

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

„Затверджено”

на засіданні кафедри фізики

протокол № ___ від „___” _____ 2009 р.

Тираж ___ примірників

Вимогам, що ставляться до

навчально-методичних видань, відповідає

Зав. кафедри фізики Ващенко В.А. _____

ПРАКТИКУМ З ФІЗИКИ

для студентів інженерних спеціальностей

Частина II. Молекулярна фізика.

Весь цифровий і фактичний матеріал та бібліографічні
відомості перевірено. Зауваження рецензента враховано

Зав. кафедри фізики _____ Ващенко В.А., д.т.н., професор

Укладачі: _____ Ващенко В.А., д.т.н., професор

_____ Колінько С.О., к.ф-м.н., доцент

_____ Рудь М.П.

_____ Нетребчук Л.К.

_____ Бутенко Т.І., к.т.н., доцент

_____ Бондаренко М.О., к.т.н., доцент

Відповідальний редактор _____ Ващенко В.А., д.т.н., професор

Рецензент: _____ Прямухін В.Є., к.ф-м.н., доцент

Відповідальний за випуск _____ Колінько С.О., к.ф-м.н., доцент

Черкаси ЧДТУ 2009

УДК 539.1
ББК 22.36
П 69

Укладачі: **Ващенко** В'ячеслав Андрійович, д.т.н, професор,
Колінько Сергій Олександрович, к.ф-м.н., доцент,
Рудь Максим Петрович,
Нетребчук Лідія Кузьмівна,
Бутенко Тетяна Іванівна, к.т.н., доцент,
Бондаренко Максим Олексійович, к.т.н., доцент

Рецензент: **Прямухін** В.Є., к.ф-м.н, доцент

Практикум з фізики для студентів інженерних спеціальностей. Частина II
"Молекулярна фізика" / Укл. В.А.Ващенко, С.О.Колінько, М.П. Рудь,
Л.К.Нетребчук, Бутенко Т.І., Бондаренко М.О. – Черкаси, ЧДТУ, 2009. –
70 с.

Практикум призначений для самостійного оволодіння студентами практичними навичками шляхом розв'язування задач з фізики із розділу „Молекулярна фізика”. Кількість запропонованих задач (498) така, що дозволяє скласти різні варіанти завдань різної складності для академічної групи студентів. Всі задачі оцінені за рівнем складності (А, В, С). У виданні міститься достатній теоретичний і довідковий матеріал, що позбавляє необхідності звертатися до різних довідників.

Видання призначене для студентів інженерних спеціальностей.

УДК 539.1
ББК 22.36

ПЕРЕДМОВА

В останній час все більше уваги приділяється самостійній роботі студентів, а також посиленню індивідуального підходу до навчання студентів. Такі тенденції вимагають відповідного методичного забезпечення. Зокрема, вивчення фізики неможливе без розв'язування задач. Фізичні задачі сприяють закріпленню теоретичного матеріалу курсу, допомагають зрозуміти зміст фізичних законів, закріпити в пам'яті формули, прищеплюють навички практичного застосування теоретичних знань, розвивають творчі здібності і формують фізичне мислення.

Пропонований практикум з фізики є другою частиною запланованого кафедрою фізики ЧДТУ комплексу практикумів з усіх розділів загальної фізики для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. Практикум призначений для самостійного оволодіння студентами практичними навичками шляхом розв'язування задач по фізиці із розділу "Молекулярна фізика". Кількість запропонованих задач (498) така, що дозволяє скласти різні варіанти завдань різної складності для академічної групи студентів. Всі задачі оцінені по рівню складності:

А (прості) - розрахункові задачі, які вимагають знання основних формул і одиниць вимірювання фізичних величин;

В (середні) - тематичні задачі і вправи, які потребують розуміння суті фізичних явищ;

С (середні) - комбіновані і аналітичні задачі, які вимагають поєднання знань із різних тем і умінь аналізувати умову і отриманий розв'язок задачі.

