 \text{ Дж}/(\text{г}\cdot\text{K})$, а питома теплота плавлення льоду становить $330 \text{ Дж}/\text{г}$.

1. 87 г;
2. 95 г;
3. 67 г;
4. 55 г.

39. У каstrулі-скороварці слід забезпечити температуру кипіння 112°C . Каstrуля має клапан, що закриває отвір, діаметр якого дорівнює $4,0 \text{ мм}$. Поблизу температури 100°C тиск насиченої пари води зростає на 20% при збільшенні температури на кожні 6°C . Яка маса клапана, що забезпечує необхідний температурний режим? До моменту досягнення температури 100°C клапан був відкритий.

1. 48 г;
2. 64 г;
3. 32 г.
4. 57 г.

40. На рисунку схематично зображена фазова діаграма речовини, яка в рідкому стані відома під назвою «вода». На рисунку $T_{кр}$ – критична температура, а $T_{тр}$ – температура потрійної точки. Під час термодинамічного процесу (1) \rightarrow (2) у речовині послідовно відбуваються фазові переходи:



1. ресублимація; плавлення;
2. плавлення; випаровування;
3. випаровування; конденсація;
4. кристалізація; сублімація.

41. У теплоізолювану посудину помістили воду за температури 0°C . Об'єм води дорівнює 200 мл . Швидко відсмоктуючи повітря з посудини, воду заморожують. Лід якої максимальної маси можна отримати в такий спосіб? Питоме тепло пароутворення води за температури 0°C дорівнює $2,5 \text{ кДж}/\text{г}$, а

питоме тепло плавлення – льоду 330 Дж/г. Густину води прийняти такою, що дорівнює $1,0 \text{ г/см}^3$.

1. 160 г;
2. 150 г;
3. 180 г;
4. 140 г.

42. Тиск на поверхню шматка льоду зростає від 1,0 атм до 100 атм. На скільки від цього змінюється температура плавлення льоду $T_{пл}$? З достатньою для даної задачі точністю густину льоду й води за температури й тиску, близьких до нормальних, можна вважати такими, що дорівнюють відповідно $0,916 \text{ г/см}^3$ і $1,000 \text{ г/см}^3$. Питоме тепло плавлення льоду в даному діапазоні тисків від тиску практично не залежить і дорівнює 330 Дж/г.

1. $\Delta T_{пл} = -0,76\text{K}$;
2. $\Delta T_{пл} = 0,76\text{K}$;
3. $\Delta T_{пл} = -1,86\text{K}$;
4. $\Delta T_{пл} = 1,52\text{K}$.

43. Мильна бульбашка з тонкою стінкою, радіус якої r перебуває у повітрі. Атмосферний тиск становить P_o ; коефіцієнт поверхневого натягу мильної води дорівнює σ . Тиск повітря P всередині бульбашки становить:

1. $P = P_o + \frac{\sigma}{r}$;
2. $P = P_o + \frac{2\sigma}{r}$;
3. $P = P_o - \frac{4\sigma}{r}$;
4. $P = P_o + \frac{4\sigma}{r}$.

44. Тисяча мікроскопічних крапель ртуті, радіус кожної з яких дорівнює 500 мкм, швидко зливаються в одну велику краплю. Яка зміна температури ртуті внаслідок такого злиття? Густина ртуті дорівнює $13,6 \text{ г/см}^3$; питома теплоємність – $125 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$; коефіцієнт поверхневого натягу – 510 мН/м .

1. 1,8 мК;
2. -1,6 мК;
3. 1,6 мК;
4. 0,57 мК.

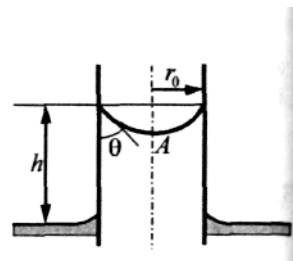
45. Біля дна озера утворилася мікроскопічна бульбашка, радіус якої дорівнює 2,0 мкм. Під час підйому бульбашки її радіус біля поверхні озера дорівнює 2,2 мкм. Яка глибина озера? Підйом бульбашки ізотермічний, атмосферний тиск нормальний. Густина води дорівнює $1,0 \text{ г/см}^3$, а коефіцієнт поверхневого натягу води становить 73 мН/м . Випаровуванням води в бульбашку знехтувати.

1. 12,5 м;
3. 7,5 м;

2. 5,0 м;

4. 10,0 м.

46. Рідина, яка змочує капіляр частково, піднімається у ньому на висоту h . Внутрішній радіус капіляра дорівнює r_0 , а крайовий кут – θ . Коефіцієнт поверхневого натягу рідини дорівнює σ . Різниця тисків під і над поверхнею рідини поблизу точки A становить:



1. $-\frac{2\sigma}{r_0} \cos \theta$;

3. $\frac{2\sigma}{r_0} \cos \theta$;

2. $-\frac{\sigma}{r_0} \cos \theta$;

4. $\frac{\sigma}{r_0} \cos \theta$.

47. Яку механічну роботу виконують сили поверхневого натягу під час піднімання рідини з коефіцієнтом поверхневого натягу σ і густиною ρ у циліндричному капілярі? Змочування повне.

1. $\pi\sigma^2 / g\rho$;

3. $2\pi\sigma^2 / g\rho$;

2. $8\pi\sigma^2 / g\rho$;

4. $4\pi\sigma^2 / g\rho$.

де g – прискорення вільного падіння.

48. Дві вертикальні паралельні скляні пластини, віддаль між якими становить 0,10 мм, занурюють у ртуть. На скільки відрізняються рівні ртуті між пластинами та за її межами, якщо крайовий кут дорівнює 135° ?

Коефіцієнт поверхневого натягу ртуті дорівнює 510 мН/м.

1. 76 мм;

3. 54 мм;

2. 110 мм;

4. 150 мм.

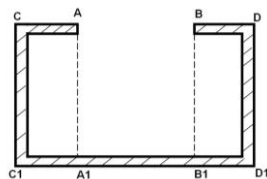
Відповіді

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Номер варіанта | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| Відповідь | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 3 |

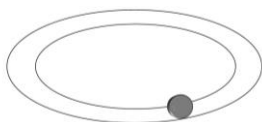
б) Запитання

Теплове розширення твердих тіл

1. Чому листи сухої штукатурки прибивають до стін так, щоб між нижньою кромкою листа й підлогою залишався невеликий зазор?
2. Чому сталеві балки перекриття наглухо закріплюють лише з одного боку, залишаючи між другим кінцем балки й кладкою зазор?
3. Чому труби газопроводів часто прокладають не по прямій, а по хвилястій лінії?
4. Яке призначення так званих температурних швів між окремими секціями греблі, що заповнюються спеціальною пружною речовиною та прокладками з гофрованого заліза?
5. Чому на трамвайних коліях температурні зазори між рейками роблять не через 10 м, як на залізниці, а через 100 м?
6. Якщо в тонкостінну алюмінієву або латунну трубку, розташовану горизонтально, лити гарячу воду, трубка вигинається. Поясніть це явище.
7. Як зміниться відстань AB між кінцями металевої скоби AC_1D_1B при її нагріванні?



8. Для ремонту вали турбогенераторів виймають, охолоджуючи рідким киснем. З якою метою охолоджують вали?
9. На два свинцеві концентричні кільця поклали розжарену сталеву кульку. При цьому кулька почала рухатись по «рейках», утворених кільцями. Як пояснити це явище?



10. Коли струнний інструмент винести на мороз, натяг струн його збільшується. Який висновок можна зробити про коефіцієнт лінійного розширення сталі (з неї зроблені струни) і дерева, з якого виготовлено корпус інструмента?

11. Два куски одного металу з різною масою й неоднаковою температурою дотикаються один до одного. Чи зміниться їх сумарний об'єм, якщо більш нагрітий кусок металу передасть частину теплоти холоднішому?

12. Циліндричні деталі при загартуванні треба охолоджувати так, щоб одразу охолоджувалась уся деталь, або опускати деталь у загартовуючу рідину строго вертикально. Чому?

13. При термічному бурінні гірських порід із сопла спеціального пальника з швидкістю до 2 км/с вилітає струмінь газів, розжарених до 2000—2500°C. Якщо його спрямувати на гірську породу, вона швидко розтріскується й легко сколюється. Поясніть, на чому ґрунтується використання термічного буріння в гірничій техніці.

14. Після розкатування розплавленого скла лист охолоджують протягом кількох діб у камері, де підтримується досить висока температура. Чому?

15. Спеціальні сорти скла виготовляють, обдуваючи розігрітий лист потоком холодного повітря. Чому це надає листу скла більшої міцності?

16. З якою метою на кінці маятників точних годинників встановлюють чашечки з ртуттю?

Теплове розширення рідин

17. На чутливих терезах зрівноважено посудину з гасом. Чи порушиться рівновага терезів, якщо гас нагріти?

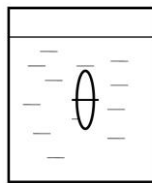
18. У скляний циліндр налито рідину при температурі T_1 . Циліндр занурили у воду, температура якої T_2 . Як зміниться рівень рідини в

циліндрі, якщо коефіцієнт об'ємного розширення рідини: а) менший, ніж у скла? б) більший за коефіцієнт об'ємного розширення скла?

19. Щоб земснаряд міг працювати в зимових умовах, у водоймі під днищем земснаряда встановлюють труби, які забезпечують подачу води за допомогою насосів з дна водойми на поверхню. Поясніть суть цього методу.

20. Останнім часом для підтримання фарватерів на річках і озерах вільними від криги на дні під трасою фарватеру прокладають труби з пластику, в стінках яких зроблено багато дрібних отворів. Коли в труби накачують повітря, траса фарватеру не вкривається кригою. Поясніть, на чому ґрунтується цей метод.

21. Поплавець перебуває у воді. Як зміниться його положення, якщо: а) нагріти середні шари води? б) охолодити їх до 4° ?



22. Поплавець плаває у воді поблизу дна посудини. Що буде з поплавцем, якщо верхній шар води в посудині: а) нагріти? б) охолодити не нижче 4° ?

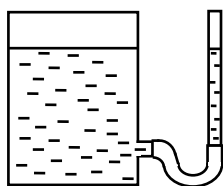
23. Чому крига на штучних озерах і водоймах, утворених при затопленні ділянок, де збереглися залишки цегляних будівель, буде менш міцною саме над тими місцями, де на дні водойми знаходяться ці залишки?

Поверхневий натяг

24. Якщо в паперову коробочку налити води, стінки її зблизяться. Чому?

25. Вузька скляна трубочка сполучена гумовою грубкою з посудиною, наповненою ртуттю. Якщо обережно опускати трубочку так, щоб її кінець опинився нижче рівня ртуті в посудині, ртуть не

виллється з трубочки, лише її поверхня на кінці трубочки набуде опуклої форми. Чим це пояснюється?

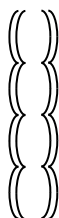


26. Чому тонка струминка меду, який виливають з посудини, в момент розриву на кінці збирається в кульку, що переміщується вгору?

27. Чому листя латаття й інших водяних рослин здається гладеньким на воді, а вийняте з води виявляється вкритим «зморшками»?

28. На кінцях двох соломинок видули дві мильні бульбашки різного діаметра й сполучили вільні кінці соломинок. Чому при цьому менша бульбашка почала зменшуватись, а більша — рости?

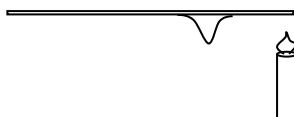
29. У вузькій скляній трубці з хвилястими стінками краплі води відокремлені одна від одної повітряними пухирцями. Чому важко продати таку трубку?



30. Чому в момент відриву краплі води від кінця трубочки утворюється друга, маленька крапля?



31. На горизонтальній дротині висить крапля води. Що буде з краплею, якщо один кінець дротини нагрівати?



32. Існує ефективний метод контролю якості сталі, який полягає у вивченні співвідношення між діаметром та висотою краплі розплавленої сталі за допомогою збільшеної фотографії. На чому ґрунтується цей метод?

33. Якщо на поверхню води, налитій в плоску тарілку, крапнути кілька крапель спирту, вода в цьому місці розтечеться так, що може навіть оголитись дно тарілки. Поясніть це явище.

34. Насипавши на поверхню води кілька крупинок камфори, можна спостерігати їх хаотичний рух. Чим зумовлений цей «танок» частинок камфори?

35. З розжареного метеора здуваються краплі розплавленого металу. Чому ці дрібні краплі при твердненні набирають форми кульок?

36. Американський фізик Ленгмюр в одному з своїх дослідів клав на поверхню чистої води дві смужки паперу, просоченого парафіном. Коли одну з них переміщували по поверхні води, інша залишалась нерухомою. А коли вчений впустив у воду між смужками кілька крапель жирної кислоти, розчиненої в бензолі, смужки розійшлись. Тепер при переміщенні однієї з них переміщувалась і друга. Поясніть ці явища. В який бік переміщується друга смужка?

37. У дві однакові піпетки набирають воду до одного і того ж рівня: в одну – холодну, у іншу – гарячу. Піпетки опорожняють і рахують краплини. З якої піпетки упаде їх більше?

Змочування

38. Чому воду можна виливати із скляної пляшечки по краплях, а ртуть виливається вся одразу?

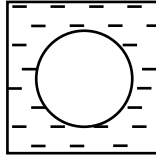
39. Чому молоко не википає з посудини, краї якої змащені жиром?

40. Чому форми для випікання хліба перед тим, як вмістити в них тісто, змащують олією?

41. З якою метою тертьові поверхні хромованих деталей перед застосуванням деталі травлять кислотою?

42. Чому акварельними фарбами не можна малювати на папері, до якого часто доторкаються руками?

43. З якою метою паперові пакети для молока просочують парафіном?
44. Металеву кульку, вкриту шаром сажі, занурили у воду. Якою вона буде: мокрою чи сухою, коли її вийняти з води?
45. Яку форму матиме крапля води на графітовій пластинці?
46. Скляні балони для радіоламп промивають у гарячій воді, а потім полощуть дистильованою водою. Чому балон вважається чистим, якщо вода при полосканні розтікається по поверхні скла рівним шаром?
47. З якою метою на кінці писального пера роблять насічку?
48. Яка властивість рідин використовується в ловильних поясах - паперових стрічках, вкритих в'язкою рідиною? Таку стрічку прикріплюють на нижній частині стовбура, щоб уберегти його від гусені.
49. Для очищення повітря на деяких підприємствах застосовують розпилення дрібних крапель води. На чому ґрунтується цей спосіб?
50. Чому для зменшення запиленості повітря в шахтах розбризкують водний розчин мила?
51. На вітровому склі автомобіля, вкритому тонкою прозорою плівкою кремнійорганічних речовин, краплі дощу не розтікаються, а легко здуваються зустрічним потоком повітря. Чому?
52. Для збільшення виходу нафти у нафтоносний пласт пісковика накачують воду. Чому у воду часто добавляють жирних кислот або жирних спиртів?
53. Космонавт П. Р. Попович спостерігав, що вода в закритій скляній посудині при настанні стану невагомості розміщувалась тонким шаром біля внутрішньої поверхні посудини, а середня частина посудини була заповнена повітрям. Чим це пояснюється?



54. Для чого перед фарбуванням шкіру обробляють жирними спиртами?

55. Відомо, що флотацію провадять за декілька прийомів: спочатку у флотаційні машини завантажують подрібнену руду, потім кусочки, зібрані разом з піною, висушують і подрібнюють ще раз. Після нової обробки цей процес повторюють ще кілька разів, все більше подрібнюючи руду. Чому руду відразу не подрібнюють на малі частинки?

56. Чому на поверхні гасу та багатьох інших горючих рідин ніколи не буває пилу?

Капілярність

57. У тайзі чи Заполяр'ї для розпалювання багаття часто користуються цеглиною, яку кілька днів протримали в гасі. Чому гас просочує цеглину? Чому він довго тримається в ній?

58. Чому розчинення у воді куска цукру-рафінаду супроводжується легким шипінням?

59. Чому гігроскопічні тверді тіла, поглинаючи вологу, набухають, а висихаючи, тріскаються?

60. Чому ґрунт після дощу на спортмайданчиках висихає швидше, ніж на сусідніх ділянках?

61. На чому ґрунтується метод лікування й підживлення рослин розбризуванням розчину антибіотиків чи добрив так, щоб вони потрапляли на поверхню листя?

62. Які фізичні явища лежать в основі методу облагороджування деревини? За цим методом у стовбурі дерева недалеко від коренів

просвердлюють отвір і вводять у нього шланг, сполучений з посудиною, в якій знаходиться розчин барвників.

63. Чому у деяких рослин вологого клімату краї листків мають багато пор?

64. Чи порушиться рух води й мінеральних речовин в рослинах в умовах невагомості?

65. Для гасіння тліючих пожеж в лісі, тліючої бавовни, сіна тощо використовують воду з домішками, які збільшують змочувальну здатність води. Чим зумовлене застосування цих домішок?

66. Металокерамічні втулки, вкладиші та інше, які мають велику пористість, використовують без спеціальних систем змащення, лише витримуючи їх перед вживанням деякий час у мастилі. Чому цей захід робить непотрібними спеціальні системи змащення?

67. Однакові капілярні трубки занурили в дві посудини з водою, причому в одній посудині температура води вища, ніж у другій. Чи однакова висота підняття води в капілярах?

68. Чому з зовнішнього кінця сирого поліна, яке горить у печі, стікають краплини води?

69. Для прискорення сушіння фруктів О. В. Ликов запропонував прогрівати їх не безперервно, а з такими інтервалами: 2 хвилини нагрівання і 40 хвилин охолодження. Поясніть переваги цього методу.

70. Де вологість вища: в тісті чи хлібному м'якуші?

71. Чому для утримання вологи у ґрунті її потрібно розрихлювати?

72. Куди буде переміщуватися вода в горизонтальному капілярі при його нагріванні з однієї сторони?

Зміна агрегатного стану речовини. Плавлення й кристалізація

73. Чому свинцеві бруски розрізають не газовими чи електродуговими різаками, а товстою розжареною дротиною?

74. Циліндри гідродомкратів звичайно заповнюють водою або маслом, але на Крайній Півночі найчастіше використовують для цієї мети суміш гліцерину й спирту. Чому?

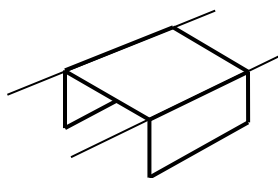
75. У Середній Азії взимку використовують метод опріснення солоних вод заморожуванням: солону воду тонким шаром розливають на поверхні спеціальних площадок, вночі вода замерзає, а вранці, коли тане лід, перші порції талої води зливають, після чого збирають прісну талу воду. На чому ґрунтується цей метод?

76. Вода в посудині замерзає при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, але маленькі краплі, з яких складаються хмари або туман, не замерзають навіть при температурі нижче $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чому дрібні крапельки води не замерзають при таких низьких температурах?

77. Для акумулювання сонячного тепла Дідебулідзе запропонував плавити за допомогою енергії сонячних променів деякі солі і зберігати їх у розплавленому стані. У разі потреби в теплі через розплав пропускають воду або повітря спеціальними системами труб. На чому ґрунтується цей метод?

Зміна агрегатного стану речовини. Випаровування

78. Чому білизна сохне швидше, якщо її розвісити на подвійній мотузці?



79. Для кращого збереження дошки складають так, як показано на рисунку. Чому між ними вкладають дерев'яні прокладки?



80. Де інтенсивніше випаровується волога з ґрунту: на горбах чи в низинах (при всіх інших однакових умовах)?
81. Чому в скиртах часто роблять «продухи» — наскрізні отвори в нижній частині?
82. Чому при хмарній погоді траву сушать на спеціальних «вішалах»?
83. Чому після оклеювання шпалерами стін треба зачиняти вікна?
84. Рослини, що ростуть у вологому кліматі, мають широке листя, тоді як рослини жаркого й сухого клімату мають вузьке листя, розташоване вертикально. Чим зумовлена ця різниця в будові листя рослин?
85. Деякі рослини, що ростуть у посушливих місцях, мають листя, густо вкрите ворсинками, а інші в жаркі дні виділяють назовні невелику кількість ефірних масел. Поясніть, яке значення мають ці особливості будови рослин для їх розвитку.
86. Якщо хусточку змочити водою, а потім спиртом і запалити, спирт на її поверхні горітиме, але сама тканина залишиться неушкодженою. Чому?
87. В гарячих цехах робочі місця робітників часто обдувають потоком повітря, спрямованого згори вниз. Для чого це роблять?
88. Людина досить добре переносить спеку при температурі повітря навіть 55—60 °С, але у воді, нагрітій до такої температури, вона дістає опіки. Чому?
89. Яке значення для регулювання теплового режиму дерев має опадання листя восени?

90. У деяких установках для кондиціонування повітря останнє пропускають через камери, де розбризкується вода. Поясніть, яке значення має розпилення води.

91. Чому крапля води під ковпаком повітряного насоса замерзає при відкачуванні повітря з-під ковпака?

92. Над бензиновими резервуарами іноді встановлюють пристрої для розпилювання води. Яке їх призначення?

93. Новий метод охолодження стінок доменних печей і сопел ракетних двигунів ґрунтується на тому, що рідина, подана під великим тиском у проміжок між подвійними стінками домни або двигуна, проникає крізь найдрібніші пори у зовнішній стінці назовні. Яке явище використовується в даному разі?

94. Чому, коли одяг намокає, стає холодно?

95. Чому ефір, налитий на руку, спричиняє значно більше охолодження, ніж вода?

Зміна агрегатного стану речовини. Кипіння

96. У якій посудині вода закипить швидше (при всіх інших рівних умовах): з гладеньким чи шорстким дном?

97. Воду довго кип'ятили, а після того, як вона охолола, почали кип'ятити знову. Чому вдруге вода закипіла при вищій температурі?

98. Якою водою краще поливати рослини: кип'яченою чи сирою?

99. Ртутні термометри для вимірювання високих температур мають капіляри, в яких простір над стовпчиком ртуті заповнений азотом при тиску до 20 ат. Чим це зумовлено?

100. Що станеться з водою у відкритій посудині в кабіні реактивного літака, якщо кабіну буде на великій висоті раптово розгерметизовано?

101. Чому у невагомості важко закип'ятити воду?

102. Чи буде кипіти вода у пробірці, яка опущена у колбу з водою, що кипить? Що ми побачимо, якщо поверх води у пробірці налити толуол (більш легка рідина, яка не змішується з водою), температура кипіння якого 111 °С?

*Зміна агрегатного стану речовини. Конденсація пари.
Водяна пара в повітрі*

103. Для осушення повітря його пропускають через спеціальні камери, де воно охолоджується. На чому ґрунтується цей метод?

104. Чому після дощу або снігу повітря стає чистішим?

105. Колись у південних районах місце для копання колодязя визначали так: в жаркий день на площі приблизно 0,75 м² знімали дерен і на голому ґрунті розстеляли овечу шкуру вовною догори. На неї клали свіже яйце й накривали його полив'яним горщиком. Вранці, коли сходило сонце, горщик приймали; якщо вовна й яйце були вкриті росою, тут копали колодязь. На чому ґрунтується цей спосіб вибору місця для колодязя?

106. Дослідження показали, що в таненні льодовиків велику роль відіграє конденсація водяної пари на поверхні криги. Чим це пояснюється?

Відповіді

1. Щоб при тепловому розширенні листи не вигиналися, впираючись у підлогу, бо це призводить до розтріскування штукатурки.

2. Внаслідок теплового розширення балка може, впираючись у кладку, вигнутись або пошкодити кладку. При наявності зазору можливе вільне розширення металу балки.

3. Влітку труби видовжуються. Така форма траси газопроводів допомагає зняти великі напруги, які можуть виникнути у трубах внаслідок теплового розширення металу.
4. Завдяки цим швам окремі секції не тиснуть одна на одну при їх тепловому розширенні, стискується лише матеріал шпонок між секціями.
5. Трамвайні рейки заглиблені в ґрунт, тому влітку вони менше нагріваються, а взимку не так охолоджуються, як рейки залізничні.
6. Трубка вигинається опуклістю донизу внаслідок того, що більше розшириться її нижня стінка, по якій тече вода.
7. Припустимо, що нагріваються лише ділянки CA і BD . Тоді відстань AB зменшиться. А якщо нагрівати всю скобу, то унаслідок розширення ділянок A_1C_1 і B_1D_1 , кінці скоби розсунуться на стільки ж, на скільки вони зближуються внаслідок розширення ділянок CA і BD . Але одночасно видовжиться і ділянка A_1B_1 , тому відстань AB збільшиться.
8. При охолодженні діаметр вала зменшується, його легше вийняти з підшипників.
9. Свинець у тому місці, де до нього дотикається кулька, нагріється й розшириться; на кільці утвориться горбок, з якого скотиться кулька. На новому місці це явище повториться.
10. Сталь має більший коефіцієнт лінійного розширення.
11. Визначивши з рівняння теплового балансу кінцеву температуру обох кусків металу і підставивши її у формули для визначення зміни їх об'єму, дістанемо, що сума змін об'єму $\Delta V_1 + \Delta V_2 = 0$, тобто сумарний об'єм кусків не зміниться.
12. Поверхня металу, швидко охолоджуючись, стискається. Якщо деталь опускати в рідину не вертикально, один її край охолоджуватиметься швидше і деталь може вигнутись.

13. Внаслідок швидкого нагрівання відбувається нерівномірне розширення різних частин породи, що має неоднорідний склад.

14. При швидкому охолодженні скла в ньому виникають великі напруги внаслідок неоднакового стиснення різних його ділянок. Це може зруйнувати лист або знизити його якість.

15. Поверхневий шар скла охолоджується швидше, ніж внутрішні його шари. Коли він вже затвердів, скло всередині листа ще в'язке; коли ж затвердіє й стиснеться скло всередині листа, це приведе до великого стиснення вже затверділого поверхневого шару. Щоб розбити таке скло, треба перебороти напруги, що стягують його поверхневий шар.

16. При підвищенні температури повітря довжина маятника зростає, але розширення ртуті в чашечці (тобто підвищення її рівня) приведе до того, що центр ваги маятника не зміститься.

17. Рівновага терезів порушиться: гас, розширившись при нагріванні, витисне більший об'єм повітря, тому виштовхувальна сила, що діє на гас у повітрі, за законом Архімеда, збільшиться.

18. а) Спочатку охолоджується скло циліндра, тому рівень рідини в ньому трохи зросте. Коли ж охолоне й рідина, рівень її трохи зменшиться, але залишиться вищим за той рівень, який був до занурення;

б) спочатку рівень рідини зросте, а потім опуститься нижче того, який був до занурення;

в) спочатку рівень рідини спаде, потім стане таким же, яким був до занурення.

19. Вода, піднята по трубах на поверхню водойми, не дає їй вкритись кригою.

20. Пухирці повітря насичують глибинні шари води, які стають легшими й спливають наверх.

21. а) Поплавець опуститься, бо питома вага теплішої води, яка підніметься вгору, менша, ніж холоднішої, яка опуститься вниз.

Отже, виштовхувальна сила, що діє на поплавець, зменшиться, і він опуститься;

б) поплавець залишиться на тому самому рівні, бо охолоджена вода опуститься, а вода з нижніх шарів підніметься, причому верхні шари води не переміщуватимуться.

22. а) Поплавець залишиться на тому самому рівні;

б) поплавець трохи спливе.

23. Теплопровідність цегли й каменю вища тієї, яку має вода, тому по залишках стін теплові потоки піднімуться з глибинних шарів угору і нагріють поверхневі шари води.

24. Паперові стінки коробочки стягуються внаслідок поверхневого натягу води.

25. Під дією сили поверхневого натягу зменшується вільна поверхня рідини і створюється додатковий тиск на стовпчик ртуті у трубочці.

26. Під дією сили поверхневого натягу зменшується поверхня струминки.

27. Листя на воді натягнуте внаслідок дії сил поверхневого натягу води.

28. Поверхня меншої бульбашки має більшу кривизну, тому сила натягу, що діє на мильну плівку цієї бульбашки, більша.

29. Коли продувають трубку, стовпчик води AB переміщується і радіус кривизни меніска з одного боку стає більший, ніж з другого. Тому рівнодійна сил натягу спрямована в бік, протилежний напрямку руху стовпчика води.

30. Крапля відривається від кінця трубочки не одразу, бо її вдержує сила поверхневого натягу. Тому перед відривом краплі утворюється шийка, яка й породжує другу, маленьку крапельку.

31. При нагріванні коефіцієнт поверхневого натягу води зменшується. Крапля переміщуватиметься до холоднішого кінця, оскільки

рівнодійна сил поверхневого натягу на поверхнях, ближчих до відповідних кінців, напрямлена в бік холоднішого кінця.

32. Залежно від якості змінюється коефіцієнт поверхневого натягу рідкої сталі, тому змінюється й співвідношення між діаметром і висотою краплі.

33. Поверхневий натяг розчину спирту в воді менший, ніж води, тому сусідні ділянки води «стягуюватимуть» воду з того місця, куди налили спирт.

34. Камфора зменшує поверхневий натяг води, тому вода з ділянки, на поверхні якої є частинки камфори, «стягується» на сусідні ділянки разом з цими частинками.

35. Форма крапель зумовлена силами поверхневого натягу. Вага краплі невелика і мало впливає на її форму.

36. Сила поверхневого натягу між смужками зменшилась, тому смужки розійшлись. Якщо віддалити одну смужку від другої, поверхневий натяг рідини між ними трохи збільшиться, тому друга смужка переміститься в бік першої.

37. Краплина відривається від кінця піпетки у той момент, коли сила поверхневого натягу вже не може врівноважити силу її тяжіння. З ростом температури води коефіцієнт її поверхневого натягу, а значить і сила поверхневого натягу, зменшуються. Причому зменшуються досить помітно – приблизно на 20 % при підвищенні температури від 20 до 100 °С. Таким чином, вага гарячої краплини менша, ніж холодної. Число гарячих крапель, навпаки, є більшим.

38. Краплі води вдержуються силою поверхневого натягу коло шийки пляшечки. Ртуть не змочує скла, тому вся вона виливається одразу.

39. При цьому краї плівки, що утворюється на поверхні молока при його нагріванні, не пристають до стінок посудини (не змочують їх), і тому бульбашки повітря і пари вільно проходять у зазор між краями плівки й стінками посудини.

40. Щоб тісто не змочувало форму і не прилипало до її дна й стінок.
41. Хромована поверхня деталі не змочується мастилом; травленням кислотою їй надають пористості.
42. Папір вкривається тонким шаром жиру і тому погано змочується водою.
43. Парафін не змочується молоком, тому паперові пакети не розмокають.
44. Шар сажі не змочується водою, тому кулька буде сухою.
45. Якщо крапля маленька, то форма її буде сферичною, бо вода не змочує графіт.
46. Чисте скло змочується дистильованою водою.
47. Щоб поліпшити зчеплення між частками чорнила й металом.
48. В'язка рідина ловильного пояса повинна змочувати кору дерева й тіла комах. Коли комаху потрапляє на клейку стрічку, навколо її тіла одразу утворюється плівка, що не дає їй звільнитись.
49. Частилки пилу змочуються водою і разом з краплями води осідають униз.
50. Краплі води не змочують вугільний пил.
51. Вода не змочує скло, оброблене таким способом.
52. Ці речовини зменшують здатність нафти змочувати піщинки, сприяють «відмиванню» пісковика від нафти.
53. Вода в стані невагомості набирає такої форми під дією молекулярних сил. У цьому випадку переважають сили взаємодії молекул води і скла. Отже, вода рівномірно розподіляється по внутрішній поверхні посудини. Вільна поверхня води під дією сили

поверхневого натягу набирає форми сфери. (З усіх тіл даного об'єму сфера має найменшу поверхню).

54. Щоб збільшити змочування поверхні шкіри фарбою.

55. Дуже дрібні частинки металу досить помітно змочуються водою і тому можуть зчіплюватися з частинками пустої породи. Завантажуючи у флотаційні машини дрібно розмолоту руду, можна втратити багато металу.

56. Гас дуже добре змочує практично всі тіла, тому пилинки, потрапивши на його поверхню, відразу тонуть, а не утримуються силами поверхневого натягу, як на воді. Така властивість гасу приводить до того, що ємності, де він зберігається, покриваються плівкою гасу і ззовні, а внизу може утворитися невелика пляма. Аналогічна ситуація виникає і з олією.

57. Гас добре змочує цеглину і заповнює внаслідок капілярності її пори.

58. Вода, проникаючи в капіляри цукру, витискує з них повітря, бульбашки якого, лопаючись, породжують своєрідне шипіння.

59. Проникаючи в капіляри, рідини створюють капілярний тиск і розширюють їх. При випаровуванні рідини стінки капілярів, навпаки, стискаються.

60. Грунт на спортмайданчиках утоптаний і в ньому значно більше дуже дрібних капілярів.

61. Розчини проникають всередину листків через капіляри.

62. Розчин барвників проникає в стовбур по капілярах і надає деревині вигляду благородної породи.

63. Волога виходить на поверхню листка з пор, як з капілярів, а потім стікає на землю.

64. Ні, бо цей рух зумовлений лише капілярними властивостями.

65. Завдяки цим домішкам вода краще проникає по капілярах у глибину пористої тліючої маси.

66. Мастило проникає у капіляри втулки. При терті її об поверхню інших деталей капіляри звужуються і мастило витікає з пор. Якщо навантаження на деталі меншає, капіляри розширюються всмоктуючи мастило.

67. Поверхневий натяг води зменшується при підвищенні температури води, тому рівень її вищий у капілярі, зануреному у холодну воду.

68. Вода переміщується по капілярах деревини у той бік поліна, де температура нижча. (Див. попередню задачу).

69. Під час остигання волога з глибинних шарів фруктів по капілярах переходить у поверхневі шари, а при швидкому прогріванні вона не встигає відступити вглиб.

70. У м'якуші, бо при випіканні хліба волога по капілярах переходить з поверхневих шарів хлібини в глибину її.

71. При розрихленні ґрунту відбувається частковий розрив капілярів, а ті, що залишаються, набирають у більшості конічної форми – звужуються донизу. При умові змочування водою стінок капіляра краплина намагається зайняти таке положення, коли площа контакту вода-стінки капіляра буде максимальною. Це реалізується при русі краплини в сторону більш вузького кінця. Краплина при цьому сильно витягується і площа її бокової поверхні росте. Отже, при розрихленні ґрунту по конічних капілярах, які утворюються, вода проходить вглиб ґрунту, що і сприяє більш довгому збереженню її у ґрунті.

72. При нагріванні води коефіцієнт її поверхневого натягу зменшується, а значить сила поверхневого натягу, що діє зі сторони холодного кінця, буде більшою. У результаті вода у капілярі буде переміщуватися в сторону холодної області. Цю властивість рідин в капілярах ми часто використовуємо у побуті. Наприклад, якщо

хочемо просмолити лижі, наносимо на них шар смоли. Потім ззовні слід прогріти і смола проникне вглибину дерева. Аналогічно поступають з лижними черевиками при їх обробці водовідштовхуючим засобом – їх нагрівають ззовні.

73. Внаслідок високої температури, що розвивається газовим або дуговим різакон, свинцевий брусок плавиться.

74. Температура замерзання цієї суміші значно нижча, ніж у води або масла.

75. Спершу тануть ті кристали льоду, які містять більше вкраплень кристалів солі. Тому перші порції талої води виносять з льоду більшу частину солей.

76. Вода замерзає при 0 °С лише при наявності в ній центрів кристалізації. У великій масі води завжди є такі центри кристалізації, тоді як у дрібних краплях вони бувають не завжди.

77. При кристалізації солей (твердненні розплаву) виділяється прихована теплота кристалізації, завдяки чому вода або повітря в трубах нагрівається.

78. Бо площа випаровування вологи більша.

79. При цьому повітря вільно проходить між дошками, що сприяє випаровуванню вологи. Інакше — деревина гниє.

80. На горбах; тут кращі умови освітлення, більша маса повітря омиває ґрунт.

81. Це забезпечує вентиляцію повітря всередині скирти, волога краще випаровується з трави.

82. При цьому трава краще провітрюється.

83. Внаслідок активної циркуляції повітря в кімнаті папір швидко висохне, тоді як шар клею залишиться ще вологим. Папір, висихаючи, скручуватиметься і відставатиме від стін.

84. Мала поверхня й своєрідне розташування листя рослин у сухому й жаркому кліматі забезпечують малі втрати вологи через випаровування. Широке листя краще випаровує вологу.

85. Ворсинки зменшують циркуляцію повітря навколо листя, утворюючи «повітряну сорочку». Це зменшує випаровування вологи листям. У інших рослин ефірні масла, випаровуючись, теж створюють навколо листа своєрідну захисну «сорочку», зменшуючи випаровування вологи.

86. Теплота витрачається на випаровування води, тому температура тканини не підвищується настільки, щоб хустка зайнялась.

87. Навколо тіла робітника утворюється тепло ізолююча «повітряна сорочка» і, крім того, прискорюється випаровування поту з поверхні шкіри, що сприяє охолодженню організму.

88. У воді неможливе випаровування вологи з поверхні тіла людини.

89. Унаслідок опадання листя зменшується випаровування вологи деревом, тобто зменшуються втрати тепла.

90. Унаслідок випаровування води повітря охолоджується. Крім того, воно очищається від пилинок, які змочуються краплями води й осідають.

91. Унаслідок зниження тиску повітря випаровування відбувається дуже інтенсивно, тому крапля води дуже охолоджується.

92. Випаровуючись, вода охолоджує стінки й кришку резервуара, що зменшує випаровування бензину всередині резервуара.

93. Маленькі крапельки рідини випаровуються на поверхні зовнішньої стінки, охолоджуючи її.

94. Випаровуючись з мокрої одежі, вода забирає тепло у людини, що викликає відчуття холоду.

95. Температура кипіння води помітно вища, ніж температура кипіння ефіру. Тому випаровування налитою на руку ефіру буде відбуватися значно інтенсивніше, ніж води. За одиницю часу випарується значно більше ефіру, ніж води. Тепло, яке витрачається на випаровування ефіру буде більшим, не зважаючи на малу питому теплоту пароутворення ефіру у порівнянні з водою. Ефір практично миттєво випарує з руки, у той час коли вологою рука залишиться досить довго.

96. У посудині з шорстким дном, бо бульбашки пари насамперед утворюються на виступах поверхні дна: така поверхня дна зберігає в своїх нерівностях багато повітря.

97. У кип'яченій воді менше розчиненого повітря, тому бульбашки починають з'являтися при вищій температурі.

98. Сирою, бо в ній більше повітря.

99. Для вимірювання температур, вищих за температуру кипіння ртуті при нормальному тиску, треба підвищити температуру кипіння ртуті. Це досягається підвищенням тиску в капілярі термометра.

100. Внаслідок раптового зниження тиску вода одразу перетвориться в пару, станеться вибух.

101. В умовах невагомості бульбашки повітря в рідині не піднімаються вгору, а налипають на гаряче дно й стінки посудини, утворюючи теплоізоляційний шар.

102. Процес кипіння потребує неперервного підведення тепла. Коли вода у пробірці нагріється до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, підвід тепла з колби зупиниться. Тому вода у пробірці кипіти не буде. Якщо у пробірку поверх води налити толуол виникає цікаве явище, яке називається пограничним кипінням. Суть його полягає у тому, що кипіння починається на межі двох рідин, коли сума парціальних тисків їх насичених парів урівноважується зовнішнім атмосферним тиском. Тоді тиск насичених парів води менший за атмосферний, а значить і температура нижча за $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отже, при додаванні толуолу у пробірку з водою кипіння на межі толуол-вода розпочнеться раніше,

ніж закипить вода у колбі. При пограничному кипінні температура менша за температуру кипіння кожної з рідин.

103. При охолодженні повітря водяна пара, що міститься в ньому, конденсується.

104. Разом з краплями дощу або сніжинками з повітря випадають і частинки пилу й кіптяви, які стають центрами конденсації водяної пари.

105. Випаровуючись з ґрунту, волога, що піднімається з глибинних шарів, конденсується на поверхні яйця або вовни. Водяна пара стає насичуючою завдяки тому, що вовна накрита полив'яним горщиком, стінки якого не мають пор.

106. При конденсації пари виділяється велика кількість тепла, що прискорює танення льодовиків.

в) Задачі для модульного контролю

1. Із кінця скляної капілярної трубки, опущеної у воду, видули бульбашку повітря радіуса 0,02 см. Тиск повітря у бульбашці перевищував атмосферний на 9840 Дн/см^2 . На яку глибину опущена трубка?

2. Яку роботу проти сил поверхневого натягу потрібно виконати, щоб видути мильну бульбашку радіусом 0,05 м? Визначити надлишковий тиск всередині бульбашки.

3. Вертикально розміщена капілярна трубка довжиною 200 мм із запаяним верхнім кінцем дотикається до поверхні води. На яку висоту підніметься вода у трубці, якщо її радіус $2 \cdot 10^{-4} \text{ м}$? Атмосферний тиск 10^5 Па . Вода повністю змочує трубку.

4. В запаяній посудині нагріто воду масою 0,5 кг до $107 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити тиск водяної пари в посудині при цій температурі і таких об'ємах посудини: 1 м^3 , $0,5 \text{ м}^3$, 5 л.

5. Що відбудеться, якщо у пересичену водяну пару, температура якої $96\text{ }^{\circ}\text{C}$ і тиск 1 кгс/см^2 , попадає краплина води радіусом $0,5 \cdot 10^{-8}\text{ м}$; $1 \cdot 10^{-8}\text{ м}$?

6. На дні каструлі під шаром води товщиною 20 см міститься газоподібна бульбашка радіусом $0,5\text{ мм}$. Тиск атмосфери 10^5 Па , температура води $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити тиск повітря всередині бульбашки.

7. Яку роботу потрібно здійснити щоб видути мильну бульбашку діаметром 14 см , якщо процес видування ізотермічний?

8. На скільки знизиться температура кави внаслідок додавання до неї 20 г молока при температурі $6\text{ }^{\circ}\text{C}$, якщо у склянці міститься 200 г кави при температурі $94\text{ }^{\circ}\text{C}$? Теплоємністю склянки та теплообміном з навколишнім середовищем знехтувати, питомі теплоємності молока і кави однакові.

9. У теплоізолювану посудину теплоємністю 2 кДж/К , яка містить 2 кг води при температурі $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, вкинули шматок льоду масою 300 г при температурі $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вода якої маси замерзне або лід якої маси розтане після встановлення теплової рівноваги?

10. З якою найменшою швидкістю повинен рухатись шматок льоду, щоб внаслідок непружного удару об перешкоду розплавиться?

11. Скільки часу потрібно для того, щоб в електропечі потужністю 100 кВт нагріти 1 т сталевого брухту від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та розплавити його, якщо ефективність печі 60% ?

12. Визначити швидкість свинцевої кулі, якщо при ударі об перешкоду вона розплавилась. Вважати, що перед ударом куля мала температуру $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ та 70% її кінетичної енергії перетворилось у внутрішню енергію свинцю.

13. Нагрітий мідний куб кладуть на лід, який перебуває при температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. До якої температури було нагріто куб, якщо після встановлення теплової рівноваги він повністю занурився у лід?

14. З метою визначення температури в печі, нагріту в ній сталеву кульку масою 20 г вкинули у мідну посудину масою 200 г, в якій перебувало 1,3 кг води при температурі 15 °С. Визначити температуру в печі, якщо температура посудини з водою підвищилась на 20 °С.

15. Дерев'яна паличка завдовжки 4 см плаває на поверхні води. По один бік від палички обережно налили мильний розчин. З яким прискоренням почне рухатися паличка, якщо її маса 1 г? Опір води рухові палички не враховувати.

16. Горизонтальне дротяне кільце масою 4 г та радіусом 3 см торкається поверхні води, яка змочує дріт. Яку силу потрібно прикласти до кільця, щоб відірвати його від води?

17. Яку роботу необхідно виконати, щоб видуваючи мильну бульбашку збільшити її діаметр від 2 см до 8 см?

18. 125 однакових крапель ртуті радіусом 0,3 мм злились у одну краплину. Визначити енергію, яка вивільнилася при цьому.

19. Два однакових сталевих мости треба побудувати один на півночі, другий на півдні. Якими мають бути при 0 °С зазори, що компенсують видовження мосту під час зміни температури, на півдні можливі коливання від -10 °С до +50 °С, а на півночі від -50 °С до +20 °С? Довжина моста L при 0 °С дорівнює 100 м, середній коефіцієнт лінійного розширення сталі $\beta = 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$?

20. Латунна посудина при нагріванні збільшується в об'ємі на $n = 0,6\%$. На скільки градусів було нагріто посудину, якщо середній коефіцієнт лінійного розширення латуні $\beta = 2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$?

21. При температурі $t = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ довжина алюмінієвого стержня $l_{01} = 50 \text{ см}$, а залізного стержня $l_{02} = 50,05 \text{ см}$. Перерізи стержнів однакові. При якій температурі t_1 довжини стержнів будуть однакові і при якій температурі t_2 будуть однакові їх об'єми? Коефіцієнти лінійного розширення алюмінію $\beta_1 = 24 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, заліза $\beta_2 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

22. Щоб виміряти глибину занурення в море різних приладів, застосовують запаяну з одного кінця скляну трубку довжиною $L=1\text{ м}$, яку занурюють у воду разом із приладами у вертикальному положенні відкритим кінцем у низ. Найбільшу глибину занурення H обчислюють за найменшою висотою h стиснутого повітря в трубці. Для знаходження величини h внутрішню стінку трубки покривають легкокорозійною у воді фарбою. Та частина трубки, куди проникла вода, залишається пофарбованою. На яку глибину H було опущено трубку, коли виявилось, що $h=0,2\text{ м}$? Атмосферний тиск $p_0=0,1\text{ МПа}$, густина води $\rho=10^3\text{ кг/м}^3$, температура повітря в трубці стала.

23. Бульбашка повітря піднімається з дна водойми глибиною H . Знайти залежність радіуса бульбашки r від глибини h її місцезнаходження в даний момент часу, якщо об'єм бульбашки на дні дорівнює V_0 . Сили поверхневого натягу не враховувати.

ІНДЗ. Методичні вказівки

Індивідуальна робота (ІНДЗ) студента передбачає розв'язування комплекту задач з кожного змістового модуля курсу.

У відповідності з варіантом студент повинен розв'язати задачі, номери яких визначаються у таблиці.

Виконуючи ІНДЗ студент керується такими положеннями:

1. Узгодити з викладачем номер варіанту ІНДЗ.
2. Роботу необхідно виконати у терміни, встановлені викладачем, і захистити її в цілому або частинами при співбесіді з викладачем під час виділених для цього індивідуальних консультацій.
3. Розв'язки необхідно супроводжувати вичерпними, але короткими поясненнями чи коментарями, які повинні полягати в наступному:
 - символічний запис основних законів та формул повинен супроводжуватись роз'ясненням буквених позначень;
 - якщо використовується формула, що є частинним випадком, то її слід вивести;
 - коли це можливо, виконати ілюстрацію до задачі;
 - розв'язати в загальному вигляді;
 - при обчисленнях слід користуватись переважно Міжнародною системою одиниць СІ з виконанням правил наближених обчислень.

ІНДЗ, виконане студентом у відповідності з шифром, при співбесіді вважається зарахованим, якщо всі задачі розв'язані правильно, правильно пояснені та в їх розв'язках і поясненнях немає принципових помилок.

Якщо ж студент при захисті покаже нерозуміння їх фізичної суті чи використовуваних законів та залежностей, то з ним проводиться індивідуальна консультація, а роботу він повністю чи частково переробляє.