Видання, окрім тексту задач, містить достатній теоретичний і довідковий матеріал, що позбавляє необхідності звертатися до різних довідників. Безпосередньо після умови кожної задачі приводиться відповідь до неї, що дозволяє студенту самостійно оцінювати правильність розв'язання свого завдання.

Література, яка використана для укладання практикуму, наведена в кінці видання.

4.1 Основи молекулярно-кінетичної теорії речовини

Кількість речовини однорідного газу (в молях):

$$\nu = \frac{m}{\mu},$$

де m – маса газу; μ - молярна маса газу.

Один моль різних речовин містить однакову кількість молекул (стала Авогадро):

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Рівняння Клапейрона-Менделєєва (рівняння стану ідеального газу):

$$pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT,$$

де P – тиск газу; V – об'єм газу; R – універсальна газова стала, $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$; T – термодинамічна температура.

Дослідні газові закони, які є частковими випадками рівняння Клапейрона-Менделєєва для ізопроесів:

а) закон Бойля-Маріотта (ізоермічний процес: $T = \text{const}$; $m = \text{const}$):

$$pV = \text{const},$$

або для двох станів газу: $p_1 V_1 = p_2 V_2$, де p_1 і V_1 – і об'єм в початковому стані; p_2 і V_2 – ті ж величини в кінцевому стані;

б) закон Гей – Люссака (ізобаричний процес: $p = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$\frac{V}{T} = \text{const},$$

або для двох станів:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2},$$

де V_1 і T_1 об'єм і температура газу в початковому стані;

V_2 і T_2 – в кінцевому стані;

в) закон Шарля (ізохоричний процес: $V = \text{const}$, $m = \text{const}$):

$$\frac{p}{T} = \text{const},$$

або для двох станів, $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$, де p_1 і T_1 – тиск і температура газу в початковому

стані; p_2 і T_2 – ті ж величини в кінцевому стані;

г) об'єднаний газовий закон ($m = \text{const}$):

$$\frac{pV}{T} = \text{const}, \quad \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2},$$

де p_1 , V_1 , T_1 – тиск, об'єм і температура газу в початковому стані.

Тиск суміш газів (закон Дальтона):

$$p = p_1 + p_2 + \dots p_n,$$

де p_i – парціальні тиски компонентів суміші; n – число компонентів суміші.

Концентрація молекул (число молекул в одиниці об'єму):

$$n = \frac{N}{V} = \frac{m}{\mu} N_A \cdot \frac{1}{V} = \frac{\rho \cdot N_A}{\mu},$$

де N – число молекул речовини,

ρ – густина речовини, V – об'єм речовини.

Основне рівняння кінетичної теорії газів:

$$P = \frac{2}{3} n \langle E_0 \rangle,$$

де $\langle E_0 \rangle$ середня кінетична енергія молекули.

Середня кінетична енергія молекули:

$$\langle E_0 \rangle = \frac{i}{2} kT,$$

де i – число ступенів вільності молекули, k – стала Больцмана.

Залежність тиску газу від концентрації молекул і температури:

$$p = nkT.$$

Швидкості молекул:

середня квадратична $\langle v_{кв.} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}};$

середня арифметична $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_0}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}};$

найбільш імовірна $v = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}},$

де m_0 – маса однієї молекули.

Барометрична формула визначає залежність тиску газу від висоти в полі сили тяжіння

$$P_h = P_0 \cdot e^{-\frac{\mu \cdot g \cdot h}{RT}}$$

де P_h – тиск газу на висоті h , P_0 – тиск на висоті $h=0$, g – прискорення вільного падіння.

5.1. (А) Яку температуру мають 2 г азоту, що займає, об'єм 820 см³ при тиску в 2·10⁵ Па?

Відповідь: $T = 280 \text{ К} = 7 \text{ }^\circ\text{С}$

5.2. (А) Який об'єм займають 10 г кисню при тиску 10⁵ Па і температурі 20° С?