Такі індивідуальні консультації служать не лише для контролю за роботою студента, а й для допомоги йому в його самостійній роботі.

| № варіанта | Номери задач | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 1 | 90 | 91 | 180 | 181 | 270 | 271 | 360 | 361 | 450 |
| 2 | 2 | 89 | 92 | 179 | 182 | 269 | 272 | 359 | 362 | 449 |
| 3 | 3 | 88 | 93 | 178 | 183 | 268 | 273 | 358 | 363 | 448 |
| 4 | 4 | 87 | 94 | 177 | 184 | 267 | 274 | 357 | 364 | 447 |
| 5 | 5 | 86 | 95 | 176 | 185 | 266 | 275 | 356 | 365 | 446 |
| 6 | 6 | 85 | 96 | 175 | 186 | 265 | 276 | 355 | 366 | 445 |
| 7 | 7 | 84 | 97 | 174 | 187 | 264 | 277 | 354 | 367 | 444 |
| 8 | 8 | 83 | 98 | 173 | 188 | 263 | 278 | 353 | 368 | 443 |
| 9 | 9 | 82 | 99 | 172 | 189 | 262 | 279 | 352 | 369 | 442 |
| 10 | 10 | 81 | 100 | 171 | 190 | 261 | 280 | 351 | 370 | 441 |
| 11 | 11 | 80 | 101 | 170 | 191 | 260 | 281 | 350 | 371 | 440 |
| 12 | 12 | 79 | 102 | 169 | 192 | 259 | 282 | 349 | 372 | 439 |
| 13 | 13 | 78 | 103 | 168 | 193 | 258 | 283 | 348 | 373 | 438 |
| 14 | 14 | 77 | 104 | 167 | 194 | 257 | 284 | 347 | 374 | 437 |
| 15 | 15 | 76 | 105 | 166 | 195 | 256 | 285 | 346 | 375 | 436 |
| 16 | 16 | 75 | 106 | 165 | 196 | 255 | 286 | 345 | 376 | 435 |
| 17 | 17 | 74 | 107 | 164 | 197 | 254 | 287 | 344 | 377 | 434 |
| 18 | 18 | 73 | 108 | 163 | 198 | 253 | 288 | 343 | 378 | 433 |
| 19 | 19 | 72 | 109 | 162 | 199 | 252 | 289 | 342 | 379 | 432 |
| 20 | 20 | 71 | 110 | 161 | 200 | 251 | 290 | 341 | 380 | 431 |
| 21 | 21 | 70 | 111 | 160 | 201 | 250 | 291 | 340 | 381 | 430 |
| 22 | 22 | 69 | 112 | 159 | 202 | 249 | 292 | 339 | 382 | 429 |
| 23 | 23 | 68 | 113 | 158 | 203 | 248 | 293 | 338 | 383 | 428 |
| 24 | 24 | 67 | 114 | 157 | 204 | 247 | 294 | 337 | 384 | 427 |

| | | | | | | | | | | |
|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 25 | 25 | 66 | 115 | 156 | 205 | 246 | 295 | 336 | 385 | 426 |
| 26 | 26 | 65 | 116 | 155 | 206 | 245 | 296 | 335 | 386 | 425 |
| 27 | 27 | 64 | 117 | 154 | 207 | 244 | 297 | 334 | 387 | 424 |
| 28 | 28 | 63 | 118 | 153 | 208 | 243 | 298 | 333 | 388 | 423 |
| 29 | 29 | 62 | 119 | 152 | 209 | 242 | 299 | 332 | 389 | 422 |
| 30 | 30 | 61 | 120 | 151 | 210 | 241 | 300 | 331 | 390 | 421 |
| 31 | 31 | 60 | 121 | 150 | 211 | 240 | 301 | 330 | 391 | 420 |
| 32 | 32 | 59 | 122 | 149 | 212 | 239 | 302 | 329 | 392 | 419 |
| 33 | 33 | 58 | 123 | 148 | 213 | 238 | 303 | 328 | 393 | 418 |
| 34 | 34 | 57 | 124 | 147 | 214 | 237 | 304 | 327 | 394 | 417 |
| 35 | 35 | 56 | 125 | 146 | 215 | 236 | 305 | 326 | 395 | 416 |
| 36 | 36 | 55 | 126 | 145 | 216 | 235 | 306 | 325 | 396 | 415 |
| 37 | 37 | 54 | 127 | 144 | 217 | 234 | 307 | 324 | 397 | 414 |
| 38 | 38 | 53 | 128 | 143 | 218 | 233 | 308 | 323 | 398 | 413 |
| 39 | 39 | 52 | 129 | 142 | 219 | 232 | 309 | 322 | 399 | 412 |
| 40 | 40 | 51 | 130 | 141 | 220 | 231 | 310 | 321 | 400 | 411 |
| 41 | 41 | 50 | 131 | 140 | 221 | 230 | 311 | 320 | 401 | 410 |
| 42 | 42 | 49 | 132 | 139 | 222 | 229 | 312 | 319 | 402 | 409 |
| 43 | 43 | 48 | 133 | 138 | 223 | 228 | 313 | 318 | 403 | 408 |
| 44 | 44 | 47 | 134 | 137 | 224 | 227 | 314 | 317 | 404 | 407 |
| 45 | 45 | 46 | 135 | 136 | 225 | 226 | 315 | 316 | 405 | 406 |

Завдання для контролю за індивідуальною роботою

1. Один балон об'ємом 20 л містить азот під тиском $P = 2,3 \cdot 10^5$ Па; інший об'ємом 44 л містить кисень під тиском $P = 1,5 \cdot 10^5$ Па. Коли їх з'єднали, гази утворили однорідну суміш. Вважаючи, що температура при змішуванні газів не змінилася, знайти тиск суміші і парціальний тиск кожного газу. Визначити зміну ентропії системи після з'єднання балонів, вважаючи початкову температуру в них рівною $t = 27^\circ\text{C}$

2. При ізотермічному стисненні деякої маси газу зменшення об'єму на 1 л супроводжується збільшенням тиску на $n = 20\%$. На скільки відсотків збільшиться тиск цієї ж маси газу, якщо об'єм зменшити на 2 л?

3. У середині труби, наповненої повітрям і закритої з обох кінців, може ковзати без тертя поршень масою 5 кг, щільно прилеглий до її стінок. Площа поршня $S = 200 \text{ см}^2$. Визначити відношення об'ємів повітря в трубі по обидві сторони від поршня при її зісковзуванні похилою площиною, що створює з горизонтом кут $\alpha = 60^\circ$. Коефіцієнт тертя ковзання між трубою і похилою площиною 0,2. Відомо, що в горизонтально лежачій трубі поршень займає середнє положення, при цьому тиск повітря в ній 103 Па. Температура повітря в трубі не змінюється.

4. Балон високого тиску об'ємом 50 л наповнили повітрям при температурі 27°C . Манометр показував тиск 10 МПа. Який об'єм води можна витіснити з цистерни підводного човна повітрям цього балона на глибині 50 м? Температура повітря після розширення 7°C .

5. Лазерні трубки об'ємом 60 см^3 повинні заповнюватися сумішшю гелію і неону в молярному відношенні 5:1 при загальному тиску 798 Па. Балони цих газів, кожен об'ємом 2 л. Тиск гелію в балоні 50 мм. рт.ст., а неону 200 мм. рт. ст. На заповнення якого числа трубок вистачить газів?

6. Довгий с із закритим коротким циліндром на кінці обертається з кутовою швидкістю 25 рад/с в горизонтальній площині навколо осі, що проходить через кінець . В циліндрі, площа перетину якого $S = 75 \text{ см}^2$, знаходиться однорідне повітря, розділене поршнем, маса якого 630 г. При обертанні відстань від центру поршня до 1,43 м. Знайти відношення об'ємів V_1/V_2 повітря в циліндрі при обертанні, якщо відомо, що при відсутності обертання

об'єми однакові і тиск повітря в них $P = 1,1 \cdot 10^5$ Па.

7. Сухе повітря масою 1 кг містить 1,32 г кисню і 768 г азоту (масою інших газів нехтувати). Визначити молярну масу повітря і число молекул азоту, що на одну молекулу кисню.

8. У балоні об'ємом 7 л при температурі 22 °С знаходиться суміш ідеальних газів: 6,4 г кисню, 13,2 г вуглекислого газу 8,4 г азоту. Знайти тиск і молярну масу даної суміші.

9. Температура T суміші азоту і водню така, що азот повністю дисоційований на атоми, дисоціацією водню можна нехтувати. Тиск газу в P . При температурі $2T$, коли обидва газу повністю дисоційовані, тиск в \dots . Визначити відношення числа молей азоту до молей водню в суміші. Якого газу за масою міститься в \dots більше і у скільки разів?

10. Посудина об'ємом 20 л містить суміш водню і гелію при температурі 20 °С і тиску 202,6 кПа. Маса суміші 5,0 г. Визначити відношення маси водню до маси гелію в даній суміші.

11. Знайти число молекул одноатомного ідеального газу в одиниці об'єму, якщо середня енергія його молекул $6 \cdot 10^{-17}$ Дж, а тиск газу на стінки $2 \cdot 10^3$ Па.

12. Пучок молекул аргону, що мають швидкість 500 м/с, пружно ударяється об стінку під кутом 60° до її нормалі. Знайти тиск пучка на стінку, якщо концентрація молекул у пучку $3 \cdot 10^{17}$ см⁻³.

13. У скільки разів середня квадратична швидкість молекул кисню більша за середню квадратичну швидкість порошинки масою 10^{-11} г, що знаходиться серед молекул кисню? Знайти також повну середню кінетичну енергію теплового руху цієї порошинки (теоретичне значення за класичними уявленнями).

14. У балоні об'ємом 15 л знаходиться 0,3 моль газу при тиску $9,03 \cdot 10^6$ Па. Визначити середню кінетичну енергію теплового руху молекули газу.

15. У двох посудинах рівного об'єму знаходяться рівні маси гелію та аргону. У скільки разів тиск гелію більший за тиск аргону, якщо температури газів однакові.

16. Скільки рухів поршня треба зробити, щоб при потужності насоса, який захоплює при кожному русі 40 см³ повітря, наповнити камеру шини велосипеда так, щоб площа її стискання з дорогою дорівнювала 60 см²? Навантаження на колесо дорівнює 350 Н. Об'єм камери дорівнює 2500 см³. Тиск 10^5 Н/м². Жорсткістю покришки камери знехтувати.

17. З балону ємністю 10 л, наповненого стиснутим воднем, внаслідок несправності вентиля витікає газ. При температурі 7 °С манометр показує тиск $50 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$. Через деякий час при температурі 17 °С манометр покажуть такий самий тиск. Визначити масу газу, що витік.

18. Балон ємністю 20 л заповнений стислим повітрям. При температурі 20 °С манометр показує тиск 120 кгс/см^2 . Який об'єм води можна витіснити з цистерни підводного човна повітрям з цього балона на глибині 30 м при температурі 5 °С? Тиск стовпа рідини висотою 10 м вважати рівним 10^5 Н/м .

19. Знайти масу повітря яка заповнює аудиторію висотою 5 м і площею підлоги 200 м^2 , якщо температура повітря 7 °С, а тиск 750 мм рт.ст . Маса кіломоля повітря вважати рівною 29 кг/моль . У скільки разів маса повітря взимку більша за його масу влітку? Температуру взимку вважати рівною 7 °С, а влітку 37 °С.

20. На електричній плитці потужністю 1 кВт кипить чайник з водою. Знайти швидкість виходу пари з носика чайника якщо площа поперечного перерізу носика чайника 1 см^2 . Пару вважати ідеальним газом, тиск на кінці носика чайника рівний атмосферному. Вважати ККД установки 0,7.

21. Визначити густину суміші газів, що складаються з 8 г гелію 4 г аргону, при температурі 17 °С і тиску 1 атм.

22. В одному балоні ємністю 15 л знаходиться газ під тиском 2 атм, а в другому – той самий газ під тиском 10 атм. Балони з'єднані трубкою з вентиляем. Якщо відкрити вентиль, то в обох балонах встановиться тиск 4 атм. Яка ємність другого балону, якщо температура газу стала?

23. Пічний газ, що отримують при спалюванні нафти, містить такі компоненти (за масою): CO_2 – 21,4%, H_2O – 6,8%. N_2 – 71,8%. Знайти питомий об'єм такого газу при тиску 10^5 Па і температурі 500 К.

24. В балоні об'ємом 14 л знаходиться 64 г суміші гелію та кисню при температурі 7 °С і тиску 12 атм. Знайти маси гелію та кисню.

25. Густина деякого газу при температурі 10 °С і тиску $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ рівна $0,34 \text{ кг/м}^3$. Який це газ?

26. Об'єм балона електричної лампи 500 см^3 . Лампа наповнена азотом при тиску $0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Який об'єм води зайде у балон лампи, якщо його опустити під воду на малу глибину та обламати кінчик?

27. Для визначення густини газу поступили наступним чином. Великий скляний балон наповнили газом при тиску 1000 мм рт. ст. і зважили; його маса $505,91 \text{ г}$. Потім випустили частину газу і знову зважили балон. Нова маса $504,2 \text{ г}$. При цьому тиск у балоні упав до значення 800 мм рт. ст. Яка густина газу при атмосферному тиску, якщо об'єм балона $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$? Температуру газу вважати однаковою у всіх випадках.

28. Скляна, запаяна з одного кінця трубка, відкритим кінцем опущена у посудину із ртуттю. Після підйому трубки рівні ртуті в посудині та трубці співпадають. Довжина частини трубки, яка зайнята повітрям, 100 см . Трубку піднімають на висоту 10 см . Якою буде після цього висота рівня ртуті у трубці, якщо атмосферний тиск $1,05 \cdot 10^5 \text{ Па}$?

29. У двох посудинах об'ємом 5 л та 7 л знаходиться повітря під тиском 2 атм та 1 атм . Який тиск встановиться, якщо посудини з'єднати між собою. Температура у обох посудинах однакова і не змінюється.

30. У балоні ємністю 20 л міститься 5 г водню та 10 г азоту при температурі $17 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити тиск у балоні, молярну масу та густину суміші газів.

31. Горизонтально розміщена циліндрична посудина ділиться на дві частини рухомим поршнем. Яким буде положення поршня, якщо одну частину посудини заповнили киснем, а іншу такою ж масою водню? Довжина посудини 85 см .

32. Циліндрична посудина довжиною 84 см розміщена горизонтально та розділена теплоізоляційним поршнем на дві рівних частини. У обох половинах містяться однакові маси газу при температурі $27 \text{ }^\circ\text{C}$ та тиску 10^5 Па . На яку відстань зміститься поршень, якщо газ у одній половині нагріти до $57 \text{ }^\circ\text{C}$? Який тиск встановиться у циліндрі? Вважати, що температура у іншій половині не змінюється.

33. Яка густина повітря у посудині ємність якої 2 л , якщо посудина відкачана до $10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$, якщо температура повітря $15 \text{ }^\circ\text{C}$? Як зміниться густина повітря в посудині, якщо додати в нього $5 \cdot 10^{-8} \text{ кг}$ повітря? Який тиск встановиться у посудині? Процес вважати ізотермічним.

34. У балоні, ємність якого 20 л міститься 150 г суміші водню та азоту. Тиск газової суміші 10^6 Па, температура 17°C . Які маси азоту і водню в балоні?

35. У посудині об'ємом 20 л міститься 10 г азоту та 20 г вуглекислого газу при температурі 300 К. Визначити молярну масу суміші, тиск у посудині, тиск після нагрівання до 400К.

36. У балон, ємність якого 450 л, нагнітають повітря з допомогою компресора. При кожному ході поршня захоплюється 4 л повітря при атмосферному тиску та температурі 7°C . Температура всередині балона 27°C . Клапан прикриває отвір площею $1,5 \cdot 10^{-4}$ м² та утримується силою 100 Н. Скільки качків можна зробити поки клапан не почне пропускати повітря? Яка при цьому буде густина повітря у балоні? Масою того повітря, яке було в балоні спочатку можна знехтувати.

37. У посудині міститься 10 г кисню При деякому нескінченно повільному процесі зв'язок температури газу та його об'єму визначається за формулою $T=(4,8V-1,2 \cdot 10^2 V^2) \cdot 10^4$. Визначити тиск та об'єм, які відповідають максимальній температурі; тиск і температуру при об'ємі у два рази меншому за максимальний.

38. У закритій посудині міститься суміш газів: 100 г вуглекислого газу та 150 г азоту. Визначити густину суміші при температурі 27°C та тиску 760 мм рт. ст. Як зміниться густина суміші при збільшенні температури до 77°C ?

39. У посудині об'ємом 10^{-3} м³ міститься сухе повітря при нормальних умовах. Сюди ввели деяку кількість бутану (C_4H_{10}) і тиск зріс до 1500 мм рт. ст. Яка маса бутану введена у посудину? Яка молярна маса суміші? Температуру вважати сталою.

40. У циліндрі під поршнем міститься 500 г повітря. Його нескінченно повільно переводять з одного стану у інший. Визначити максимальну температуру повітря, якщо залежність тиску від об'єму задана рівнянням:, де об'єм виражений у кубічних метрах, а тиск – у Паскалях.

41. Три балони ємністю 3 л, 7 л та 5 л наповнені киснем ($2 \cdot 10^5$ Па), азотом ($3 \cdot 10^5$ Па) та вуглекислим газом ($6 \cdot 10^4$ Па) при одній сталій температурі. Яким буде тиск суміші газів при з'єднанні балонів між собою?

42. Пічний газ має наступний склад за масою: 21,4 % - вуглекислий газ, 6,8 % - водяна пара, 71,8 % - азот. Визначити питомий об'єм цього газу при тиску 10^5 Па та температурі 500 К.

43. Сухе атмосферне повітря складається із азоту - 78,09 % від загальної маси, кисню – 20,95 %, аргону – 0,93 % та вуглекислого газу – 0,03 %. Нехтуючи малими домішками інших газів визначити середню молярну масу атмосферного повітря та парціальні тиски складових газів при нормальному тиску.

44. Закрита посудина об'ємом 2 л заповнена повітрям при нормальних умовах. У посудину ввели діетиловий ефір ($C_2H_5OC_2H_5$). Після того, як ефір випарувався, тиск став 1050 мм рт. ст., а температура не змінилася. Визначити масу ефіру в посудині, густину суміші, молярну масу суміші.

45. Ідеальний газ масою перебуває у стані з параметрами: об'єм, тиск і температура. Згодом послідовно з ним роблять наступне: розширюють ізотермічно до об'єму у два рази більшого, розширюють ізобарно до об'єму в три рази більшого за початковий та нагрівають ізохорно, поки його тиск не стане рівним початковому. Після цього у посудину вводять ще дві маси газу. Температура та об'єм при цьому не змінюються. І ізотермічно розширюють так, що тиск зменшується у два рази. Зобразити графічно всі процеси, відкладаючи по осі абсцис p , а по осі ординат V . Визначити відношення початкової та кінцевої температур.

46. Знайти сумарну кінетичну енергію молекул, що містяться у 7 г азоту при температурі 16 °С. Яка частина цієї енергії припадає на поступальний а яка на обертальний рух молекул?

47. У посудині об'ємом 1 дм³ знаходиться 6 г газу під тиском $8 \cdot 10^4$ Н/м². Визначити середню квадратичну швидкість молекули газу.

48. З ядра атому радіо вилітають α -частинки зі швидкістю $5,5 \cdot 10^7$ км/год. При якій температурі атоми гелію мали б таку саму середню швидкість ($\mu_{He} = 4$ кг/кмоль)?

49. У повітрі знаходяться краплинки олії діаметром 1 мкм. Визначити їх середню квадратичну швидкість при температурі 17 °С. Густина олії $0,8 \cdot 10^3$ кг/м³.

50. Визначити середню квадратичну швидкість молекул газу, густина якого при тиску $5 \cdot 10^4$ Н/м² дорівнює $4,1 \cdot 10^{-2}$ кг/м³.

51. Визначити середню арифметичну швидкість молекул газу, якщо відомо, що середня квадратична швидкість їх становить 600 м/с.

52. Яка найбільш ймовірна швидкість молекул метану і гелію при температурі 27 °С?

53. Скільки молекул ртуті міститься в 1 м^3 повітря в приміщенні отруєному парами ртуті при температурі $20 \text{ }^\circ\text{C}$, якщо тиск насиченої пари ртуті при цій температурі складає $10^{-3} \text{ мм рт. ст}$?

54. Радонові ванни, що застосовують при лікуванні, містять $1,8 \cdot 10^6$ атомів радону на 1 л води. На яку кількість молекул води приходиться один атом радону?

55. Густина суміші кисню і азоту складає $0,6 \text{ г/л}$. Визначити концентрацію молекул азоту у суміші, якщо вона знаходиться під тиском 3 атм і має температуру $57 \text{ }^\circ\text{C}$.

56. Обчислити середню квадратичну швидкість і середню кінетичну енергію поступального руху молекул парів води при температурі $27 \text{ }^\circ\text{C}$.

57. У посудині об'ємом 3 л міститься кисень при температурі $17 \text{ }^\circ\text{C}$. Тиск газу $10^{-3} \text{ мм рт. ст}$. Визначити скільки молекул кисню міститься у посудині та середню внутрішню енергію газу.

58. Яка кількість молекул міститься у 1 г водню, кисню та водяної пари?

59. При нормальних умовах 1 л газу має масу $1,429 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$. Визначити густину газу, його молярну масу та загальне число молекул.

60. У скляній сферичній колбі радіусом 10 см міститься деяка кількість газу, тиск якого складає $0,1 \text{ мм рт. ст}$. Можна вважати, що при температурі $17 \text{ }^\circ\text{C}$ стінки посудини вкриті мономолекулярним шаром газу. Як зміниться тиск у посудині, якщо її прогріти до $300 \text{ }^\circ\text{C}$? Вважати, що кожна молекула займає на поверхні площу 10^{-19} м^2 і що при прогріві всі адсорбовані молекули газу перейдуть із стінок у посудину

61. У замкнутій посудині знаходиться суміш водню та азоту при температурі $27 \text{ }^\circ\text{C}$ та тиску 10^5 Па . Як зміниться тиск суміші якщо температуру підвищити до $150 \text{ }^\circ\text{C}$?

62. Визначити середню кінетичну енергію поступального руху молекул, які містяться в 1 г азоту та енергію обертального руху молекул при температурі 300 К .

63. У посудині міститься $0,05 \text{ кг}$ водяної пари при температурі 400 К . Яка повна кінетична енергія молекул пари та кінетична енергія обертального руху молекул?

64. При тиску 735 мм рт. ст. і температурі $17 \text{ }^\circ\text{C}$ густина деякого газу $8,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$. Визначити молярну масу газу, концентрацію молекул та середню квадратичну швидкість молекул газу.

65. У посудині об'ємом 1 л міститься 5 г ідеального газу під тиском $0,5 \cdot 10^5$ Па. Визначити середню квадратичну швидкість молекул газу.

66. Кисень міститься при температурі 47 °С. Визначити кінетичну енергію однієї молекули, середню квадратичну швидкість молекул.

67. Густина деякого багатоатомного газу складає $5 \cdot 10^{-2}$ кг/м³ при тиску $4 \cdot 10^3$ Па. Визначити середню квадратичну швидкість молекул газу та середню кінетичну енергію молекул в одиниці об'єму цього газу.

68. У досліді Штерна відстань між найбільш густими ділянками сліду пучка атомів срібла при обертанні циліндра у протилежних напрямках 9,6 мм. Число оборотів циліндра 50 об/с. Радіус циліндра 10 см можна вважати більшим у порівнянні з радіусом нитки розжарення і відстанню до діафрагми. Визначити температуру срібної нитки, натягнутої по осі циліндра.

69. У посудині міститься суміш газів аргону та гелію. Які відношення середніх квадратичних швидкостей молекул газів?

70. Ідеальний газ міститься в циліндрі під поршнем. При температурі 250 К та тиску $9,8 \cdot 10^4$ Па газ займає об'єм 10 м³. При переході газу у новий стан тиск підвищився до $1,0 \cdot 10^5$ Па, а об'єм збільшився до 10,5 м³. У скільки разів змінилась при цьому середня кінетична енергія поступального руху молекул і якою вона стала?

71. При температурі 300 К та тиску 10^5 Па міститься деяка маса азоту. Запас кінетичної енергії поступального руху молекул газу 6,3 Дж. Знайти число молекул газу, його масу та об'єм.

72. У балоні ємністю $25 \cdot 10^{-2}$ м³ міститься суміш вуглекислого газу та парів води. Число молекул вуглекислого газу $6,6 \cdot 10^{21}$, число молекул парів води $9 \cdot 10^{20}$. Визначити тиск газу на стінки посудини та середню енергію поступального руху молекул суміші при температурі газу 600 К.

73. Три однакових посудини з'єднані тонкими трубками, які не проводять тепло. При температурі 4 К вони заповнені деякою кількістю гелію. Потім одну посудину нагріли до 20 К, другу до 80 К, а температура третьої не змінилась. У скільки разів змінився тиск у системі?

74. Деяка маса молекулярного водню займає об'єм 1 м³ при температурі 250 К і тиску 2 атм. Під яким тиском буде ця ж маса

водню при температурі 5000 К в об'ємі 10 м³, якщо всі молекули дисоціюють на атоми?

75. Стальний балон при сталій температурі був зважений тричі: відкачаний, заповнений повітрям при атмосферному тиску, заповнений невідомим газом при тиску 1,5 атм. Виявилось, що тиски були відповідно рівні 200, 204, 210. Визначити молярну масу невідомого газу.

76. При нагріванні газу при сталому об'ємі на 1 К тиск збільшився на 0,2%. При якій початковій температурі знаходився газ?

77. У закритій посудині відбувається повне згоряння шматочка вугілля з утворенням вуглекислого газу. Після цього посудину охолоджують до початкової температури. Порівняйте кінцевий тиск у посудині з початковим. Об'єм вугілля малий у порівнянні з об'ємом посудини.

78. У герметично закритому балоні знаходиться суміш з $m_1 = 0,50 \text{ г}$ водню і $m_2 = 8,0 \text{ г}$ кисню при тиску $p_1 = 2,35 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Між газами відбувається реакція з утворенням водяної пари. Який тиск p встановиться в балоні після охолодження до початкової температури? Конденсації пари не відбувається.

79. Герметично закрити посудину повністю заповнено водою. Яким став би тиск p всередині посудини, якщо б сили взаємодії між молекулами води зникли? Температура в посудині стала: $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$.

80. У посудині зі ртуттю опускають відкриту з двох країв скляну трубку, залишаючи над поверхнею частину трубки завдовжки $l = 60 \text{ см}$. Потім трубку закривають згори і занурюють ще на $a = 30 \text{ см}$. Якою стане висота h стовпа повітря у трубці? Атмосферний тиск $H = 760 \text{ мм рт. ст.}$

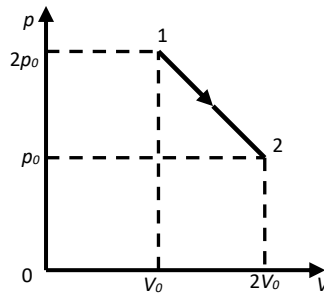
81. Горизонтальну циліндричну посудину поділено на дві частини тонким рухомим поршнем. Одна частина посудини містить кисень, друга – таку ж за масою кількість водню. Яким є рівноважне положення поршня, якщо довжина посудини $l = 50 \text{ см}$?

82. Компресор нагнітає повітря в резервуар ємністю V , захоплюючи при кожному качанні об'єм повітря ΔV . Спочатку тиск у резервуарі дорівнює атмосферному p_0 . Який тиск p_N установиться в резервуарі після N качань компресора? Вважайте, що температура повітря при стисненні не змінюється.

83. У шинах автомобіля температура повітря $t_1 = 14^\circ\text{C}$, а його тиск $p_1 = 500 \text{ кПа}$. У скільки разів зменшиться площа стикання коліс із дорогою, якщо після поїздки температура в шинах підвищиться до $t_2 = 57^\circ\text{C}$? Атмосферний тиск $p_a = 100 \text{ кПа}$. Зміною об'єму шини можна знехтувати.

84. Нагрівається чи охолоджується газ, що розширюється за законом: а) $pV^2 = \text{const}$; б) $p = \text{const}$; в) $p/V = \text{const}$?

85. Один моль ідеального газу переводять зі стану 1 у стан 2 (див. рисунок). Знайдіть максимальну температуру T_{max} газу в ході процесу.



86. Оболонка аеростата, що знаходиться на Землі, заповнена воднем на $\alpha = 7/8$ свого об'єму при температурі $t_1 = 17^\circ\text{C}$. Аеростат піднявся на висоту, де тиск $p_2 = 80 \text{ кПа}$ і температура $t_2 = -3^\circ\text{C}$. Яка маса водню, що в результаті розширення вийшов через клапан під час підняття? Об'єм оболонки $V = 800 \text{ м}^3$. На поверхні Землі атмосферний тиск $p_1 = 100 \text{ кПа}$.

87. Закрита 5 л містить деякий газ масою 0,8 г під тиском 250 кПа. Визначити: середню арифметичну швидкість молекул газу; середню кінетичну енергію теплового руху даної маси газу.

88. Скільки води можна було б нагріти від 4°C до 100°C за рахунок всієї кінетичної енергії теплового руху молекул?

89. Підрахувати, скільки разів можна було б обмотати Землю по екватору ланцюжком з молекул кисню, які є в 1 куб. см. Діаметр молекули кисню $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$. Радіус Землі 6400 км.

90. Дві посудини з'єднані трубкою з краном, який закритий. В посудині об'ємом V_1 - газ під тиском P_1 , а з об'ємом V_2 - газ під тиском P_2 . Який встановиться тиск в посудині, коли кран відкрити.

91. Визначити кількість молекул води в склянці ємністю 200 см^3

92. У посудині об'ємом 1 см^3 знаходиться ідеальний газ при тиску 10^{-9} Па . Яка імовірність того, що при температурі 273 К всі молекули газу займуть об'єм на 1 мм^3 менше, ніж об'єм посудини?

93. У посудині деякого об'єму міститься N молекул. Яка ймовірність того, що всі ці молекули будуть знаходитись тільки у одній половині посудини? Зробити обчислення для $N=2; 6; 10; 20$.

94. Найбільш імовірна швидкість молекул деякого газу 1820 м/с. Який це газ? Яка середня арифметична та середня квадратична швидкості молекул, якщо температура газу 127 °С?

95. Визначити яка частина молекул деякого газу має швидкості від найбільш імовірної до швидкості у два рази більшої за найбільш імовірну. Яка частина молекул має швидкості, більші за швидкість, яка у чотири рази менша за найбільш імовірну?

96. Визначити яка частина молекул азоту при температурі 27 °С має швидкості, модулі яких лежать в інтервалі від 210 до 215 м/с.

97. Температура кисню 208 °С. Визначити відношення числа молекул цього газу, модулі швидкостей яких лежать в інтервалі 798 - 802 м/с до числа молекул, модулі яких лежать в інтервалі 398 - 402 м/с. Пояснити чому таке співвідношення.

98. Яку частину від загальної кількості молекул деякого газу складають молекули, модулі швидкостей яких відрізняються не більше, ніж на 0,5 % від найбільш ймовірної швидкості? Від середньої квадратичної швидкості? Як зміниться результат при підвищенні температури газу у два рази?

99. Температура водню 550 К. Визначити відношення числа молекул цього газу, компоненти швидкостей яких лежать у інтервалі від 3000 до 3010 м/с, до числа молекул, компоненти швидкостей яких лежать у інтервалі від 1500 до 1510 м/с.

100. Температура водню 300 К. Визначити яку частину від загального числа молекул складають молекули, модулі швидкостей яких відрізняються від найбільш імовірної не більше, ніж на 5 м/с.

101. Визначити відношення числа молекул газу, швидкості яких відрізняються від найбільш імовірної не більше, ніж на 5 м/с при кімнатній температурі, до числа молекул того ж газу швидкості яких відрізняються на ту ж величину від найбільш імовірної швидкості, але при температурі у два рази вищій.

102. Покази барометра на одній з вершин гори на Памірі складають 43 % від показів барометра біля підніжжя гори. Визначити висоту цієї вершини, якщо температура повітря 10 °С.

103. Вважаючи, що повітря на поверхні Землі знаходиться при нормальних умовах, визначити відношення тиску повітря на висоті 2 км до тиску на дні шахти глибиною 2 км.

104. На якій висоті густина повітря зменшиться у e разів у порівнянні з густиною повітря над рівнем моря. Температура 300 К.

105. Визначити вагу циліндричного стовпа повітря з основою 1 м^2 , а висота його дорівнює висоті телебашти (530 м). Температур повітря 300 К, тиск біля поверхні Землі 760 мм рт. ст.

106. Горизонтальний циліндр, закритий з одного кільця, обертається з деякою кутовою швидкістю навколо вертикальної осі, що проходить через відкритий кінець циліндра. Довжина циліндра l , площа основи S . Визначити залежність числа молекул в одиниці об'єму всередині циліндра від відстані x до осі обертання. Нарисувати графік зміни тиску газу вздовж довжини посудини.

107. У деякому об'ємі міститься N молекул ідеального газу. Яке середнє значення числа молекул, кінетична енергія яких лежить у інтервалі між E і $E+dE$?

108. Газ знаходиться в тепловій рівновазі у полі сили тяжіння. Визначити відсоток молекул, у яких потенціальна енергія більша за їх середню кінетичну енергію поступального руху.

109. Концентрація молекул ідеального газу n_0 , температура T , маса молекул m . Газ в тепловій рівновазі. Визначити число молекул газу, які вдаряються за одиницю часу в одиницю поверхні посудини.

110. Визначити частину молекул водню, модулі швидкостей яких при температурі 27°C лежать в інтервалі від 1898 до 1903 м/с.

111. Визначити для газоподібного азоту швидкість молекул при якій значення функції розподілу Максвелла для температури 0°C буде таким же, як і для температури у два рази більшої.

112. Знайти залежність між середньою квадратичною швидкістю теплового руху молекул газу і швидкістю звуку в ньому.

113. Обчислити найбільш імовірну, середню і середню квадратичну швидкості молекул газу, у якого при нормальному атмосферному тиску густина 1 г/л .

114. Знайти середню квадратичну і середню арифметичну швидкості деякого газу, якщо відомо, що густина його 30 г/м^3 , а тиск, що ним на стінки $3,6 \text{ Па}$.

115. Обчислити при температурі 17°C : а) середню квадратичну швидкість і середню кінетичну енергію поступального руху молекули кисню; б) середню квадратичну швидкість краплі води діаметром $0,1 \text{ мкм}$, завислої в повітрі.

116. Знайти відносне число молекул газу, швидкості яких відрізняються не більше ніж на $\beta = 0,5\%$ від значення: найбільш

ймовірної швидкості; середньої квадратичної швидкості.

117. Суміш водню та гелію знаходиться при температурі 300 К. При якому значенні швидкості v молекул значення максвелівської функції розподілу за швидкостями будуть однакові для обох газів?

118. Вважаючи, що сухе повітря складається із 78% азоту, 21% кисню та 1% аргону (за об'ємом), визначити яка частина молекул від загальної кількості при температурі $t = 20$ °С рухається зі швидкостями від $v_1 = 350$ м/с до $v_2 = 360$ м/с.

119. Яка частина молекул кисню має швидкості які відрізняються від найбільш ймовірних не більше, ніж на $v = 10$ м/с, температура $t_1 = 0$ °С і $t_2 = 300$ °С?

120. У скільки разів число молекул, швидкості яких лежать в межах від $\sqrt{g^2}$ до $\sqrt{g^2} + \Delta v$, менше кількості молекул в межах від v_i до $v_i + \Delta v$.

121. Горизонтально розташовану трубку з закритими торцями обертають з постійною кутовою швидкістю ω навколо вертикальної осі, що проходить через один із її кінців. У трубці знаходиться вуглекислий газ при температурі $t = 27$ °С. Довжина трубки $l = 100$ см. Знайти кутову швидкість обертання трубки, при якій відношення концентрації молекул у її протилежних кінцях $\beta = 2$.

122. Барометр в кабіні літака весь час показує однаковий тиск $p = 25$ кПа, через що пілот вважає висоту польоту незмінною. Однак температура повітря змінилась на $\Delta T = 1$ К. Яку помилку у визначенні висоти допускає пілот? Вважати, що температура не залежить від висоти і що тиск біля поверхні Землі рівний $p_0 = 0,1$ МПа.

123. При спостереженні у мікроскоп зважених частинок гумігута видно, що середнє число їх у шарах, відстань між якими $h = 40$ мкм, відрізняється одне від одного у $\beta = 2$ рази. Температура середовища $t = 17$ °С. Діаметр частинок $D = 0,4$ мкм, а їх густина на $\Delta \rho = 0,2$ г/см³ більше густини оточуючої рідини. Знайти за цими даними сталу Авогадро.

124. Вважаючи повітря ідеальним газом, що має температуру $t = 7$ °С, знайти його тиск і густину на висоті $H = 820$ м. Вважати тиск біля поверхні землі нормальним. Зміну температури з висотою не враховувати.

125. Частинки пилу масою $m = 10^{-20}$ г підвішені у повітрі. Визначити товщину шару повітря, в межах якого концентрація пилу відрізняється не більш ніж на 0,1%. Температуру повітря по всьому

об'ємі вважати сталою і рівною $t = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

126. Закрита 5 л містить деякий газ масою 0,8 г під тиском 250 кПа. Визначити: середню арифметичну швидкість молекул газу; середню кінетичну енергію теплового руху даної маси газу. Скільки води можна було б нагріти від $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ за рахунок всієї кінетичної енергії теплового руху молекул?

127. Яка частина молекул водню при температурі $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ має швидкість, що лежить в межах від 1995 до 2005 м/с?

128. Яка частина молекул вуглекислоти при температурі $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ має швидкості, що лежать в межах від 200 до 205 м/с?

129. Яка частина молекул кисню має швидкості, що відмінні від найбільш ймовірної не більше як на 10 м/с при температурах $0\text{ }^{\circ}\text{C}$; $300\text{ }^{\circ}\text{C}$?

130. Яка частина молекул має швидкості: більші за найбільш ймовірну; менші за найбільш ймовірну?

131. Знайти відношення кількості молекул водню, швидкості яких лежать в межах від 1995 до 2005 м/с, до числа молекул, швидкості яких лежать в межах від 995 до 1005 м/с при температурі $27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

132. Знайти тиск та концентрацію молекул повітря на висоті 3000 м над рівнем моря, якщо тиск на рівні моря 10^5 Па. а температура $13\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зміною температури з висотою знехтувати.

133. Тиск повітря на рівні моря 750 мм рт. ст., а на вершині гори 600 мм рт. ст. Яка висота гори, якщо температура повітря $17\text{ }^{\circ}\text{C}$? Молярна маса повітря 29 кг/моль. В яких межах може знаходитись відповідь?

134. На якій глибині в шахті густина повітря збільшується в 2 рази? Вважати температуру в шахті сталою і рівною $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

135. Обчислити, який відсоток молекул газу, що знаходяться в полі сил тяжіння, мають потенціальну енергію більшу, ніж їх середня кінетична енергія поступального руху. Вважати, що для цього газу має місце розподіл Больцмана.

136. На якій висоті густина повітря в 2 рази менша ніж на рівні моря? Температуру вважати сталою і рівною $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

137. Для отримання високого вакууму в скляній при відкачуванні підігривають з метою видалити адсорбований газ. Обчислити на скільки може підвищитися тиск в сферичній радіусом 15 см, якщо всі адсорбовані молекули перейдуть із стінок у . Шар молекул на стінках вважати мономолекулярним, поперечний

переріз однієї молекули прийняти рівним $a = 10^{-15}$ см² Температура, при якій проводиться відкачування 327 °С.

138. Дві плоскі пластини площею $S = 100$ см² кожна розміщені в парах азоту на відстані $d = 2$ мм одна від одної. Їх температури дорівнюють відповідно $t_1 = 0$ °С і $t_2 = 20$ °С і є сталими. Кількість теплоти, що пройшла між пластинами за час $\tau = 1$ хв внаслідок теплопровідності газу виявилась рівною $Q = 53$ Дж. Знайти розміри молекул газу.

139. Акваторія азовського моря складає $S = 3,8 \cdot 10^4$ км². Знайти, у скільки разів потужність теплового потоку, що передається водою в атмосферу, перевищує потужність електростанції у $N_e = 1$ ГВт, якщо море має шар льоду товщиною $d = 200$ мм, а температура на нижній і верхній поверхнях льоду $t_1 = 0$ °С і $t_2 = -15$ °С.

140. Кисень деякої маси здійснює адіабатний процес. Вважаючи його ідеальним газом, знайти залежність середньої довжини вільного пробігу і середнього числа зіткнень кожної молекули в цьому процесі від : об'єму, тиску, температури.

141. Тиск азоту змінюється від $p_1 = 5 \cdot 10^4$ Па до $p_2 = 2 \cdot 10^5$ Па. Знайти залежність зміни кількості зіткнень, які відчула молекула азоту за $t = 1$ с, якщо маса газу була незмінною і він здійснював ізохорний, ізотермічний та адіабатний процеси.

142. Вважаючи водень і кисень ідеальним газом, що знаходиться при однакових умовах, визначити, у скільки разів відрізняється: довжина вільного пробігу молекул водню від довжини вільного пробігу молекул кисню; коефіцієнт дифузії водню від коефіцієнта дифузії кисню; в'язкість водню від в'язкості кисню; теплопровідність водню від теплопровідності кисню.

143. Тиск азоту деякої маси при температурі $t = 17$ °С рівний $p = 0,1$ МПа. Знайти середню довжину вільного пробігу молекул азоту, коефіцієнт дифузії і в'язкості при заданих умовах. Як змінюються знайдені величини при двократному збільшенні об'єму газу: ізобарно; ізотермічно?

144. Об'єм багатоатомного газу змінюється від $V_1 = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м³ до $V_2 = 1 \cdot 10^{-4}$ м³. У скільки разів зміниться число зіткнень, які відчуває молекула газу за $t = 1$ с, якщо маса газу при зміні об'єму не міняється? Розглянути ізобарний, ізотермічний і адіабатний процеси.

145. Знайти середню довжину вільного пробігу і середній час між зіткненнями молекули кисню при нормальних умовах. Порівняти ці величини для протонів космічних променів Галактики, вважаючи,

що у міжзоряному газі середнє значення швидкості, концентрації та діаметр протонів дорівнюють відповідно $v \approx c$, $n_0 = 10^4 \text{ м}^{-3}$, $\sigma \approx 2 \cdot 10^{15} \text{ м}$.

146. Середня квадратична швидкість молекул аргону при тиску $p = 0,1 \text{ МПа}$ дорівнює $\sqrt{g^2} = 414 \text{ м/с}$. Визначити: середню довжину вільного пробігу молекул аргону та кількість їх зіткнень, коефіцієнт дифузії і теплопровідність аргону.

147. Вуглекислий газ, взятий у кількості 1 моль, нагрівають від $t_1 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_2 = 77 \text{ }^\circ\text{C}$. У скільки разів при цьому зміниться кількість зіткнень, які відчуває молекула газу за $\tau = 1 \text{ с}$, якщо процес нагрівання був: ізобарний, ізохорний, адіабатний?

148. Балон ємністю 10 л містить 1 г водню. Визначити середню довжину вільного пробігу молекул; відношення середньої довжини вільного пробігу до ефективного діаметру молекул.

149. Визначити густину водню, якщо середня довжина вільного пробігу молекул 1 см та відношення знайденої густини до густини водню при нормальних умовах.

150. Вакуумні насоси дозволяють понижувати тиск газу в посудині до 10^{-10} Па . Скільки молекул містить 1 мм^3 азоту при такому тиску і температурі $27 \text{ }^\circ\text{C}$? Яка при цих умовах середня довжина вільного пробігу молекул азоту і середній час між двома зіткненнями?

151. При температурі $0 \text{ }^\circ\text{C}$ середня довжина вільного пробігу молекул кисню дорівнює $9,5 \cdot 10^{-6} \text{ см}$. Яке число зіткнень молекул за 1 с при цій же температурі, але при тиску меншому у десять разів?

152. При температурі 273 К і тиску 10^5 Па довжина вільного пробігу молекул азоту $6 \cdot 10^{-6} \text{ см}$. При якому тиску середня довжина вільного пробігу молекул азоту при цій же температурі дорівнює 1 мм? У скільки разів при цьому тиску середня тривалість вільного пробігу більша, ніж при тиску 10^5 Па ? Яка повна кількість зіткнень між молекулами, що відбудуться за 1 с в 1 см^3 газу при нормальних умовах?

153. Посудина відкачана до високого вакууму розділена пористою перегородкою на дві частини з відношенням об'ємів як 1:3. У меншу частину посудини введено суміш водню та азоту при тиску $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Через деякий час, за який температура залишалась сталою, тиск газу зменшився до 10^5 Па , а потім залишався сталим. Визначити відношення мас водню та азоту у суміші та тиск, що встановився у другій частині посудини.

154. У скільки разів зміниться маса дифундованого газу при стаціонарному процесі, якщо абсолютна температура газу зменшиться у три рази, а час дифузії зросте у два рази?

155. Дві посудини об'ємом 1 л кожна з'єднані трубкою довжиною 10 см та площею поперечного перерізу 1 см^2 . Одна посудина заповнена вологим повітрям, а друга – сухим. Нехтуючи внутрішнім тертям, прийнявши, що коефіцієнт дифузії парів води у повітрі при атмосферному тиску дорівнює $0,23 \text{ см}^2/\text{с}$, визначити через скільки часу різниця концентрацій парів води зменшиться у e разів.

156. В'язкість деякого газу визначається методом зміни сили тертя між пластинами. Шар газу між пластинами має товщину 0,9 мм. При тиску 2,8 Па в'язкість газу дорівнює $0,8 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}$, а при тисках 10,9 Па та 16 Па в'язкість дорівнює $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}$. Яка середня довжина вільного пробігу молекул цього газу при нормальному тиску і цій же температурі?

157. Коефіцієнт внутрішнього тертя кисню при нормальних умовах $1,92 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}$. Визначити довжину вільного пробігу молекул та їх ефективний діаметр.

158. Як зміниться коефіцієнт внутрішнього тертя двохатомного газу, стан якого далекий від вакууму, при зменшенні об'єму у два рази, якщо процес переходу був ізотермічним; ізобарним?

159. Вода у річці має температуру $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура повітря - $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Який шар льоду утвориться за одну добу, з моменту початку замерзання води? Коефіцієнт теплопровідності льоду $2,51 \text{ Вт}/(\text{м К})$.

160. Антикатод рентгенівської трубки виготовлений у вигляді мідного стержня довжиною 25 см і діаметром 1,5 см. Визначити різницю температур між гарячим та холодним кінцями стержня, якщо через бокову поверхню стержня тепло не проходить, а холодний кінець омивається проточною водою. Вода нагрівається на $3 \text{ }^\circ\text{C}$ при витраті 1 кг/хв. Коефіцієнт теплопровідності міді $3,185 \cdot 10^2 \text{ Вт}/(\text{м К})$.

161. Визначити мінімальний тиск, при якому теплопровідність повітря між подвійними стінками посудини ще не залежить від тиску. Відстань між стінками 5 мм, а температура газу $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

162. Визначити як змінюється температура у просторі між двома концентричними сферами різних радіусів від відстані до центра сфер. Побудувати графік залежності $T = f(r)$. Простір між сферами заповнений однорідною теплопровідною речовиною. Температури сфер різні і сталі.

163. Середня довжина вільного пробігу атомів гелію при нормальних умовах $1,8 \cdot 10^{-7}$ м. Визначити коефіцієнти дифузії, внутрішнього тертя і теплопровідності.

164. Азот знаходиться при тиску 10^5 Па і температурі 10 °С. Визначити коефіцієнти дифузії, внутрішнього тертя і теплопровідності.

165. Коефіцієнти дифузії і внутрішнього тертя водню при деяких умовах дорівнюють $1,4 \cdot 10^{-4}$ м³/с та $8,5 \cdot 10^{-6}$ нс/м². Визначити число молекул водню в 1 м³ при цих умовах і коефіцієнт теплопровідності.

166. Кисень та азот мають однакові температуру та тиск. Визначити для цих газів відношення їх коефіцієнтів внутрішнього тертя; відношення коефіцієнтів теплопровідності.

167. Чи можна вважати тиск $1,3 \cdot 10^{-4}$ Па технічним вакуумом, якщо він створений у колбі діаметром 20 см, яка містить кисень при 0 °С? Яка середня тривалість вільного пробігу молекул при цих умовах?

168. Середня квадратична швидкість молекул деякого газу 900 м/с, а середня довжина вільного пробігу при цих умовах $4 \cdot 10^{-6}$ м. Визначити середню кількість зіткнень цього газу за 1 с.

169. Скільки зіткнень за 1 с здійснює одна молекула вуглекислого газу, що знаходиться при нормальних умовах?

170. Яке середнє значення проміжку часу між двома послідовними зіткненнями молекул водню при тиску $13,3$ Н/м² і температурі 100 °С?

171. У сферичній посудині об'ємом 2 дм³ знаходиться водень. При якій густині водню молекули не будуть стикатися одна з одною?

172. При нормальному тиску середня довжина вільного пробігу молекули рівна $6,21 \cdot 10^{-8}$ м. Визначити середню довжину вільного пробігу молекул повітря при надвисокому вакуумі (10^{-11} мм рт ст.). Температуру вважати сталою.

173. Середня довжина вільного пробігу молекули вуглекислого газу при нормальних умовах дорівнює $4 \cdot 10^{-6}$ см. Яка середня арифметична швидкість молекул? Скільки зіткнень за секунду здійснює молекула?

174. Як зміниться кількість ударів молекул двоатомного газу в 1 см² стінки посудини за 1 с, якщо об'єм адіабатно збільшити у два рази?

175. Відстань між катодом і анодом у газорозрядній трубці дорівнює 15 см. Який тиск необхідно створити у трубці, щоб електрони не стикалися з молекулами на шляху від катода до аноду? Температура дорівнює 27 °С; діаметр молекули $3 \cdot 10^{-10}$ м. Середня довжина вільного пробігу електрону у газі в 5,7 рази більша ніж молекул газу.

176. При якій концентрації середня відстань між молекулами в 100 разів менша, ніж довжина вільного пробігу молекули: а) для азоту ($\sigma_{N_2} = 3,1 \cdot 10^{-10}$ м); б) для водню ($\sigma_{H_2} = 2,3 \cdot 10^{-10}$ м)?

177. Знайти ефективний діаметр молекули водню, якщо при атмосферному тиску довжина вільного пробігу $1,28 \cdot 10^{-6}$ см. Скільки зіткнень при цьому здійснить молекула за 1 с?

178. Побудувати графік залежності теплопровідності водню від температури в інтервалі [100-600 К] через кожні 100 градусів.

179. Побудувати графік залежності в'язкості азоту від температури в інтервалі [100-600 К] через кожні 100 градусів.

180. У скільки разів в'язкість кисню більша за в'язкість азоту.