Відповідь: $V = 7,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$

5.3. (А) Балон місткістю 12 л наповнений азотом при тиску 8,1·10⁶ Па і температурі 17° С. Яка кількість азоту знаходиться в балоні?

Відповідь: $m=1,13$ кг.

5.4. (А) Який тиск на стінки посудини чинять 0,02 кг кисню, що займає об'єм 0,2 м³ при температурі 40° С? Як зміниться результат, якщо замість кисню (O₂) в тій же посудині буде водень (H₂)?

Відповідь: $p_{O_2} = 0,814 \cdot 10^4$ Па.

5.5. (А) Скільки метану (CH₄) знаходиться в балоні об'ємом 15 дм³ при тиску 106 Па і температурі 27°С?

Відповідь: $m_{CH_4} = 0,0963$ кг.

5.6. (А) При якій температурі кисень (O₂), знаходячись під тиском $0,2 \cdot 10^6$ Па, має густину 1,2 кг/м³?

Відповідь: $T \approx 642$ К.

5.7. (В) В зварювальному цеху стоїть 40 балонів ацетилену (C₂H₂) об'ємом по 40 дм³ кожний. Всі балони включені в загальну магістраль. Після 12 год безперервної роботи тиск у всіх балонах впав з $1,3 \cdot 10^7$ Па до $0,7 \cdot 10^7$ Па. Визначити витрату ацетилену за 1 хв, якщо температура в цеху залишалася незмінною і дорівнювала 32° С.

Відповідь: $m = 0,139$ кг/хв.

5.8. (В) При нагріванні ідеального газу на $\Delta T = 1$ К при постійному тиску об'єм його збільшився на 1/350 початкового об'єму. Знайти початкову температуру T газу.

Відповідь: 350 К.

5.9. (А) Тиск повітря всередині щільно закупореної пляшки при температурі 7° С дорівнював 10^5 Па. При нагріванні пляшки пробка вилетіла. Знайти, до якої температури нагріли пляшку, якщо відомо, що пробка вилетіла при тиску повітря в пляшці, рівному $1,3 \cdot 10^5$ Па.

Відповідь: $T = 364$ К = 91°С.

5.10. (А) Яким може бути найменший об'єм балона, що містить 6,4 кг кисню, якщо його стінки при температурі 20° С витримують тиск в 1600 Н/см²?

Відповідь: $V = 3,1 \cdot 10^{-2}$ м³.

5.11. (А) В балоні знаходилося 10 кг газу при тиску 10^7 Па. Знайти, яку кількість газу узяли з балона, якщо тиск став рівний $2,5 \cdot 10^6$ Па. Температуру газу вважати постійною.

Відповідь: $\Delta m = \frac{m_1 \Delta p}{p_1} = 7,5$ кг.

5.12. (А) Знайти масу сірчистого газу (SO₂), що займає об'єм 25 л при температурі 27° С і тиску 10^5 Па.

Відповідь: $m = 0,065$ кг.

5.13. (А) Знайти масу повітря, яке заповнює аудиторію заввишки 5 м і з площею підлоги 200 м². Тиск повітря 10^5 Па, температура приміщення 17° С. (Масу одного кіломоля повітря прийняти рівною 29 кг/моль.)

Відповідь: $m = 1200$ кг.

5.14. (А) В скільки разів маса повітря, що заповнює приміщення взимку (7°C), більше його маси влітку (37°C)? Тиск однаковий.

Відповідь: в 1,1 раза.

5.15. (А) Накреслити ізотерми $0,5\text{ г}$ водню для температур: 1) 0°C , 2) 100°C .