181. Циліндричний термос з внутрішнім радіусом 9 см, а зовнішнім – 10 см заповнено льодом при температурі 0 °С. Висота = 20 см. Температура повітря 20 °С. При якому граничному тиску між стінками термоса теплопровідність ще буде залежати від тиску. Діаметр молекул повітря 0,3 нм. Знайти теплопровідність повітря між стінками термоса при $P = 101,3$ кПа, $P = 13,3$ мПа. Яка кількість теплоти проходить за 1 хв через бічну поверхню термоса.

182. У скільки разів поправка b на об'єм молекул у рівнянні Ван-дер-Ваальса більша за дійсний об'єм молекул азоту, якщо для нього ця поправка рівна $0,039$ м³/кмоль? Діаметр молекули азоту $3,1 \cdot 10^{-10}$ м.

183. Знайти внутрішній тиск води.

184. Визначити внутрішній тиск для вуглекислоти в момент стиснення, якщо густина її при цьому 550 кг/м³, а стала Ван-дер-Ваальса $a = 4,3 \cdot 10^5$ Дж·м³/кмоль².

185. Знайти роботу внутрішніх сил при розширенні $0,001$ кг азоту від об'єму $0,5$ л до об'єму 5 л ($a = 1,35 \cdot 10^5$ Дж·м³/кмоль²). Порівняти цю роботу з роботою виконаною проти зовнішніх сил при ізобарному розширенні і при тиску 1 атм.

186. Для деякого газу поправка a в рівнянні Ван-дер-Ваальса $45,3 \cdot 10^4$ Дж м³/кмоль², а критична температура $282,7$ К. Визначити ефективний діаметр молекули газу.

187. У посудину об'ємом 1 л, що з'єднана з повітрям при температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нормальному атмосферному тиску, кидають шматочок сухого льоду (тверда вуглекислота) масою 2 г. Посудину відразу ж закривають. Який тиск встановиться у посудині при незмінній температурі? Тиск насиченої пари вуглекислоти при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ $56,5\text{ атм}$. Який тиск стане у посудині, якщо до неї кинути шматочок сухого льоду масою 0,5 г?

188. У посудині об'ємом 50 л при $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ знаходиться повітря вологістю 20%. Яка відносна вологість повітря в посудині, якщо до неї потрапить 0,5 г води?

189. У циліндрі під поршнем площею 100 см^2 знаходиться 18 г водяної пари при температурі $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. До поршня через систему блоків підвішений вантаж масою 100 кг. Циліндр охолоджується до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. На яку висоту підніметься вантаж, якщо атмосферний тиск дорівнює 1 атм , а вага поршня зрівноважена гирею масою M_1 ?

190. Визначити відношення маси 1 м^3 сухого повітря до маси 1 м^3 повітря з вологістю 50%. Обидві порції повітря взяті при нормальному атмосферному тиску і температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

191. Визначити зміну внутрішньої енергії при перетворенні в пару 8 г спирту під час кипіння при нормальному тиску ($78\text{ }^{\circ}\text{C}$). Питомий об'єм парів спирту $0,607\text{ м}^3/\text{кг}$, теплота кипіння спирту $863\text{ }10^3\text{ Дж/кг}$.

192. До замкненої посудині ємністю 6 л, де мітиться насичена пара при тиску $1,96\cdot 10^5\text{ Н/м}^2$, вприскують певну кількість води при температурі $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тиск пари у посудині знижується до $0,98\cdot 10^5\text{ Н/м}^2$. Яку кількість води вприснули у посудину?

193. У замкненій посудині ємністю 2 л знаходиться 1 г води і повітря. При температурі $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ тиск у посудині дорівнює 760 мм рт. ст . Який буде тиск при температурах 93 і $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно?

194. Знайти тиск насиченої водяної пари при температурі $101\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вважати пару ідеальним газом.

195. Точка кипіння води поблизу $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ при підвищенні тиску на 3 мм рт. ст . підвищується на $0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$, теплота пароутворення 539 ккал/кг . Яка різниця питомих об'ємів насиченої водяної пари і рідини?

196. При $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ пружність водяної пари над льодом 575 Н/м^2 . Теплота плавлення льоду при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ рівна $3,33\cdot 10^5\text{ Дж/кг}$. Знайти пружність водяної пари над льодом при температурі $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

197. Яким тиском необхідно подіяти на вуглекислий газ при

температурі $T = 300 \text{ K}$, щоб його густина стала рівною $\rho = 500 \text{ г/л}$? Розрахунок провести як для ідеального газу, так і для ван-дер-ваальсівського.

198. Знайти тиск обумовлений силами взаємодії молекул газу, який знаходиться при нормальних умовах, якщо кількість речовини $\nu = 1$ моль. Критична температура та критичний тиск цього газу відповідно рівні $T_k = 417 \text{ K}$ а $p_k = 7,7 \text{ МПа}$.

199. Користуючись табличними значеннями поправок Ван-дер-Ваальса, визначити: найбільшу температуру при якій можливе існування води в рідкому стані; найбільший тиск, що можуть мати насичені пари води; найбільший об'єм, що займає вода масою $m = 1 \text{ г}$ в рідкому стані.

200. Знайти температуру при якій тиск кисню, що має густину $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$, рівний $p = 6,86 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

201. За відомими критичними значеннями тиску і температури газу отримати формулу для обчислення ефективного діаметру молекули і виходячи з неї розрахувати діаметр молекули оксиду вуглецю ($p_k = 3,453 \cdot 10^6 \text{ Па}$; $t_k = -140 \text{ }^\circ\text{C}$).

202. Тиск газу в $n = 12$ раз більше його критичного тиску, об'єм дорівнює половині критичного об'єму. Використовуючи рівняння Ван-дер-Ваальса у приведених величинах, визначити у скільки разів температура газу більше його критичної температури.

203. У балоні ємністю $V = 22 \text{ дм}^3$ знаходиться азот масою $m = 0,7 \text{ кг}$ при температурі $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$. Знайти: тиск газу на стінки балону; внутрішній тиск газу і власний об'єм молекул.

204. Об'єм кисню масою $m = 4 \text{ г}$ збільшується від $V_1 \text{ дм}^3$ до $V_2 = 5 \text{ дм}^3$. Вважаючи газ реальним, знайти роботу внутрішніх сил при цьому розширенні.

205. В посудині ємністю $V = 1 \text{ л}$ знаходиться азот масою $m = 0,25 \text{ кг}$ при температурі $t = 27 \text{ }^\circ\text{C}$. Знайти, яку частину об'єму посудини складає власний об'єм молекул.

206. У замкненій посудині об'ємом $V = 0,1 \text{ л}$ знаходиться вуглекислий газ масою $m = 33 \text{ г}$ при тиску $p = 3 \text{ МПа}$. Знайти у скільки разів потрібно збільшити температуру газу, щоб тиск збільшився удвічі.

207. У балоні ємністю $2,24 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ міститься $0,7 \text{ кг}$ азоту при температурі 273 K . Визначити тиск газу на стінки балона, внутрішній тиск, власний об'єм молекул.

208. Тиск кисню густиною 100 кг/м^3 дорівнює $7 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Визначити внутрішній тиск і температуру газу. Порівняти з ідеальним газом.

209. У посудині об'ємом 8 л міститься 0,3 кг кисню при $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Яку частину тиску газу створює тиск, обумовлений силами притягання молекул? Яку частину об'єму посудини займає власний об'єм молекул?

210. У двох посудинах ємністю 20 л кожна при температурі $27 \text{ }^\circ\text{C}$ міститься по 50 молів газу. У одній посудині – вуглекислий газ, у іншій – водень. Визначити тиск у кожній посудині, вважаючи газ реальним; ідеальним.

211. При температурі $200 \text{ }^\circ\text{C}$ ізотермічно стискають 1 кмоль водяної пари. Визначити найбільший тиск пари; найбільший об'єм води; найменший об'єм насиченої пари; об'єм при якому рідка вода складає 0,5 кмоль. Тепловим розширенням нехтувати. Питомий об'єм насиченої пари при температурі $200 \text{ }^\circ\text{C}$ $0,126 \text{ м}^3/\text{г}$.

212. Визначити для 1 моля води внутрішній тиск при $4 \text{ }^\circ\text{C}$ та густину у критичній точці.

213. Знаючи, що дотична до ізотерми Ван-дер-Ваальса у критичній точці іде горизонтально і що критична точка є точкою перегину, виразити критичні тиск, об'єм та температуру через сталі a та b для 1 моля речовини.

214. Встановіть зв'язок між тиском, об'ємом та температурою в критичній точці для 1 моля речовини, яка описується рівнянням Ван-дер-Ваальса.

215. Визначити критичні тиск і температуру для кисню та водяної пари. Використайте для цього значення сталих a та b у рівнянні Ван-дер-Ваальса.

216. У посудині міститься 1 моль газу. Його тиск у 20 разів більший за критичний тиск, а об'єм дорівнює половині критичного об'єму. Визначити відношення температури цього газу до критичної температури.

217. Для аргону критичний тиск дорівнює $48 \cdot 10^5 \text{ Па}$, а критична температура $-122 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити сталі a та b у рівнянні Ван-дер-Ваальса; критичний об'єм 1 моля аргону.

218. При температурі 310 К 1 кмоль азоту займає об'єм $2,5 \text{ м}^3$. Використовуючи значення критичних параметрів азоту, визначити тиск та ефективний діаметр молекул.

219. Для демонстрації критичного стану використовують прилад Авенаріуса, у якому нагрівають запаяну ампулу з етиловим ефіром. Яку частину ампули повинен займати ефір при температурі 20 °С, щоб при досягненні критичної температури весь об'єм трубки був заповнений ефіром у критичному стані? Молярна маса ефіру $74 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Критична температура 467 К, критичний тиск $36 \cdot 10^5$ Па. Густина ефіру 714 кг/м³.

220. Два балони ємністю 1 л кожен з'єднані між собою трубою з краном. У одному міститься повітря при нормальному атмосферному тиску, а інший – відкачаний до граничного вакууму. Вважаючи, що для повітря справедливе рівняння Ван-дер-Ваальса, а балони та трубки теплоізовані, визначити зміну температури після відкриття крана і встановленні єдиного тиску. Початкова температура 290 К, для повітря $a = 0,135$ Н м⁴/моль².

221. Визначити початкову температуру водню, при якій він дроселює без зміни температури у випадку невеликого перепаду тиску, тобто тиску, при якому виконуються умови: $\frac{b}{V} \ll 1, \frac{2a}{RTV} \ll 1$ Яке співвідношення між цією температурою і критичною температурою для водню? Яка температура водню після дроселювання у пустоту, якщо початкова температура 300 К, а початковий тиск 10 Па?

222. У одному балоні міститься азот, а у іншому гелій при температурі 300 К. У обох газу сильно стиснуті до молярних об'ємів 100 см³/моль. При дроселюванні вони розширюються до атмосферного тиску, при якому газу можна вважати ідеальними. Використовуючи сталі a та b у рівнянні Ван-дер-Ваальса, визначити для кожного газу температуру інверсії та зміну температури при дроселюванні.

223. При якій температурі гелій та ксенон у досліді Джоуля-Томсона будуть охолоджуватися? Критична температура гелію 5,3 К, а ксенону 290 К.

224. Водень при температурі -80 °С розширюється. Охолоджується чи нагрівається він при цьому?

225. У циліндрі 1 моль вуглекислого газу займає об'єм 2 м³ при температурі 50 °С. До якого об'єму потрібно ізотермічно стиснути газ, щоб перетворити його у рідину? Яка при цьому максимальна пружність насиченої пари? Який тиск насиченої пари при температурі 20 °С?

226. Розширення 1 моля газу у досліді Джоуля – Томсона відбувається від стану з параметрами нормальних умов до сильно розрідженого стану, при якому можна вважати газ ідеальним. Графік зміни стану газу має вигляд, як на рисунку і ділить площину на дві області: в одній газ охолоджується, а в другій – нагрівається. Який фізичний зміст температури T_1 та об'єму V_1 , які відмічені на рисунку? Як змінюється температура газу при дроселюванні, якщо у початковому стані газ має параметри точки 1; параметри точки 2?

227. Скільки кілограмів стиснутого повітря необхідно використати для отримання 300 кДж роботи при адіабатному розширенні, якщо об'єм його збільшиться у 2 рази? Початковий тиск вважати рівним 2 атм. Вказівка. Спочатку за допомогою рівняння Пуасона знайти p_2 а потім з рівняння $A = \frac{1}{\gamma-1}(p_1V_1 - p_2V_2)$ визначити V_1 і масу цього газу.

228. Необхідно стиснути 10 л повітря до об'єму 1 л. Як це зробити вигідніше: адіабатно чи ізотермічно?

229. В посудині знаходиться деяка маса азоту при тиску 10 атм. Кінетична енергія всіх молекул рівна 581 Дж, а їх середня квадратична швидкість 500 м/с. Знайти масу і температуру азоту, об'єм посудини.

230. У товстій скляній трубці, запаяній з одного боку, щільно рухається поршень. В трубку кидають ватку змочену у бензині, і різко всовують поршень, стискаючи суміш повітря і пари бензину в 10 раз. Вважаючи процес стискання адіабатним, знайти температуру і тиск в трубці після стиснення, якщо початковий тиск був 1 атм, а температура 27 °С.

231. З якою швидкістю повинна летіти свинцева куля, щоб енергії руху вистачило на її розплавлення? Температура кулі 15 °С; питома теплоємність свинцю 13,4 Дж/(кг·град), температура плавлення 327 °С, теплота плавлення $2,09 \cdot 10^4$ Дж/кг.

232. Два різних газу, один одноатомний інший двоатомний, мають одну і ту ж температуру і займають однаковий об'єм. Газу стискають адіабатно так, щоб об'єм їх зменшився у 2 рази. Який із газів нагріється швидше і у скільки разів?

233. Чому дорівнює внутрішня енергія азоту масою 1,014 кг при температурі 500 °С, якщо при цьому 20% молекул дисоціювали на атоми?

234. Два газу, один з яких одноатомний, а другий двоатомний,

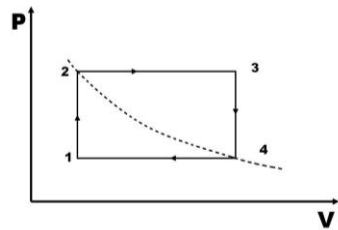
займають однаковий об'єм. При однаковому початковому тиску над ними відбувається адіабатне стиснення до половини початкового об'єму кожен. Яке відношення кінцевих тисків обох газів? Яке відношення роботи стиску?

235. Під дзвоном газгольдера знаходиться 3 кг азоту при початковій температурі 293 K і сталому тиску 1,32 атм. Знайти збільшення об'єму газу, виконану ним роботу і збільшення температури внаслідок надання газу 60 кДж теплоти за рахунок сонячного випромінювання. Теплоємність азоту 1,04 кДж/(кг·град).

236. У циліндрі вільно рухається поршень, під яким залишилась камера об'ємом 20 см³, заповнена повітрям при нормальних умовах. На поршень падає молот масою 5 кг з висоти 0,5 м. Визначити температуру, об'єм і тиск повітря після стискування його молотом, вважаючи стиснення адіабатним. Розв'язати задачу вважаючи масу молота рівною 2 кг.

237. Для нагрівання $m = 2,0$ кг деякого газу на $\Delta T = 5,0$ K при сталому тиску потрібна кількість теплоти $Q_p = 9,1$ кДж, а для нагрівання на ΔT при сталому об'ємі потрібно $Q_v = 6,5$ кДж. Який це може бути газ?

238. Знайдіть роботу A' , виконану одним молем ідеального газу за цикл. Температури газу в станах 1 і 3 дорівнюють T_1 і T_2 , а точки 2 і 4 лежать на одній ізотермі.



239. Кисень нагрівають при сталому тиску. Яку кількість теплоти Q необхідно передати газу, щоб його об'єм подвоївся? Початкова температура $t_1 = 0$ °C, кількість речовини $\nu = 1$ моль.

240. Газ знаходиться у вертикальному циліндрі з площею дна $S = 10$ см². Циліндр закритий поршнем маси $m = 9,8$ кг, що переміщається без тертя. Початковий об'єм газу $V_0 = 5,0$ л, температура $t_0 = 0$ °C. Тиск зовнішнього повітря $p_a = 100$ кПа. Яку кількість теплоти Q необхідно передати газу за цих умов для нагрівання на $\Delta T = 10$ K? Відомо, що для підвищення температури газу на ту ж саму величину при закріпленому поршні була б потрібна

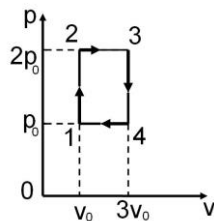
кількість теплоти $Q_1 = 90 \text{ Дж}$.

241. У довгій, розташованій горизонтально теплоізолюваній трубі між двома однаковими поршнями (маси m кожний) знаходиться $\nu = 1 \text{ моль}$ одноатомного газу при температурі T_0 . У початковий момент поршні зближуються, причому швидкості поршнів напрямлені в один бік і дорівнюють $3v$ і v . До якої найбільшої температури T нагріється газ? Масою газу в порівнянні з масою поршнів можна знехтувати. Поршні тепло не проводять. Тертям можна знехтувати, на атмосферний тиск не зважати.

242. Автомобіль рухається зі швидкістю $v = 72 \text{ км/год}$. Потужність двигуна $N = 60 \text{ кВт}$, ККД дорівнює 30% . Які витрати бензину на $s = 1 \text{ км}$ шляху?

243. Реактивний літак має чотири двигуни, кожний з яких розвиває силу $F = 30 \text{ кН}$. Коефіцієнт корисної дії двигунів дорівнює 25% . Знайдіть витрати палива на переліт завдовжки $l = 4000 \text{ км}$.

244. Через теплообмін крізь стінки холодильник отримує від повітря в кімнаті кількість теплоти $Q = 420 \text{ кДж}$ за час $t = 1 \text{ год}$. Температура в кімнаті $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Яку мінімальну потужність P має споживати холодильник від мережі, щоб всередині холодильної шафи підтримувалася температура $t_2 = -5^\circ\text{C}$?



Газова нагрівальна колонка споживає $V_0 = 1,2 \text{ м}^3$ метану (CH_4) на годину. Знайдіть температуру t підігрітої води, якщо витічна струмина має швидкість $v = 0,5 \text{ м/с}$. Діаметр струмини $d = 1,0 \text{ см}$, початкова температура води і газу $t_0 = 11^\circ\text{C}$. ККД нагрівача $\eta = 0,6$.

245. На рисунку показано цикл із двох ізохор та двох ізобар. Знайдіть ККД циклу, якщо робоче тіло – одноатомний ідеальний газ.

246. Визначити відношення теплоємностей для суміші 3 моль аргону та 5 моль кисню.

247. Відношення молярних теплоємностей для двоатомного газу дорівнює $1,4$. Визначити питомі теплоємності кисню та азоту.

248. Для трьохатомного газу, який має притому теплоємність при сталому тиску $725 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, визначити молярну масу газу та відношення молярних теплоємностей.

249. Показник політропи $1,7$ для деякого політропного процесу багатоатомного газу. Визначити молярну теплоємність газу у цьому процесі.

250. На скільки більше теплоти потрібно надати 12 г кисню, щоб нагріти його від 20 до $70 \text{ }^\circ\text{C}$ при сталому тиску, ніж при сталому об'ємі?

251. Змішали 40 г водню та 32 г кисню. Питома теплоємність водню $14,2 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, а кисню $912 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Визначити втрату тепла при охолодженні суміші на $30 \text{ }^\circ\text{C}$ при сталому об'ємі, питому теплоємність суміші.

252. Яка частина кількості теплоти, що підводиться до ідеального газу при ізобарному процесі, витрачається на збільшення внутрішньої енергії газу і яка – на роботу газу при розширенні, якщо газ одноатомний; двоатомний; триатомний?

253. Розширюючись 1 моль водню здійснив роботу 10 Дж . Яку кількість теплоти було підведено до газу, у випадку ізобарного, ізотермічного процесу?

254. У циліндрі під поршнем міститься повітря. Яка робота повинна бути виконана, щоб підняти поршень на 10 см , якщо початкова висота стовпа повітря 15 см , зовнішній тиск 10^5 Па ? Площа поршня 10 см^2 . Температура не змінюється.

255. Деяка маса азоту при тиску 10^5 Па мала об'єм 5 л , а при тиску $3\cdot 10^5 \text{ Па}$ – об'єм 2 л . Перехід з першого стану у другий здійснили у два етапи: спочатку ізохорно, потім ізобарно; або спочатку ізобарно, а потім ізохорно. Визначити зміну внутрішньої енергії, відданої чи отриманої теплоти та виконану роботу у двох випадках. Порівняти та пояснити результат.

256. Деяка маса двоатомного газу стиснена один раз ізотермічно, інший – адіабатно. Початкові температури та тиски однакові. Кінцевий тиск у n разів більший за початковий. Знайти відношення робіт стискування при адіабатному та ізотермічному процесах. Розглянути випадки, коли $n = 2$; $n = 100$.

257. Деяка маса азоту при тиску $1,01\cdot 10^5 \text{ Па}$ займає об'єм 5 л , а при тиску $3\cdot 10^5 \text{ Па}$ – об'єм 2 л . Перехід від першого до другого стану відбувається у два етапи: спочатку адіабатою, потім ізохорою, або

спочатку ізохорою, потім – адіабатою. Визначити зміну внутрішньої енергії, кількість отриманої чи відданої теплоти та виконану роботу.

258. Двоатомний газ має об'єм 50 л і тиск $3 \cdot 10^5$ Па. Газ нагрівають ізохорно доти, поки тиск не зросте вдвічі. Після цього його ізотермічно розширюють до початкового тиску та ізобарно охолоджують до початкового об'єму. Визначити у кожному процесі: роботу, виконану газом; зміну його внутрішньої енергії, кількість теплоти, яку отримує чи поглинає газ.

259. Деяку кількість азоту у циліндрі під поршнем переводять з початкового стану у стан з вчетверо більшим тиском та втрое меншим об'ємом. Залежність тиску від об'єму лінійна. Визначити зміну внутрішньої енергії; роботу виконану над газом; кількість теплоти, яка виділяється чи поглинається газом.

260. При ізобарному розширенні 1 моля газу, об'ємом 12 л при тиску $2 \cdot 10^5$ Па, підведено 2750 Дж теплоти. Газ при цьому виконав роботу 1100 Дж. Визначити параметри газу у кінцевому стані; з якої кількості атомів складаються молекули газу.

261. При політропному розширенні 1 моля ідеального одноатомного газу його температура зменшилася на 1 К. Показник політропи 1,5. Визначити: молярну теплоємність газу; кількість теплоти, яка виділяється чи поглинається газом; роботу, виконану газом.

262. Одноатомний газ стискується політропно від об'єму $4 \cdot 10^{-3}$ м³ та тиску 10^5 Па до об'єму 10^{-3} м³ та тиску $8 \cdot 10^5$ Па. Початкова температура 300 К. Визначити показник політропи; молярну теплоємність газу; зміну внутрішньої енергії газу; кількість теплоти, яка виділяється чи поглинається газом.

263. Для руху торпеди використовують двигун, який працює на стиснутому повітрі. Визначити максимальну корисну роботу двигуна, якщо об'єм стиснутого повітря 0,2 м³, його тиск $2 \cdot 10^7$ Па. Торпеда відрегульована на рух у воді на глибині 3 м. Температура стиснутого повітря та води 280 К. Вважаючи рух торпеди рівномірним, визначити силу тяги двигуна, якщо радіус дії торпеди 2 км.

264. При нагріванні деякої маси газу на 1 К, тиск газу змінився на 1/340 частину початкового тиску, а об'єм залишився незмінним. Визначити початкову температуру газу.

265. Газ ізотермічно розширили до об'єму у 6 разів більшого за початковий. У скільки разів робота повного розширення більша за

роботу на першій половині розширення при збільшенні об'єму у три рази?

266. Воду, у якій відсутні домішки, переохолодили до температури $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такий стан нестійкий і при додаванні домішок вода перетворюється в лід при температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Яка частина такої води перетворюється в лід? Теплообмін між водою та іншими тілами не відбувається.

267. Двохатомний ідеальний газ, який займав при тиску $3 \cdot 10^5$ Па об'єм 4 л, розширюють до об'єму 6 л. Тиск при цьому падає до значення 10^5 Па. Процес відбувається спочатку по адіабаті, а потім по ізохорі. Визначити роботу сил тиску газу, зміну його внутрішньої енергії та кількість поглинутої теплоти при цьому переході.

268. Двохатомний ідеальний газ, який займає при тиску $2 \cdot 10^5$ Па, об'єм 6 л, розширюється до об'єму вдвічі більшого за початковий. Процес розширення відбувається так, що $PV^k \sim \text{const}$, де $k = 1,2$. Знайти зміну внутрішньої енергії газу та роботу, здійснену газом при розширенні. Визначити молярну теплоємність газу при цьому процесі.

269. 0,5 моля ідеального одноатомного газу нагрівають від температури 250К до температури 500К так, що у процесі нагрівання $p/V \sim \text{const}$. Визначити молярну теплоємність та кількість теплоти, поглинуту газом при нагріванні.

270. 1 моль вуглекислого газу при температурі $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ займає об'єм 0,5 л, розширюється ізотермічно до об'єму вдвічі більшого. Визначити початковий тиск газу, роботу при розширенні, зміну внутрішньої енергії і кількість поглинутої теплоти.

271. Деякий газ при тиску 10^6 Па і температурі $127\text{ }^{\circ}\text{C}$ має питомий об'єм $0,104\text{ м}^3/\text{кг}$. Знайти відношення теплоємностей C_p/C_v даного газу, якщо питома теплоємність при сталому тиску $910\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Який це газ?

272. Показати, виходячи з першого закону термодинаміки і рівняння стану ідеального газу, що різниця питомих теплоємностей при сталому тиску та сталому об'ємі дорівнює R/M .

273. Розрахувати ступінь дисоціації кисню, якщо у даному стані відношення теплоємностей $\gamma = 1,52$.

274. Три молі ідеального газу, що знаходиться при температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ізотермічно розширили у 5 разів і потім ізохорно нагрівали так, що в кінцевому стані його тиск став рівним

початковому. За весь процес газу надали 80 кДж теплоти. Побудувати графіки процесу. Знайти для даного газу відношення теплоемкостей

275. озрахувати ступінь дисоціації азоту, якщо питома теплоємність його при сталому тиску 1080 Дж/(кг·К).

276. Газ за нормальних умов має густину ρ . Чому рівні його питомі теплоємності при сталому тиску та сталому об'ємі?

277. Розрахувати C_p/C_v для газової суміші, що складається з 64 г кисню і 138 г вуглекислого газу, вважаючи гази ідеальними.

278. Питома теплоємність при сталому об'ємі газової суміші, що складається з 32 г кисню і аргону масою m_2 , рівна 430 Дж/(кг·К). Скільки аргону в даній газовій суміші?

279. Питомі теплоємності деякого газу при сталому об'ємі 649 Дж/(кг·К), а при сталому тиску 909 Дж/(кг·К). Визначити молярну масу цього газу і число ступенів вільності молекули.

280. Повітря містить 25% водяної пари. Вважаючи сухе повітря двоатомним газом молярною масою $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, визначити питому теплоємність вологого повітря при сталому тиску, а також відношення теплоемкостей c_p/c_v .

281. Азот масою $m=14$ г. адіабатно розширюється і його тиск зменшується в $n = 5$ разів; потім газ ізотермічно стискується до початкового тиску. Початкова температура азоту $T = 420$ К. Знайти температуру в кінці процесу; кількість тепла, що віддав газ; збільшення внутрішньої енергії газу; здійснену газом роботу; зміну ентропії газу. Зобразити процес на діаграмі P, V .

282. Аргон масою $m = 15$ г. нагріли ізобарно до об'єму $V_2 = 3$ л., а потім ізохорно до тиску $p_2 = 1,5$ кПа. Знайти: роботу, що виконав газ; зміну внутрішньої енергії; кількість теплоти яку передали газу; зміну ентропії. Початковий тиск і об'єм дорівнюють відповідно $p_1 = 1$ кПа, $V_1 = 1$ л. Зобразити процес на діаграмі p, V .

283. Ідеальний газ масою m , що знаходиться при температурі T , ізохорно охолоджується так, що його тиск зменшується в k разів. Потім газ розширюється при сталому тиску. У кінцевому стані його температура дорівнює початковій. Молярна маса газу M . Знайти: зміну внутрішньої енергії газу; роботу, яку виконав газ; зміну ентропії газу. Зобразити процес на діаграмі p, V .

284. Повітря масою $m = 1$ кг, яке знаходиться при температурі $t = 30$ °С і тиску $p_1 = 150$ кПа, адіабатно розширюється і тиск при цьому зменшується до $p_2 = 100$ кПа. Знайти: ступінь розширення;

кінцеву температуру; роботу, що виконав газ при розширенні. Зобразити процес на діаграмі p, V .

285. У циліндрі під поршнем знаходиться вуглекислий газ масою $m = 4,4$ кг при температурі $t = 17$ °С і тиску $p_1 = 2 \cdot 10^5$ Па. Газ адіабатно стискають до деякого значення p_2 . Після стискання газ ізотермічно розширився. Знайти параметри газу після розширення, якщо зростання внутрішньої енергії в адіабатному процесі $\Delta U = 108$ кДж дорівнює кількості теплоти, що була надана в ізотермічному процесі. Зобразити процес на діаграмі p, V . Визначити також зміну ентропії газу.

286. Діаметр циліндра двигуна внутрішнього згорання $D = 12$ см, хід поршня $L = 11$ см. У циліндр втягується повітря з атмосфери при нормальному тиску і температурі $t = 17$ °С. Під час наступного стискання об'єм повітря зменшився в $n = 10$ разів. Вважаючи процес стискування адіабатним, розрахувати об'єм камери згорання і температуру повітря в кінці стиску. Знайти також роботу при стискуванні повітря, вважаючи його ідеальним газом.

287. У закритій посудині при $t = 7$ °С знаходиться $m = 10$ г азоту. До якої температури потрібно нагріти газ, щоб середня швидкість молекул збільшилась удвічі? Яку кількість теплоти для цього необхідно витратити? Визначити зміну ентропії газу після нагрівання.

288. Деяка маса водню ізобарно розширюється так, що внутрішня енергія змінюється на $\Delta U = 520$ Дж. Знайти: роботу, що виконав газ; збільшення об'єму водню. Чи можливо визначити зміну ентропії водню при розширенні, якщо його тиск $p = 10^4$ Па?

289. При ізотермічному розширенні $m = 120$ г вуглецю була виконана робота $A = 13,86$ кДж. Знайти: кінцеві параметри вуглецю, якщо початкові $p_1 = 10^6$ Па і $V = 10$ л, причому після ізотермічного розширення газ був стиснутий адіабатно, і була виконана та сама робота, що і при розширенні; зміну ентропії. Зобразити процес на діаграмі p, V .

290. Гелій масою $m = 2$ г знаходиться при температурі $T_1 = 300$ К і тиску $p = 10^4$ Па. Газ ізотермічно розширюється і його об'єм стає $V = 0,5$ м³. Визначити роботу газу і кількість теплоти, що була підведена до нього. Знайти також розв'язок задачі при умові, що гелій розширювався ізобарно. Знайти зміну ентропії при ізотермічному розширенні гелію.

291. Двоатомний газ виконує цикл Карно. Об'єм в кінці ізотермічного розширення $V_1 = 12$ л, а в кінці адіабатного розширення $V_2 = 16$ л. Знайти термічний ККД циклу.

292. У циклі Карно ізотермічне розширення виконується при температурі $t_1 = 197$ °С так, що об'єм збільшується в $k = 2$ рази. У кінці адіабатного розширення температура $t_2 = 95$ °С. Робочим тілом є водяна пара масою $m = 18$ г. Визначити термічний ККД циклу і роботу водяної пари за один цикл.

293. Кисень взятий у кількості 1 моль, виконує цикл, що складається із ізохори, адіабати та ізобари. Визначити ККД циклу, якщо тиск зростає у $n = 5$ рази.

294. Ідеальний газ виконує цикл Карно. Температури нагрівача і холодильника відповідно дорівнюють $T_1 = 470$ К і $t_2 = 9$ °С. При ізотермічному розширенні газ виконує роботу $A = 100$ Дж. Визначити ККД циклу і кількість теплоти, яка віддана холодильнику.

295. Для підтримки в приміщенні температури $t = 0$ °С холодильним пристроєм, що працює по зворотному циклу Карно, щогодини виконується робота $A = 5$ МДж. Визначити температуру оточуючого середовища та кількість теплоти, що відводиться з приміщення, якщо холодильний коефіцієнт $\varepsilon = 7$.

296. У циліндрі двигуна внутрішнього згорання з ізохорним підведенням теплоти робоча суміш адіабатно стискується (показник адіабати $\gamma = 1,3$). Знайти максимально можливий ступінь стиску та витрату палива двигуна, якщо початкова температура робочої суміші $t_1 = 50$ °С, а температура в кінці стиску щоб уникнути детонації не повинна перевищувати $t_2 = 400$ °С. Питома теплота згорання палива $q = 45$ МДж/кг, потужність двигуна $N = 15$ кВт, втрати на тертя та зовнішнє охолодження не враховувати.

297. При роботі ідеальної охолоджувальної машини за зворотним циклом Карно в якості холодильника використовується вода при температурі $t_1 = 0$ °С, а нагрівником є кип'ятильник, в якому вода знаходиться при $t_2 = 100$ °С. Скільки води замерзне у холодильнику, якщо в кип'ятильнику вода масою $m = 1$ кг перетвориться на пару?

298. Ідеальний двоатомний газ, що містить кількість речовини $\nu = 1$ моль, знаходиться під тиском $p_1 = 0,1$ МПа і температурі $t = 27$ °С, ізохорно нагрівають до тиску $p_2 = 0,2$ МПа. Після цього газ ізотермічно розширився до початкового тиску, а потім ізобарно був стиснутий до початкового об'єму. Зобразити цикл на діаграмі p, V .

Знайти температуру газу для характерних точок циклу; його термічний ККД.

299. Вуглець виконує цикл Карно. Знайти його ККД, якщо при адіабатному розширенні: об'єм газу збільшиться в $n = 2$ рази; тиск зменшиться в $k = 2$ рази.

300. Водяна пара виконує цикл, який складається з двох ізохор та двох ізобар. Визначити термічний ККД циклу, якщо тиск зросте в $n = 3$ рази, а об'єм збільшиться в $k = 5$ разів.

301. Парова машина, хід поршня якої 45 см , працює за циклом Ренкіна. Хід поршня при ізобарному процесі на ділянці 1-2 15 см , об'єм V_0 дуже малий. Тиск $p_1 = 16\text{ атм}$, $p_0 = 1\text{ атм}$. Скільки обертів за хвилину робить машина, якщо її потужність $14,72 \cdot 10^3\text{ Вт}$? Площа поршня 50 см^2 . Процес 2-3 адіабатний, $\gamma = 1,33$.

302. Унаслідок нагрівання 22 г азоту його абсолютна температура збільшилась в $1,2$ рази, а ентропія на $4,19\text{ Дж/град}$. При яких умовах відбувалось нагрівання ($V = \text{const}$ або $p = \text{const}$)?

303. Один кіломолекула газу виконує політропний процес. При цьому його температура змінюється від T_1 до T_2 . Показник політропи n . Знайти приріст ентропії.

304. Коефіцієнт корисної дії циклу Карно дорівнює $0,35$. Температура нагрівника 600 К . Знайти роботу, яка була витрачена при адіабатному стисканні одного кіломолекула двоатомного газу.

305. Знайти коефіцієнт корисної дії циклу, який складається з двох ізобар і двох ізотерм.

306. Знайти коефіцієнт корисної дії циклу, що складається з двох ізотерм і двох адіабат.

307. Ідеальна холодильна машина, що працює за циклом Карно, передає теплоту від холодильника з водою при температурі $0\text{ }^\circ\text{C}$ нагрівачу при температурі $100\text{ }^\circ\text{C}$. Яку кількість води необхідно заморозити в холодильнику, щоб перетворити в пару 1 кг води у нагрівачі?

308. Газ виконує цикл Карно. Робота при ізотермічному розширенні газу складає 5 Дж . Визначити роботу ізотермічного стиску, якщо термічний ККД циклу рівний $0,2$.

309. Газ виконує цикл Карно. Абсолютна температура нагрівника у 4 рази вище абсолютної температури охолоджувача. Яку частину теплоти, отриману за один цикл від нагрівника, газ віддає холодильнику?

310. Газ виконує цикл Карно і віддає холодильнику дві третини теплоти, отриманої від нагрівника. Температура холодильника $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити температуру нагрівника.

311. Знайти зміну ентропії при плавленні 1 кг льоду, температура якого $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

312. Знайти зміну ентропії при перетворенні 10 г льоду взятого при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, у пару при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

313. Обчислити приріст ентропії при нагріванні двох кіло молей ідеального трьохатомного газу при нагріванні його від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, якщо процес нагрівання відбувається: при сталому об'ємі; при сталому тиску.

314. Знайти приріст ентропії при розширенні 200 г водню від об'єму 15 л до 45 л , якщо процес відбувається: при сталому тиску; сталій температурі.

315. Знайти зміну ентропії при ізобарному розширенні 16 г гелію від 20 до 50 л .

316. Знайти зміну ентропії при ізотермічному розширенні 14 г азоту від 2 до 5 л .

317. 32 г кисню нагріваються від 50 до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Знайти зміну ентропії, якщо нагрівання відбувається: ізохорно; ізобарно.

318. 10 г водню розширюються ізобарно до подвоєння об'єму. Знайти зміну ентропії.

319. Унаслідок ізохорного нагрівання одного граму водню тиск газу збільшився у 2 рази. Визначити зміну ентропії.

320. Кусок льоду масою 200 г , з температурою $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, нагрівають до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і плавлять. Після чого отримана вода нагрівається до $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити зміну ентропії.

321. Порівняти термічні коефіцієнти двох циклів Карно. У першому циклі до робочого тіла теплота підводиться при 500 К і відводиться при 300 К . У другому циклі до робочого тіла теплота підводиться при 400 К і відводиться при 200 К .

322. Цикл Карно здійснюється в інтервалі температур 600 К та 200 К . Тиск у кінці ізотермічного розширення та в кінці адіабатного стиснення однаків і дорівнює $2 \cdot 10^5\text{ Па}$. Робоче тіло – повітря. Визначити параметри точок циклу та корисну роботу, яку здійснює за цикл 1 кг повітря.

323. ККД циклу Карно $0,3$. При ізотермічному розширенні газ отримав від нагрівника 200 Дж енергії. Визначити роботу, виконану при ізотермічному стиску.

324. Температура нагрівника у три рази більша за температуру холодильника. Яку частину енергії, отриманої в циклі від нагрівника, газ віддає холодильнику?

325. При здійсненні циклу Карно газ отримав від нагрівника 16,77 Дж енергії і виконав роботу 5,59 Дж. У скільки разів температура нагрівника вища за температуру холодильника?

326. Холодильна машина працює за циклом Карно і підтримує в камері температуру 260 К. За кожен цикл машина відводить 40 кДж енергії і передає її навколишньому середовищу, температура якого 300 К. Визначити споживану потужність холодильної машини, якщо протяжність циклу 1,5 с.

327. Домашній холодильник споживає з електромережі 200 Вт. Температура в кімнаті 293 К. Визначити температуру в камері холодильника, якщо кількість відведеної теплоти у п'ять разів перевищує кількість затраченої енергії. Вважати, що холодильник працює за циклом Карно.

328. Резиновий шнур жорсткістю $3 \cdot 10^3$ Н/м під дією вантажу розтягнувся на 20 см. Вважаючи процес ізотермічним при температурі 27 °С, визначити зміну ентропії.

329. Посудину ємністю 1,6 л з 14 г окису вуглецю (CO) та посудину ємністю 3,4 л з 16 г кисню (O₂) з'єднують. Визначити зміну ентропії, вважаючи температуру газів однаковою.

330. Дві посудини різної ємності містять однакову кількість ідеального газу. Тиски у посудинах однакові, а температури різні. Визначити зміну ентропії, коли посудини з'єднали, і система досягла термодинамічної рівноваги.

331. У політропному процесі ентропія одного кілограма азоту збільшилася на 140 Дж/К, при цьому температура газу змінилася від 20 до 120 °С. Визначити показник політропи.

332. У процесі політропного розширення повітря до нього було підведено 90 кДж теплоти, а його температура все ж таки знизилась від 25 до -37 °С. Маса повітря 4 кг, початковий тиск $4 \cdot 10^5$ Па. Визначити зміну ентропії у цьому процесі.

333. Яку роботу можна отримати від стиснутого повітря при його розширенні? Повітря міститься у балоні об'ємом 0,04 м³ при тиску $150 \cdot 10^5$ Па і температурі 300 К. Навколишнє середовище при нормальних умовах.

334. Визначити зміну ентропії при самовільному ізотермічному стисканні $7 \cdot 10^{-6}$ кг азоту на 10^{-6} частину початкового об'єму.

335. Визначити зміну ентропії при ізотермічному стисканні одного моля кисню від початкового об'єму до об'єму у три рази меншого.

336. Визначити зміну ентропії при нагріванні 2 кг води від 0 °С до 100 °С та перетворенні її у пару.

337. Питома теплота пароутворення бензолу (C_6H_6) при температурі 77 °С і нормальному тиску дорівнює 398 кДж/кг. Чому дорівнює зміна внутрішньої енергії та зміна ентропії при випаровуванні 40 г бензолу при цій температурі? Температура кипіння бензолу при нормальному тиску 80,2 °С.

338. У мідному калориметрі масою 1 кг міститься 3 кг води при температурі 7 °С. У калориметр поміщають кусок алюмінію масою 0,5 кг з температурою 77 °С. Визначити зміну ентропії системи при встановленні теплової рівноваги.

339. Камінь масою 10 кг упав на землю з висоти 20 м. Температура навколишнього середовища і каменю 20 °С. Визначити зміну ентропії системи.

340. Посудина розділена перегородкою на дві частини: одна третя та дві третини об'єму посудини. У більшій частині міститься 0,1 моля ідеального газу, у меншій створений високий вакуум. Визначити зміну ентропії при видаленні перегородки.

341. При температурі 300 К відбувається ізотермічне розширення 1 кмоль кисню від об'єму 1 м³ до об'єму 5 м³. Визначити приріст внутрішньої енергії газу; роботу, яку виконує газ; кількість поглинутої теплоти у двох випадках: вважаючи газ ідеальним та таким, який описується рівнянням Ван-дер-Ваальса.

342. При ізотермічному розширенні 10 г кисню об'єм газу збільшується від 1 л до 5 л. Визначити роботу внутрішніх сил при розширенні газу та приріст ентропії, вважаючи газ таким, який описується рівнянням Ван-дер-Ваальса.

343. Для газу, який описується рівнянням Ван-дер-Ваальса, визначити молярну теплоємність при сталому об'ємі та різницю молярних теплоємностей.

344. Яку енергію потрібно підвести до деякої кількості молів газу, який описується рівнянням Ван-дер-Ваальса, щоб при розширенні у пустоту від об'єму V_1 до об'єму V_2 його температура не змінювалась; його тиск залишався сталим?

345. У циліндрі 0,5 кмоль деякого газу займає об'єм 1 м³. При розширенні газу до об'єму 1,2 м³ робота проти сил взаємодії молекул

5,8 10^3 Дж. Критичний об'єм газу 0,12 м³/кмоль. Визначити сталі a , b у рівнянні Ван-дер-Ваальса та ефективний діаметр молекул.

346. Вологе повітря містить 20 % водяної пари. Вважаючи сухе повітря двоатомним газом з молярною масою 29 10^{-3} кг/моль, визначити питому теплоємність вологого повітря при сталому об'ємі та відношення молярних теплоємностей.

347. При ізобарному розширенні деякої маси двоатомного газу, який перебуває під тиском 10^5 Па, його внутрішня енергія змінюється на 500 Дж. Визначити збільшення об'єму газу.

348. Визначити температуру повітря у повітряному огніві (прилад служить для демонстрації нагрівання повітря при адіабатному стисненні) при швидкому зменшенні об'єму у 10 разів, якщо початкова температура 15 °С.

349. Горюча суміш у двигуні Дизеля загоряється при температурі 800 °С. Початкова температура суміші 70 °С. У скільки разів потрібно зменшити об'єм суміші при стисненні, щоб вона загорілася? Стиснення вважати адіабатним, показник адіабати 1,4.

350. Повітря під тиском 1 атмосфера адіабатно стиснули до тиску 10^6 Па. Яким буде тиск, коли стиснете повітря, зберігаючи свій об'єм, охолоне до початкової температури?

351. Вважаючи, що процес поширення звуку в повітрі є адіабатним, Лаплас отримав формулу для визначення швидкості звуку $\vartheta = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$. Довести, що швидкість поширення звуку в ідеальному газі є лише функцією від температури; що швидкість звуку в повітрі при температурі 0 °С дорівнює 331,63 м/с; визначити швидкість звуку при температурі 22,5 °С.

352. Визначити зміну ентропії 1 кг повітря, якщо його тиск збільшився від $2 \cdot 10^5$ Па до 10^6 Па, а температура понизилась від 327 °С до 127 °С.

353. Яку максимальну роботу можуть здійснити продукти згоряння на повітрі 1 кг палива? Теплота згоряння палива 20000 Дж/кг. Температура продуктів згоряння палива 1300 °С. Параметри навколишнього повітря: 10^5 Па, 293 К.

354. Визначити яку максимальну роботу можуть виконати продукти згоряння на повітрі 10 кг палива. Теплота згоряння палива $25 \cdot 10^3$ кДж/кг. Температура продуктів згоряння палива 1500 °С. Температура навколишнього повітря 20 °С.

355. За одну годину роботи у холодильнику перетворюється на лід з температурою $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ $3,6\text{ кг}$ води, початкова температура якої $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Яку потужність споживає двигун холодильника з електромережі, якщо віддає у навколишнє середовище 840 Дж теплоти щосекунди?

356. Ідеальна холодильна машина, що працює за оберненим циклом Карно, забирає від охолоджуваного тіла з температурою $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ $2,8\text{ кДж}$ теплоти і передає нагрівнику, температура якого $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Визначити ККД циклу; кількість теплоти, надану нагрівнику за один цикл; холодильний коефіцієнт машини.

357. При ізотермічному розширенні 2 м^3 газу його тиск змінюється від 5 до 4 атмосфер. Яку роботу виконав газ?

358. Визначити молярну масу двоатомного газу та його питомі теплоємності при сталому тиску та об'ємі, якщо різниця питомих теплоємностей даного газу дорівнює $260\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$.

359. 1 л гелію, взятого за нормальних умов, ізотермічно розширюється до 2 л . Яку кількість теплоти отримав газ ззовні?

360. Газ здійснює цикл із двох ізобар та двох ізохор. Дві несуміжні точки лежать на одній ізотермі. Температура двох інших точок відома. Яка робота виконується 1 молем газу за цикл?

361. У гас опущені дві капілярні трубки, з діаметром каналів рівним $D_1 = 0,05\text{ см}$ і $D_2 = 0,1\text{ см}$. Різниця рівнів гасу в трубках виявилась $\Delta h = 11,6\text{ мм}$. Знайти коефіцієнт поверхневого натягу гасу.

362. Знайти масу рідини, яку підняли між двома плоско-паралельними стальними пластинами, спаяними між собою по бічних гранях так, що між ними існує щілина $d = 0,3\text{ мм}$. Пластини нижніми гранями опущені у посудину з гліцерином. Їхня ширина дорівнює $l = 5\text{ см}$. Температура гліцерину $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

363. У місті загальна площа якого $S = 400\text{ км}^2$ під час зливи за час $\tau = 10\text{ хв}$ випало 20 мм опадів. Підрахувати енергію і потужність тепловіддачі від злиття краплин під час дощу, якщо краплини, що досягли поверхні Землі, мали діаметр $D_2 = 3\text{ мм}$, а утворились із дрібних краплин діаметром $D_1 = 3\cdot 10^{-3}\text{ мм}$. Знайти підвищення температури у великих краплинах порівняно з малими.

364. Краплина ртуті масою m падає на стальну плиту з висоти H і розбивається на n дрібних краплин. Оцінити кількість теплоти, що виділяється при ударі.

365. Який за величиною поверхневий натяг α рідини, якщо петля з гнучкої гумової нитки довжиною l з поперечним перерізом S , покладена на поверхневу плівку, розтягнулась в коло радіуса R після

того, як плівка була проколота всередині петлі? Вважати, що при малих розтягах для гуми справджується закон Гука і модуль юнга гуми дорівнює E .

366. Два скляних диски радіуса $R = 5,0$ см змочили водою і склали разом так, що товщина шару води між дисками $h = 1,9$ мкм. Вважаючи змочування повним, знайти силу, яку треба прикласти перпендикулярно площині дисків, щоб відірвати їх один від одного.

367. При визначенні поверхневого натягу крапельним методом число крапель води, що витікає з капіляру за час досліду, склало $n = 20$. Загальна маса води $m = 0,937$ г визначалась з точністю до $\Delta m = 0,001$ г, а діаметр шийки краплини, при вимірюванні його за допомогою фотографування з точністю $\Delta d = 0,1$ мм, склав $d = 1,9$ мм. Обчислити поверхневий натяг α і його відносну похибку $\Delta\alpha/\alpha$.

368. Знайти, на який глибині під водою знаходиться бульбашка повітря, якщо відомо, що густина повітря в ньому $\rho = 2$ кг/м³. Діаметр бульбашки $d = 0,015$ мм, температура $t = 20^\circ\text{C}$, атмосферний тиск $p_0 = 760$ мм.рт.ст.

369. Знайти силу притягання двох скляних пластин, які знаходяться на відстані одна від одної $h = 0,1$ мм, після того як між ними ввели краплину води масою $= 70$ мг. Змочування вважати повним.

370. У посудині з водою плаває шматочок льоду. Чи зміниться рівень води після того, як лід розтане, якщо температура води залишається сталою і рівною 0°C ?

371. Знайти капілярну депресію (пониження рівня ртуті в трубці в наслідок дії лапласових сил) у ртутному барометрі, якщо внутрішній діаметр трубки барометра 2 мм. Прийняти для ртуті $\sigma = 49 \cdot 10^{-2}$ Н/м, граничний кут 138° , густину $13,6 \cdot 10^3$ кг/м³. Яким шляхом можна зменшити або звести нанівець спотворення показів барометра внаслідок дії капілярних сил?

372. Скляна капілярна трубка діаметром $0,2$ мм, довжиною 40 см, запаяна з одного кінця, відкритим кінцем опускається у воду. Який відрізок трубки має знаходитись під водою, щоб рівень води в капілярі та поза ним був один і той самий? Тиск повітря 10^5 Н/м².

373. В якій посудині скоріше закипить рідина, що змочує (не змочує) цю посудину – широкій чи капілярній?

374. У гліцерині на глибині 20 см знаходиться бульбашка повітря, радіусом $0,1$ мм. Тиск атмосфери дорівнює 740 мм рт.ст. Температура гліцерину 19°C . Який тиск всередині бульбашки?

375. На дні водойми виділяються бульбашки газу радіусом $0,02$ мм. Чому буде рівний радіус бульбашки, якщо вона підніметься на половину глибини водойми? Глибина водойми 5 м.

376. На скільки опуститься ртуть при 20 °С між двома паралельними вертикальними скляними пластинами, відстань між якими $0,15$ мм?

377. В одному літрі води розчинено 3 г хлористого натрію (NaCl). Який осмотичний тиск в розчині при 0 °С, якщо вважати, що хлористий натрій повністю дисоціював?

378. Осмотичний тиск розчину 36 г глюкози у $2,24$ л води при 27 °С рівний $1,1$ атм. Знайти молярну масу рідини.

379. Знайти густину морської води на глибині 3 км, якщо на поверхні густина рівна $1,03$ г/см³, а стискуваність води в межах від 1 до 500 атм $\gamma = 47,5 \cdot 10^{-6}$ атм⁻¹.

380. Скляна капілярна трубка з дуже тонкими стінками підвішена вертикально до шальки важільних терезів. Терези зрівноважені. До трубки підносять знизу посудину з водою так, що поверхня води торкається капіляра. Щоб відновити рівновагу, довелося збільшити навантаження на другій шальці терезів на $m = 0,14$ г. Знайдіть радіус r капіляра. (Змочування або незмочування вважається повним. Поверхня скла вважається чистою, тобто змочуваною водою.)

381. Чи справді не можна носити воду в решеті? Нехай тонкі нитки решета протягнуто на відстані $d = 1,0$ мм одна від одної. Скільки води можна унести в такому круглому решеті радіуса $r = 10$ см? Нитки водою не змочуються.

382. Довга, відкрита з обох країв тонкостінна капілярна трубка радіуса $r = 1,0$ мм розташована вертикально. Яка максимально можлива висота h стовпа води, що знаходиться у трубці?

383. Змочуваний водою кубик маси $m = 4$ г плаває на поверхні води. Довжина ребра кубика $a = 3,0$ см. На якій глибині h знаходиться нижня грань кубика?

384. На поверхні води плаває змочуваний водою кубик з довжиною ребра $a = 1,0$ см. Верхня грань кубика горизонтальна. На скільки зміниться глибина занурення кубика, якщо натерти його парафіном?

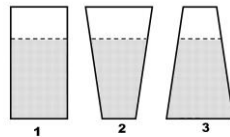
385. Який радіус повинен мати алюмінієвий дріт, щоб його шматок завдовжки $l = 2$ см, натертий парафіном, міг "плавати" у воді

вертикально, занурившись рівно наполовину?

386. У довгому відкритому з обох боків вертикальному капілярі знаходиться стовпчик води заввишки 2,0 см. Який радіус r кривизни нижнього меніска, якщо внутрішній радіус капіляра $R = 0,50$ мм? Як зміниться відповідь, якщо висота стовпчика води подвоїться?

387. Оцініть силу, необхідну для роз'єднання двох "злипаних" відполірованих стекол розміром $1\text{ м} \times 1\text{ м}$, між якими знаходиться вода. Середня відстань між стеклами $d = 0,2$ мм. Як можна полегшити роз'єднання стекол?

388. У три посудини налито воду. Як змінюється тиск на дно кожної з посудин при нагріванні води? Випаровуванням води можна знехтувати.



389. Прямокутна дротяна рамка маси m , сторони якої дорівнюють a і b , торкається поверхні води всіма своїми сторонами. Яку вертикальну силу F необхідно прикласти, щоб відірвати рамку від поверхні води? Рамка змочується водою.

390. Алюмінієве кільце з внутрішнім діаметром 50 мм, зовнішнім діаметром 52 мм і висотою 10 мм, підвішене на пружині. Коефіцієнт жорсткості пружини $9,1$ Н/м. Кільце дотикають до рідини, що змочує алюміній. Нарисуйте кілька послідовних форм поверхні рідини, які утворюються при русі кільця вниз. У який момент натяг пружини максимальний? Що відбудеться якщо рух кільця уверх продовжується після цього моменту? Визначити коефіцієнт поверхневого натягу рідини, якщо відрив кільця відбувається при розтягненні пружини на $4,7 \cdot 10^{-3}$ м (по відношенню до недеформованої пружини). Густина рідини $0,77 \cdot 10^3$ кг/м³.

391. У методі Ребіндера для визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини трубка закінчується капіляром, що опускається у досліджувану рідину. Посудина з рідиною з'єднана з респіратором та манометром. Під впливом різниці тисків у капілярі і посудині бульбашки повітря продуваються через рідину. Різницю тисків у момент відриву бульбашки від капіляра відраховують по спиртовому манометру. Внутрішній діаметр капіляра 0,6 мм, зовнішній – 1,4 мм. Рідини у посудині можна змінювати. Визначити

коефіцієнт поверхневого натягу рідини, що змочує скло, якщо різниця рівнів у манометрі у момент відриву бульбашки 19 мм; максимальну різницю рівнів у манометрі при опусканні капіляра у ртуть ($\sigma = 490 \text{ Н/м}$).

392. Горизонтальний капіляр із внутрішнім діаметром 2 мм і зовнішнім діаметром 4 мм наповнений гліцерином. Довжина стовпа гліцерину в капілярі 4 см. Після того, як капіляр поставили вертикально із нього вилилось 77 мг рідини. Вважаючи змочування повним, визначити коефіцієнт поверхневого натягу.

393. Конічний капіляр, що розширюється угору, з кутом при вершині 2α у своїй нижній частині має внутрішній радіус r_0 . Його у вертикальному положенні опускають на малу глибину у змочувану рідину. На яку висоту підніметься рідина у капілярі?

394. У медичному термометрі між балоном із ртуттю і капіляром, який прикріплений до шкали є звужена частина. При підвищенні температури ртуть піднімається капіляром і для її повернення у балон термометр струшують. Визначити прискорення, яке слід надати термометру при струшуванні, якщо довжина стовпчика ртуті над звуженням капіляра 4 см і діаметр найвужчої частини 10^{-2} см.

395. У спирт опущена на невелику глибину трубочка з діаметром внутрішнього каналу 0,5 мм. Яка вага спирту, який увійшов у трубочку? Як зміниться висота підняття рідини у трубочці, якщо її піднімати разом із посудиною вгору з прискоренням g ? Якщо її опускати вниз із прискоренням $0,5 g$?

396. Колінами вертикально розміщеної U- подібної трубки є два капіляри з радіусами 3,6 мм та 0,5 мм. У трубку налито ртуть. Висота стовпа ртуті в широкому коліні 21,2 см. Крайовий кут 138° . Визначити різницю рівнів ртуті в колінах та максимальний тиск ртуті.

397. У скляну трубку з внутрішнім діаметром 2 см вставлена скляна палочка діаметром 1,8 см так, що просвіт в каналі кругом однаковий. Нижній кінець трубки з палочкою помістили у посудину з водою. Визначити висоту підняття води в каналі.

398. У циліндричній скляній трубці великого радіуса існує кілька звужень, розміщених на відстані l одне від одного. Внутрішній діаметр звужень d є малим. Трубку у вертикальному положенні опускають у рідину густиною ρ , з коефіцієнтом поверхневого натягу σ , а потім повільно піднімають із швидкістю v . На одних осях

координат нарисуйте графіки залежності переміщення рівня рідини в трубці і самої трубки від часу. Початок відліку сумістить з моментом переходу рідиною вузької частини трубки. Знехтувати часом переходу рідини з широкої у вузьку частину трубки.

399. Скляну капілярну трубку довжиною 20 см із внутрішнім діаметром 1,5 мм опускають в горизонтальному положенні у ртуть. Повітря, що було у трубці повністю залишилося в ній. Яка довжина стовпчика повітря в трубці після її занурення на глибину 10 см у ртуть? Крайовий кут 138° . Тиск повітря нормальний.

400. Дві вертикальні паралельні одна одній пластини частково занурені у спирт. Відстань між пластинами 0,2 мм, їх ширина 19 см. Вважаючи змочування повним, визначити висоту підйому спирту між пластинами і силу притягання пластин одна до одної.

401. Дві вертикальні скляні пластини розміщені під малим кутом одна до одної і опущені на малу глибину у рідину, яка частково їх змочує. Визначити висоту підйому рідини між пластинами.

402. Дві вертикальні скляні пластини шириною по 10 см поміщають у воду і ведуть спостереження за межею рідини на них. Спочатку лінія межі горизонтальна. Потім вода між пластинами піднялась над рівнем в широкій посудині. У точці, рівновіддаленій від ребер пластин, висота підйому виявилась рівною 2 см. Коли одну пару вертикальних ребер пластин з'єднали, висота підйому рідини у даній точці залишилась попередньою. Яка лінія межі рідини на склі? Який кут між пластинами? Вважати змочування повним.

403. Яким повинен бути найбільший діаметр скляної голки, щоб змазана жиром, вона могла триматись у горизонтальному положенні на поверхні води?

404. Краплина ртуті масою 0,5 г поміщена між двома горизонтальними пластинами. Яку силу потрібно прикласти до верхньої платини, щоб ця краплина прийняла форму круглого блінчика радіусом 2,5 см. Крайовий кут 130° .

405. Краплина води масою 0,1 г введена між двома паралельними горизонтальними пластинами. Яка сила притягання між пластинами, якщо вони перебувають на відстані 10^{-4} см? Змочування вважати повним. Температура краплини води 20°C .

406. Мильна бульбашка має діаметр 0,012 м. Визначити надлишковий тиск повітря всередині бульбашки, вільну енергію її поверхні, роботу, здійснену при видування бульбашки. Процес

вважати ізотермічним. Коефіцієнт поверхневого натягу мильної води $0,043 \text{ Н/м}$.

407. Яку роботу потрібно виконати щоб краплину олії масою 1 г роздробити всередині води на краплини з діаметром $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, якщо процес ізотермічний? Поверхневий натяг на межі вода-олія $18 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$, густина олії 900 кг/м^3 .

408. Дві краплини ртуті радіусом 25 мм зливаються у одну. Вважаючи процес ізотермічним і таким, що відбувається при температурі $20 \text{ }^\circ\text{C}$, визначити зміну вільної енергії та ентропії поверхневого шару при цьому злитті.

409. Мильна бульбашка видута через циліндричну трубку з внутрішнім радіусом 1 мм і довжиною 10 см . У той момент, коли радіус бульбашки досягне значення 10 см видування припиняють і повітря з бульбашки починає виходити через трубку. Через який час, починаючи з цього моменту, бульбашка зникне? Вважайте коефіцієнт поверхневого натягу рівним $5 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$, коефіцієнт в'язкості - $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{с/м}$, густину повітря сталою.

410. Простір під поршнем у циліндрі, має об'єм $V_0 = 5 \text{ л}$ і його займає лише одна насичена пара, температура якої $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$. Знайти масу рідкої, утвореної в наслідок ізотермічного зменшення об'єму під поршнем до $V = 1,6 \text{ л}$.

411. Знайти масу рідкої фази, що утворилась в наслідок ізотермічного зменшення об'єму повітря в $n = 4$ рази, якщо його початковий об'єм $V_0 = 1 \text{ м}^3$, температура $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ і вологість $f = 50\%$.

412. Знайти кількість молекул насиченої водяної пари, що містяться в об'ємі рівному $V = 1 \text{ см}^3$, при температурі $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

413. У запаяній трубці об'ємом $V = 0,4 \text{ л}$ знаходиться водяна пара при тиску $p = 7980 \text{ Па}$ і температурі $t = 150 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити масу конденсату, який утвориться на стінках трубки при охолодженні останньої до $t_1 = 22 \text{ }^\circ\text{C}$.

414. Скільки молекул водяної пари міститься у кімнаті об'ємом $V = 150 \text{ м}^3$ при температурі $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ і відносній вологості $f = 30\%$?

415. У колбу налили холодної води при температурі $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ і поставили на полум'я газового нагрівача. Через $\tau_0 = 5 \text{ хв}$ вода закипіла. Через який час вона повністю википить.

416. В закритій посудині маємо декілька крапель рідини різного розміру. Що відбудеться з ними через достатньо тривалий час?

417. Вода масою $m = 20$ г знаходиться при температурі $t = 0$ °С в теплоізолюваному циліндрі під невагомим поршнем, площа якого $S = 410$ см². Зовнішній тиск дорівнює нормальному атмосферному. На яку висоту піднімається поршень, якщо воді надати кількість теплоти $Q = 20$ кДж?

418. У колбі знаходиться вода при температурі $t = 0$ °С. При відкачуванні повітря із колби, в процесі випаровування, вода замерзла. Яка частина її при цьому випарувалась, якщо теплообмін із зовнішнім середовищем відсутній?

419. У теплоізолюваному циліндрі під невагомим поршнем знаходиться насичена водяна пара масою $m = 1$ г. Зовнішній тиск нормальний. У циліндр ввели воду масою $m_1 = 1$ г при температурі $t_0 = 22$ °С. Нехтуючи теплоємністю циліндра і тертям, знайти роботу, яку виконала сила атмосферного тиску при опусканні поршня.

420. У циліндрі під поршнем – повітря, що має температуру $t_1 = 10$ °С і відносну вологість $\varphi_1 = 60$ %. Якою стане відносна вологість цього повітря після нагрівання його до температури $t_2 = 100$ °С і зменшення об'єму утричі? Як зміниться відповідь, якщо $t_1 = 90$ °С?

421. У запаяній з одного краю трубці, що лежить горизонтально, знаходиться повітря з відносною вологістю $\varphi_0 = 80$ %. Повітря відділене від атмосфери стовпчиком ртуті завдовжки $l = 76$ мм. Якою стане відносна вологість φ , якщо трубку поставити вертикально, відкритим краєм униз? Температура при цьому не змінюється, атмосферний тиск $p_a = 760$ мм рт.ст. Ртуть із трубки при перевертанні не виливається.

422. У закритому балоні об'ємом $V = 5,0$ л знаходиться суміш із $m_1 = 0,50$ г водню і $m_2 = 8,0$ г кисню при тиску $p_1 = 2,35 \cdot 10^5$ Па. Між газами відбувається реакція з утворенням води. Який тиск p встановиться у балоні після охолодження до початкової температури?

423. У металевий чайник налили холодної води. Температура повітря у кімнаті 20 °С, відносна вологість 70 %. При якій температурі води чайник перестане запотівати?

424. При атмосферному тиску 10^5 Па повітря має температуру 29 °С і відносну вологість 60 %. Визначити густину атмосферного повітря; тиск сухого повітря; масу води в 1 м³ повітря.

425. При температурі $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ водяна пара масою $0,2\text{ г}$ займає об'єм 10 л . Визначити відносну вологість. Яка кількість пари сконденсується у випадку ізотермічного зменшення об'єму вдвічі?

426. Відносна вологість повітря у посудині 70% при температурі $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Якою стане відносна вологість, якщо температуру підвищити до $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а об'єм при цьому зменшити у два рази?

427. У посудині під поршнем знаходиться вода. Над нею суміш повітря і насиченої пари. Початковий тиск на поршень рівний атмосферному. Потім тиск збільшують у два рази. Визначити на скільки відсотків зміниться тиск насиченої пари у циліндрі, якщо температура 300 К підтримується сталою?

428. При температурі $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ пружність насичених ртутних парів $37,4\text{ Па}$, а при $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 101 Па . Визначити середнє значення питомої теплоти пароутворення ртуті у вказаному інтервалі температур. Знехтувати питомим об'ємом рідкої ртуті у порівнянні з газоподібною.

429. Різниця питомих об'ємів льоду та води при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ приблизно рівна $9,1 \cdot 10^{-2}\text{ см}^3 \cdot \text{г}^{-1}$. Використовуючи рівняння Клапейрона-Клаузіуса, визначити зміну точки плавлення льоду при збільшенні тиску на 10^5 Па .

430. Визначити до якого граничного тиску можна відкачати посудину при допомозі ртутно-дифузійного насоса, що працює без ртутного вловлювача, якщо температура водяної сорочки насоса $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пружність насичених ртутних парів при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює $1,6 \cdot 10^{-4}\text{ мм рт. ст.}$, питому теплоту пароутворення ртуті у інтервалі температур $0\text{--}15\text{ }^{\circ}\text{C}$ прийміть рівною $3,18 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$.

431. Кусок льоду поміщено в адіабатну оболонку при атмосферному тиску і температурі $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Як зміниться температура льоду, якщо його адіабатно стискувати до тиску 107 Па ? Яка частина льоду при цьому розплавиться?

432. У закритій посудині ємністю 2 л знаходиться 1 г води і повітря. При температурі $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ тиск у посудині $1,013 \cdot 10^5\text{ Па}$. Визначити тиск при температурах $93\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

433. У закриту посудину ємністю 6 л , що містить насичену пару при тиску $2,02 \cdot 10^5\text{ Па}$, вприскується деяка кількість води при температурі $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тиск у посудині при цьому понижується до 10^5 Па . Яку кількість води введено у посудину?

434. Визначити зміну внутрішньої енергії при перетворенні у пару спирту під час його кипіння при нормальному тиску, якщо маса

утвореної пари 4 г. Питомий об'єм парів спирту при цьому тиску $0,607 \text{ м}^3/\text{кг}$, питома теплота пароутворення спирту 862 кДж/кг .

435. Питома теплота пароутворення бензолу ($\text{C}_6 \text{ H}_6$) при температурі $77 \text{ }^\circ\text{C}$ і нормальному тиску дорівнює 398 кДж/кг . Яка частина питомої теплоти випаровування витрачається на збільшення внутрішньої енергії? Чому дорівнює зміна внутрішньої енергії та зміна ентропії при випаровуванні 20 г бензолу при цій температурі? Температура кипіння бензолу при нормальному тиску $80,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

436. Насичена водяна пара при тиску $14,18 \cdot 10^5 \text{ Па}$ адіабатно розширюється до тиску $0,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Яка частина пари конденсується при цьому?

437. $8,3 \text{ г}$ водяної пари знаходиться в 1 м^3 повітря, яке охолоджується. Визначити температуру, при якій починається конденсація, якщо центрами конденсації є порошинки у формі кульок діаметром 10^{-5} см ; температуру, при якій почнеться конденсація в пористому матеріалі, який змочується водою, при діаметрі каналів у ньому 10^{-5} см .

438. Камера Вільсона заповнена водяною парою, яка у результаті адіабатного розширення стала пересиченою. Температура пари T . Тиск її в n разів більший за тиск насиченої пари над плоскою поверхнею води при цій же температурі. Густина води ρ , коефіцієнт поверхневого натягу σ . Який рівноважний радіус краплин води, які утворюються при проходженні α -частинок через камеру Вільсона? Що відбувається із краплинами меншого радіуса?

439. Туман складається із краплинок води діаметром 10^{-6} м . На скільки повинна бути пересичена водяна пара в навколишньому просторі при температурі $10 \text{ }^\circ\text{C}$, щоб краплини були у рівновазі з парою? Врахувати, що зміна коефіцієнта поверхневого натягу при зміні температури вимірюється величиною $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж/м}^2$ на $1 \text{ }^\circ\text{C}$. Чи буде стійкою рівновага?

440. При розчиненні 100 г цукру ($\text{C}_{12} \text{ H}_{22} \text{ O}_{11}$) у $0,5 \text{ л}$ води осмотичний тиск розчину $1,52 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Молекули цукру не дисоціюють. Яка температура розчину? Який тиск насиченої водяної пари над розчином?

441. На скільки градусів потрібно нагріти розчин, щоб, не змінюючи його концентрації, отримати таке ж збільшення осмотичного тиску, яке можна отримати при збільшенні концентрації розчину у $1,2$ рази? Початкова температура розчину $0 \text{ }^\circ\text{C}$.

442. На дно посудини з двома літрами водного розчину глюкози ($C_6H_{12}O_6$) опущено вузький циліндр з напівпроникними стінками. При температурі $20\text{ }^\circ\text{C}$, вода, налита в циліндр, знаходиться у рівновазі, якщо її рівень на 37 см нижче за рівень розчину. Яка кількість глюкози міститься у розчині?

443. Колба, теплоємністю якої можна знехтувати, містить 600 г води при $80\text{ }^\circ\text{C}$. Яку кількість льоду при температурі $-15\text{ }^\circ\text{C}$ необхідно додати у воду щоб кінцева температура суміші стала рівною $50\text{ }^\circ\text{C}$?

444. Свинцева куля що летить при температурі $17\text{ }^\circ\text{C}$, вдарившись об перешколу розплавилася. З якою швидкістю летіла куля, якщо 50% теплоти, яка виділилась при ударі, пішло на її нагрівання?

445. Калориметр містить 500 г води та 300 г льоду при температурі $0\text{ }^\circ\text{C}$. Кусок металу масою 1 кг вийняли з горна при температурі $240\text{ }^\circ\text{C}$ і швидко перенесли у калориметр. Весь лід розтанув, але температура не змінилась. Якою була б температура системи якщо маса металу була б у два рази більшою?

446. На мороз $-45\text{ }^\circ\text{C}$ винесли з приміщення з температурою $15\text{ }^\circ\text{C}$ 5 кг ртуті. Як змінилась внутрішня енергія ртуті?

447. У калориметрі, теплоємність якого $30\text{ ккал/ }^\circ\text{C}$, знаходиться 200 г води при $0\text{ }^\circ\text{C}$. Яку кількість водяної пари при $100\text{ }^\circ\text{C}$ необхідно ввести у калориметр, щоб температура системи стала рівною $25\text{ }^\circ\text{C}$?

448. Вода нагрівалась у електричному нагрівачі від $20\text{ }^\circ\text{C}$ до температури кипіння протягом 12 хвилин . За який час вся вода перетвориться у пару, якщо забули виключити нагрівник?

449. Температура повітря $24\text{ }^\circ\text{C}$, точка роси $16\text{ }^\circ\text{C}$. Визначити абсолютну вологість, відносну вологість.

450. Відносна вологість повітря при $32\text{ }^\circ\text{C}$ рівна 30% . Якою буде відносна вологість при $20\text{ }^\circ\text{C}$? При якій температурі це повітря буде насичене водяною парою?

Задачі – оцінки

Досвід показує, що задачі, які поміщені у звичайних збірниках не завжди мають такий характер, який виховує самостійність мислення. Зазвичай, ці задачі зводяться до того, що потрібно підставити задані в умові дані у потрібні формули. І тоді отримаєш потрібну відповідь. Самостійність проявляється лише у тому, щоб правильно вибрати формули, у які потрібно підставити дані.

Думається, що варто ставити задачі менш визначено, даючи можливість самостійно вибрати підходящі величини із досвіду.

Задачі-оцінки – це клас задач, який є незвичним, в певній мірі новим для студентів. Для розв'язування таких задач потрібно зрозуміти фізичне явище, яке розглядається. Оскільки потрібна лише оцінка, то сформулювати просту фізичну модель цього явища. У першому наближенні визначити основні фізичні закони і ті, якими можна знехтувати у цьому наближенні. Вибрати конкретні умови та розумні значення величин. Отримати числовий результат та порівняти його з реальними аналогами. Причому, кожен сам може вибрати необхідні для розв'язування фізичні величини та їх значення. Тому спектр можливих числових розв'язків є широким.

Відмітимо, що груба прикидка, оцінка за порядком величини – практично обов'язковий етап початкової постановки експерименту, проектування, теоретичної розробки, контролю за правильністю суджень та формулювання висновків у процесі обговорення складних ідей. Оцінки часто підказують шлях точного розв'язування задачі, дають можливість встановити межі області застосування точного розв'язку.

Інтуїція та вміння використовувати метод оцінок – важлива якість фізика-дослідника, експериментатора, при розробці та аналізі нових ідей, важливий фактор у творчій роботі. Вміння розв'язувати задачі-оцінки може входити у ряд критеріїв при відборі претендентів на дослідницьку роботу.

Із досвіду відмітимо, що студенти люблять такі задачі. Вони не мають точних розв'язків, пов'язані з життям і викликають живе обговорення. Такі задачі любив складати академік П.Л. Капиця. Із приведених нижче, задачі № 13-24 запропоновані саме ним [21].

Такого типу задачі пропонуються для учнів на турнірах юних фізиків, винахідників та раціоналізаторів. Тому розв'язування таких задач буде корисним та необхідним атрибутом навчання студентам, майбутнім учителям.

Задачі-оцінки

1. Оцінити, яким стане тиск атмосфери, якщо вся вода океанів випарує.
2. Оцінити тиск повітря у шахті глибиною 10 км.
3. Оцінити тиск кулькової ручки на папір при письмі.
4. Оцінити тиск газів у стволі гвинтівки, який виникає при пострілі. Швидкість кулі на вильоті із ствола 800 м/с.
5. Уявіть, що в якийсь момент у всіх молекул повітря всередині футбольного м'яча, який лежить на землі, швидкість виявиться напрямленою вертикально вгору. Оцінити, на яку висоту злетить м'яч.
6. Оцінити, яка частина атмосферного кисню Землі витрачається на спалювання двох мільярдів тон вугілля. (Приблизно стільки вугілля добувають за рік у світі).

7. Оцінити, яка маса повітря вийде з аудиторії при підвищенні температури на 10 К.
8. Освітлювальна лампочка має тонкостінний балон який заповнюється інертним газом. З яких міркувань вибирають тиск газу? Оцінити цей тиск.
9. Оцінити силу, яка необхідна для того, щоб відірвати від спини добре поставлену медичну банку.
10. Оцінити час зменшення тиску газу в два рази у супутнику, який використовується для космічного зв'язку, при виникненні сантиметрової пробоїни у його стіні.
11. Оцінити за скільки ходів велосипедного насоса можна накачати футбольний м'яч.
12. Оцінити температуру в дитячій повітряній кульці, яку надувають гарячим повітрям, при якій вона буде підніматися.
13. Пробірка з ідеальним газом знаходиться у вакуумі. Її відкривають, виймаючи пробку малої маси. Оцінити швидкість пробірки після того, як весь газ вийде з неї назовні.

14. Оцінити початкові та кінцеві умови щоб частково зрідити реальний газ при його однократному адіабатному розширенні. (В якості числового прикладу розглянути зрідження повітря).
15. Оцінити товщину стін, щоб коливання температури у приміщенні не перевищували 3 °С від середньої річної.
16. Оцінити висоту падіння, на якій застигає розплавлена краплина із свинцю.
17. Оцінити час, за який замерзне річка.
18. Оцінити час, який потрібний для утворення видимих краплин у камері Вільсона.
19. Оцінити фактори, які впливають на товщину слідів траєкторій частинок у камері Вільсона.
20. Відомо, що при спалюванні вугілля в парових котлах в роботу перетворюється тільки частина енергії: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$,

де T_1 - температура пари, T_2 – температура навколишнього середовища. Газ, що виділяється, відрізняється за своїм складом від повітря. Якщо заставити його змішуватись з повітрям оборотно, то можна отримати додаткову роботу. Оцінити граничні можливості збільшення ККД та можливі цикли для реалізації цього процесу.

21. Дві паралельні пластини знаходяться на малій відстані у порівнянні з їх розмірами. Між ними розміщують кілька тонких перегородок-екранів, які добре проводять тепло. Оцінити вплив екранів на теплопровідність між пластинами у двох випадках:
- а) коли довжина вільного пробігу молекул газу, які заповнюють простір між пластинами є малою у порівнянні з відстанню між екранами;
- б) коли довжина вільного пробігу молекул газу велика у порівнянні з відстанню між пластинами.
22. У посудині з отвором діаметром 10^{-2} мм потрібно підтримувати вакуум 10^{-5} мм рт. ст. Оцінити розмір трубки для відкачування та потужність вакуумного насосу.
23. Оцінити час зникнення мильної бульбашки, з'єднаної з атмосферою через заданий капіляр.
24. Оцінити кількість краплин води в кубічному сантиметрі туману, якщо видимість 100 м, а туман тримається протягом години.

Відповіді

1. Океан займає дві третини поверхні Землі. Середня глибина океану 4 км. Додатковий тиск пари води є еквівалентним тиску шару води, який появився б якби всю воду океану розподілити шаром однакової глибини по всій поверхні Землі. Тоді

$$\Delta p \sim \frac{2}{3} \rho g H \approx 3 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

2. Зміна густини повітря $\Delta\rho \sim \rho$, а зміна тиску повітря у шахті $\Delta p \sim (\rho + \Delta\rho)gH \sim 2\rho gH \approx 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, тобто $p = p_0 + \Delta p \approx 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

3. Якщо $d \approx 0,2 \text{ мм}$ - ширина сліду кулькової ручки на папері, а $F = 1 \text{ Н}$ - сила натиску, то $p = \frac{F}{S} \sim \frac{F}{d^2}$. $p \approx 3 \cdot 10^7 \text{ Па}$

4. Робота сил тиску порохових газів йде в основному на розгін кулі: $P_c SL \sim \frac{mv^2}{2}$. Якщо $S \approx 1 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2$, $l \approx 0,5 \text{ м}$ - довжина ствола, $m \approx 10^{-2} \text{ кг}$ - маса кулі, $v \approx 8 \cdot 10^2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ - її швидкість, то $P_c \sim \frac{mv^2}{2SL} \approx 6 \cdot 10^7 \text{ Па}$

5. Із закону збереження імпульсу: $m_1 v_1 = m_2 v_2$. m_1, v_1 - маса та швидкість молекул; m_2, v_2 - маса та швидкість м'яча.
 $h \sim \frac{v_2^2}{2g} \sim \frac{m_1^2 v_1^2}{m_2^2 2g}$. Маса молекул із закону Менделєєва-Клапейрона:
 $m_1 \sim \frac{PV\mu}{RT} \approx 6 \text{ г}$. При таких розмірах м'яча: $r = 10 \text{ см}$,
 $V = \frac{4}{3} \pi r^3 = 4 \cdot 10^3 \text{ см}^3$. Вважаючи тиск всередині м'яча $p \approx 1,5 p_0$;
 молярна маса повітря - $\mu = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$; $m_2 \approx 400 \text{ г} = 0,4 \text{ кг}$;
 швидкість молекул $v_1 \approx 4 \cdot 10^2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $g \approx 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$. Отримуємо $h \approx 2 \text{ м}$.

6. Маса кисню в атмосфері Землі $M = \frac{1}{5} 4\pi r_3^2 \frac{p_0}{g}$. При згорянні вугілля відбувається така хімічна реакція: $C + O_2 = CO_2$. Число молів кисню та вуглекислого газу, які взаємодіють, однакове.

$$\frac{m_c}{\mu_c} = \frac{m_{O_2}}{\mu_{O_2}}; \quad m_{O_2} = m_c \frac{\mu_{O_2}}{\mu_c}. \quad \text{Знаючи, що } r_3 = 6,4 \cdot 10^6 \text{ м,}$$

$$p_0 \sim 10^5 \text{ Па}, \quad \mu_c = 12 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}, \quad \mu_{O_2} = 32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}. \quad \text{Одержимо:}$$

$$\frac{m_{O_2}}{M} \sim 5 m_c \mu_{O_2} \frac{g}{4\pi r_3^2 p_0 \mu_c} \approx 5 \cdot 10^{-6}$$

7. Об'єм аудиторії не змінюється. З рівняння Менделєєва-Клапейрона отримаємо: $\Delta m \sim \frac{m \Delta T}{T} = \rho V \frac{\Delta T}{T}$. Де ρ – густина повітря; V – об'єм аудиторії. Якщо $V \approx 2 \cdot 10^3 \text{ м}^3$; $\rho \approx 1,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $T \approx 300 \text{ К}$, то $\Delta m \approx 80 \text{ кг}$.

8. Об'єм та маса газу в балоні зберігаються. За законом Шарля $\frac{P_0}{T} = \frac{P}{T_0}$, якщо P_0 – атмосферний тиск, T_0 – температура. Тиск всередині виключеної лампочки вибирається таким чином, щоб після нагрівання до температури T газу, тиск зрівнявся би із зовнішнім атмосферним тиском. Тоді $P = P_0 \frac{T_0}{T}$. Вибравши $T_0 \approx 300 \text{ К}$, $T \approx 400 \text{ К}$, отримаємо $P = \frac{3}{4} P_0 \approx 0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}$

9. Банка на спині остигає. Тиск у банці падає. У результаті виникає сила, яка притискає банку до спини. Нехай температура та тиск в гарячій банці T_1, P_1 , а в холодній T_2, P_2 . Тоді $F \sim \frac{P_1 - P_2}{S}$. Маса

і об'єм повітря у банці залишаються сталими. Тому $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$.

$P_2 = P_1 \frac{T_2}{T_1}$. Тоді $F \sim P_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) S = P_1 S \frac{\Delta T}{T_1}$. Якщо прийняти різницю

температур $\Delta T \approx 100K$, $T_1 \approx 400K$ площу банки $S \approx 10cm^2$, $P_1 = 10^5 Pa$. Отримаємо $F \approx 25H$.

10. Об'єм газу, який виходить через отвір площею s зі швидкістю v за час t , дорівнює $\frac{V}{2} \sim vSt$. Швидкість виходу газу

можна оцінити за його температурою $\frac{mv^2}{2} \sim \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \frac{RT}{N_A}$; або

прирівнявши швидкість газу v до швидкості звуку. Тоді, нехай об'єм супутника $V \approx 1m^3$, площа отвору $S = 10^{-4}m^2$, швидкість

$v = 3 \cdot 10^2 \frac{m}{c}$. Отримаємо: $t \sim \frac{V}{2vS} \approx 10c$.

11. При кожному ході насоса у камеру м'яча попадає однакова кількість повітря: $m_m \sim \frac{p_0 l S \mu}{RT}$. М'яч надується і маса повітря у

ньому стане $m_m = \frac{p \frac{4}{3} \pi r^3 \mu}{RT}$. Вибравши розміри м'яча $r \approx 10cm$,

тиск $p \approx 1,5p_0$, робочий об'єм насоса $V_n = lS \approx 2 \cdot 10^2 cm^3$, оцінимо

число ходів насоса за формулою: $n = \frac{m_m}{m_n} \sim \frac{V_m P_m}{V_n P_0} \approx 30$.

12. Виштовхувальна сила, яка діє на кульку, дорівнює

$m_o g = \frac{PV\mu g}{RT_o}$. Маса повітря, нагрітого до температури T :

$m = \frac{PV\mu}{RT}$. Якщо M – маса резинової оболонки, а додатковим тиском, який вона створює, знехтувати, то умова підйому кульки: $m_0 g \geq (M + m)g$. Звідси $T > \frac{T_0}{1 - \frac{MRT_0}{PV\mu}}$. Вибравши $M = 5g$; діаметр кульки $d = 2r \approx 35\text{см}$ та початкові умови $T_0 \approx 300\text{K}$, $P_0 \approx 10^5 \text{Па}$, отримаємо $T \approx 500\text{K}$.

13. Нехай пробірка має масу M та містить один моль ідеального газу з молярною масою μ при температурі T . Направимо вісь X вздовж осі пробірки. Половина загального числа молекул газу мають проекцію швидкості $v_x > 0$. Ці молекули вийдуть з пробірки, не передавши їй ніякого імпульсу. Інша половина молекул передасть задній стінці пробірки свій подвійний імпульс, а потім також залишить пробірку. Значить пробірка отримає імпульс (в проекції на вісь X)

$$Mv = 2m_0 \overline{|v_x|} N_A / 2,$$

де v – проекція швидкості пробірки, m_0 – маса молекули газу, $\overline{|v_x|}$ – середнє значення модуля проекції її швидкості і N_A – число Авогадро.

Враховуючи, що $\overline{v^2} = \frac{v^2}{3}$, тобто середній квадрат проекції швидкості дорівнює 1/3 середнього квадрата самої швидкості, і що $\overline{v^2} = \frac{3kT}{m_0}$ (k – стала Больцмана), вважаючи $\overline{|v_x|} \approx \sqrt{\overline{v_x^2}}$,

отримаємо
$$Mv = m_0 N_A \sqrt{\frac{kT}{m_0}}.$$

Звідси

$$v = \frac{1}{M} \sqrt{(m_0 N_A)(k N_A) T} = \frac{1}{M} \sqrt{\mu R T},$$

де R – універсальна газова стала.

Вибравши температуру 300 К, масу пробірки 100 г, масу моля 0,29. Отримаємо 268 м/с.

Додатки

Додаток 1

Префікси *SI* для утворення десяткових кратних і частинних одиниць

| Префікс | Символ | Множник | Префікс | Символ | Множник |
|---------|-----------|-----------|---------|----------|------------|
| йота | <i>Y</i> | 10^{24} | деци | <i>d</i> | 10^{-1} |
| зета | <i>Z</i> | 10^{21} | санти | <i>c</i> | 10^{-2} |
| екса | <i>E</i> | 10^{18} | мілі | <i>m</i> | 10^{-3} |
| пета | <i>P</i> | 10^{15} | мікро | μ | 10^{-6} |
| тера | <i>T</i> | 10^{12} | нано | <i>n</i> | 10^{-9} |
| гіга | <i>G</i> | 10^9 | піко | <i>p</i> | 10^{-12} |
| мега | <i>M</i> | 10^6 | фемто | <i>f</i> | 10^{-15} |
| кіло | <i>k</i> | 10^3 | атто | <i>a</i> | 10^{-18} |
| гекто | <i>h</i> | 10^2 | зепто | <i>z</i> | 10^{-21} |
| дека | <i>da</i> | 10^1 | йокто | <i>y</i> | 10^{-24} |

Основні фізичні величини

1. Число **Авогадро** – кількість молекул в 1 молі речовини:

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

2. Число **Люшмідта** – число молекул в 1 см³ повітря при нормальних умовах:

$$n_o = 2,69 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$$

3. **Універсальна** газова стала:

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль К}}$$

4. Стала **Больцмана**:

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

5. **Нормальні умови**:

$$V_0 = 22,4 \text{ л} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$P_0 = 10^5 \text{ Па}$$

$$T_0 = 273 \text{ К}$$

6. **1 нормальна атмосфера** (ат) = 760 мм рт. ст. = $1,013 \cdot 10^5$ Па

7. **1 мм рт. ст.** = 0,001316 ат = 133,3 Па

$$1 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 735,6 \text{ мм рт. ст.} = 9,80665 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

Густина

а) гази (при н. у.)

повітря – 1,293

кисень – 1,429

вуглекислий газ – $1,977 \frac{\rho}{\text{л}}$

водень – 0,08988

б) рідини

Бензол $0,88 \frac{\rho}{\text{см}^3}$

Ртуть 13,6

Гас 0,80

Ефір (20°C) 0,714

Спирт 0,79

Гліцерин 1,21

Вода морська 1,03

в) тверді тіла

Вольфрам $19,0 \frac{\rho}{\text{см}^3}$

Лід 0,92

Залізо (сталь) 7,8

Дуб 0,7

Мідь 8,9

Сосна 0,5

Натрій хлористий 2,7

Бамбук 0,4

Свинець 11,3

В'язкість η Повітря при 0 °С $1,8 \cdot 10^{-4}$

Гліцерин 3,5

Кисень при 0 °С $1,92 \cdot 10^{-4}$

Вода при 15 °С 0,011

Теплоємність

а) гази ($10^3 \frac{\text{дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$)

| | c_p | c_v | $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ |
|----------------------------------|-------|-------|----------------------------|
| Повітря | 1,02 | 0,729 | 1,40 |
| Водяна пара (при 760 мм рт. ст.) | 1,820 | 1,38 | 1,32 |
| Ar | 0,53 | 0,32 | 1,67 |
| N ₂ | 1,04 | 0,74 | 1,41 |
| O ₂ | 0,913 | 0,649 | 1,40 |
| CO ₂ | 0,848 | 0,654 | 1,30 |

б) рідини ($10^3 \frac{\text{дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$)

Спирт 2,4

Вода 4,19

в) тверді тіла ($10^3 \frac{\text{дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$)

Алюміній 0,88

Мідь 0,4

Залізо (сталь) 0,46

Свинець 0,1

Лід 2,1

Сталі Ван-дер-Ваальса

| Речовина | $a, \frac{\text{дж} \cdot \text{м}^3}{\text{кмоль}}$ | $b, \frac{\text{м}^3}{\text{кмоль}^3}$ |
|------------------|--|--|
| N ₂ | $1,35 \cdot 10^5$ | 0,039 |
| Ar | $1,3 \cdot 10^5$ | 0,03 |
| H ₂ O | $5,47 \cdot 10^5$ | 0,03 |
| CO ₂ | $3,6 \cdot 10^5$ | 0,043 |
| O ₂ | $1,35 \cdot 10^5$ | 0,032 |
| H ₂ | $0,24 \cdot 10^5$ | 0,026 |

Критичні значення температури та тиску

| Речовина | T_K, K | $p_K, 10^6 \text{ Па}$ |
|-----------------|----------|------------------------|
| Азот | 126 | 3,4 |
| Аргон | 151 | 4,87 |
| Бензол | 562 | 4,8 |
| Водень | 33 | 1,3 |
| Водяна пара | 647 | 22,0 |
| Гелій | 52 | 0,23 |
| Кисень | 154 | 5,07 |
| Вуглекислий газ | 304 | 7,4 |
| Ксенон | 290 | 5,9 |

**Тиск P і густина ρ насиченої водяної пари за
різної температури**

| $t, ^\circ\text{C}$ | $P,$ Па | $\rho,$ $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ | $t,$ $^\circ\text{C}$ | $P,$ Па | $\rho,$ $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ | $t,$ $^\circ\text{C}$ | $P,$ Па | $\rho,$ $\frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ |
|---------------------|---------------------|--|--------------------------|---------------------|--|--------------------------|---------------------|--|
| 0 | 611 | 4,85 | 18 | 2062 | 15,39 | 36 | 5941 | 41,8 |
| 1 | 656 | 5,20 | 19 | 2196 | 16,32 | 37 | 6276 | 44,0 |
| 2 | 705 | 5,57 | 20 | 2337 | 17,32 | 38 | 6625 | 46,3 |
| 3 | 757 | 5,95 | 21 | 2486 | 18,35 | 39 | 6991 | 48,7 |
| 4 | 813 | 6,37 | 22 | 2642 | 19,44 | 40 | 7376 | 51,2 |
| 5 | 872 | 6,80 | 23 | 2809 | 20,60 | 45 | 9583 | 65,4 |
| 6 | 935 | 7,27 | 24 | 2984 | 21,81 | 50 | 12 333 | 83,2 |
| 7 | 1005 | 7,70 | 25 | 3168 | 23,07 | 55 | 15 732 | 104,3 |
| 8 | 1072 | 8,28 | 26 | 3361 | 24,40 | 60 | 19 915 | 130,5 |
| 9 | 1148 | 8,83 | 27 | 3565 | 25,79 | 65 | 24 998 | 161 |
| 10 | 1227 | 9,41 | 28 | 3780 | 27,26 | 70 | 31 158 | 198,4 |
| 11 | 1312 | 10,02 | 29 | 4005 | 28,7 | 75 | 38 543 | 242 |
| 12 | 1401 | 10,67 | 30 | 4242 | 30,3 | 80 | 47 302 | 293 |
| 13 | 1497 | 11,36 | 31 | 4493 | 32,1 | 85 | 57 808 | 354 |
| 14 | 1597 | 12,08 | 32 | 4754 | 33,9 | 90 | 70 100 | 424 |
| 15 | 1704 | 12,84 | 33 | 5030 | 35,7 | 95 | 84 513 | 506 |
| 16 | 1817 | 13,65 | 34 | 5320 | 37,6 | 100 | 101 325 | 598 |
| 17 | 1937 | 14,50 | 35 | 5624 | 39,6 | — | — | — |

Поверхневий натягВода (20 °С) $72,75 \frac{мН}{м}$ Ртуть $472 \frac{мН}{м}$ Гліцерин $63 \frac{мН}{м}$ Спирт $22,0 \frac{мН}{м}$ Мильний розчин $40 \frac{мН}{м}$ **Ефективні діаметри молекул і атомів** $H_2 - 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ $O_2 - 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ $N_2 - 3,1 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ $H_2O - 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ $He - 1,9 \cdot 10^{-8} \text{ см}$

Методичне забезпечення та рекомендована література

Перелік методичних видань для забезпечення вивчення ОК:

1. Калапуша Л.Р., Кобель Г.П., Головіна Н.А., Доскоч В.П. *Лабораторний практикум із молекулярної фізики й термодинаміки*. Методичний посібник. Луцьк, 2010. 231с.
2. Калапуша Л.Р., Кобель Г.П., Головіна Н.А., Доскоч В.П. *Лабораторний практикум із молекулярної фізики й термодинаміки*. Методичний посібник. Луцьк, 2013. 248с.
3. Головіна Н.А. *Молекулярна фізика в запитаннях та задачах*. Практикум. Луцьк, 2014. 191с.
4. Головіна Н.А. *Молекулярна фізика та термодинаміка*. Посібник. Луцьк, 2016. 240 с.
5. Головіна Н. А. *Молекулярна фізика та термодинаміка*: навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2017. 240 с. Затверджено СНУ ім. Лесі Українки (протокол № 17 від 29.11.2017 р.)
6. Головіна Н. А. *Молекулярна фізика й термодинаміка в запитаннях та задачах*: навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2017. 190 с. Затверджено СНУ ім. Лесі Українки (протокол № 17 від 29.11.2017 р.) Н від 29.11.2017 № 336.
7. Головіна Н. А., Кобель Г. П. *Лабораторний практикум із молекулярної фізики й термодинаміки*: навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2017. 247 с. Затверджено СНУ ім. Лесі Українки (протокол № 17 від 29.11.2017 р.) Н від 29.11.2017 № 336.
8. Головіна Н. А. *Молекулярна фізика та термодинаміка* : навч. посіб. Луцьк : Вежа-Друк, 2023. 240 с. Гриф «Затверджено до друку вченою радою ВНУ імені Лесі Українки (протокол № 3 від 23.02.2023 р.)
9. Головіна Н. А., Кобель Г. П. *Лабораторний практикум із молекулярної фізики й термодинаміки* : навч. посіб. Луцьк: Вежа-Друк, 2023. 247 с. Гриф «Затверджено до друку вченою радою ВНУ імені Лесі Українки (протокол № 3 від 23.02.2023 р.)
10. Кобель Г.П., Головіна Н.А., Шаварова Г.П. *Основи метрології*. Луцьк: Вежа-Друк, 2022. 125 с. Надання грифу «Затверджено до друку вченою радою ВНУ» (протокол № 4 від 31.03. 2022 р.)

Рекомендована література

1. Булавін Л. А., Гаврюшенко Д. А., Сисоєв В. М. *Молекулярна фізика*. К.: Знання, 2006. 567 с.
2. Кушнір Р. М. *Курс фізики: Молекулярна фізика*. Навч. посіб. для студ. хім. і біол. спец. ун-тів. Ч. 2.. Л: Львів. нац. ун-т ім. І.Франка, 2000. 148 с.
3. Якібчук П. М, Клим М. М. *Молекулярна фізика: підручник*. Видання 2-ге, доповнене Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 584 с.
4. Ігнатенко В. М. *Основи молекулярної фізики та термодинаміки: навч. посіб.* Суми: Сум. держ. ун-т, 2011. 249с.
5. Якібчук П.М., Клим М.М. *Молекулярна фізика*. навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 584 с.
6. Bransden, ВН; Joachain, СJ (2002). *Physics of Atoms and Molecules* (вид. 2nd). Prentice Hall.
7. Cutnell J.D., Johnson K.W. *Physics*. sixth edition. Hoboken.:Wiley, 2004. 990р.

Інтернет джерела

1. <https://www.uzhnu.edu.ua/uk/infocentre/get/44418>
2. <http://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=372>
3. <https://core.ac.uk/download/pdf/141462966.pdf>
4. http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/3302/1/Gerasymov_Andrianova_Fiz_VZ_Mol_Fiz_2_2013.pdf
5. <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4054/1/Mol%20fizika%20zad.pdf>