Відповідь: 1) $pV = \frac{m}{\mu}RT_1 = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{2} 8,31 \cdot 10^3 \cdot 273 \text{ Дж} = 567 \text{ Дж}.$ (1)

2) $pV = \frac{m}{\mu}RT_2 = 775 \text{ Дж}.$ (2)

Задаючи різні значення V по рівняннях (1) і (2), отримаємо відповідні значення p .

5.16. (В) Циліндр розділено рухомим поршнем на дві частини, об'єми яких відносяться, як 1:2. Обидві частини циліндра заповнено газом при однаковій температурі. Знайти рівноважне положення поршня, якщо газ в першій частині циліндра нагрівається до температури 127°C , а інша частина має температуру -73°C .

Відповідь: Поршень на середині.

5.17. (В) Дві кулі об'ємом 1 л кожна сполучено трубкою завдовжки 1 м і діаметром 6 мм . При температурі 0°C крапля ртуті знаходиться в рівновазі посередині трубки. На скільки зміститься крапля ртуті, якщо праву кулю нагріти на 2° , а ліву охолодити на 3° ?

Відповідь: $l = 33,0\text{ см}$.

5.18. (С) В деякому об'ємі міститься 18 кг суміші газів: 5 кг водню, 7 кг вуглецю, 2 кг вуглекислого газу, а інше азот. Температура суміші 18°C і тиск 98420 Па . Визначити густину суміші і парціальні тиски газів.

Відповідь: $\rho = 0,246\text{ кг/м}^3$; $P_{\text{H}_2} = 8430\text{ Па}$.

5.19. (С) Куля об'ємом 1000 л наповнена воднем при температурі 27°C і тиску $117,72\text{ МПа}$. Визначити висоту, на яку може піднятися куля, якщо її оболонка важить $0,3\text{ кг}$ і при піднятті на 100 м тиск падає на 1330 Па , а температура знижується на $0,4^{\circ}\text{C}$.

Відповідь: $H = 5,5\text{ км}$.

5.20. (А) Накреслити ізотерми $15,5\text{ г}$ кисню для температур: 1) 29°C і 2) 180°C .

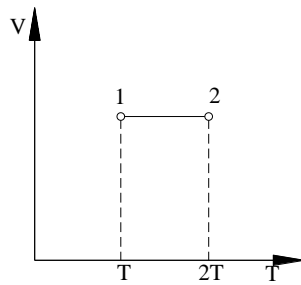
Відповідь: 1) $pV = \frac{m}{\mu}RT_1 = \frac{15,5 \cdot 10^{-3}}{2} 8,31 \cdot 10^3 \cdot 302 \text{ Дж} = 19,5 \text{ кДж}.$ (1)

2) $pV = \frac{m}{\mu}RT_2 = 29,17 \text{ кДж}.$ (2)

Задаючи різні значення V по рівняннях (1) і (2), отримаємо відповідні значення p .

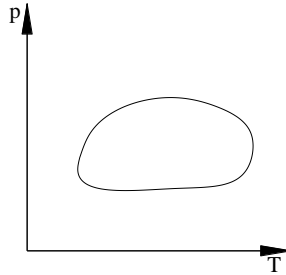
5.21. (С) Зобразити для ідеального газу приблизні графіки ізохорного, ізобарного, ізотермічного та адіабатного процесів на діаграмах: а) p, V ; б) V, T .

5.22. (С) На площині V, T зображено процес, який відбувся з газом при постійному тиску і постійному об'ємі. Як при цьому змінилася маса газу.

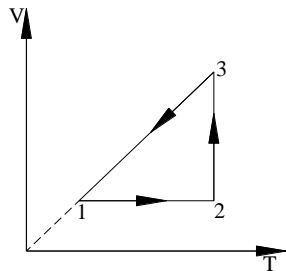


Відповідь: Зменшилась вдвічі.

5.23. (С) На p, T -діаграмі показаний процес, над ідеальним газом. Об'єм газу постійний. Знайдіть точки, де маса газу максимальна, а де мінімальна.



5.24. (С) На V, T -діаграмі показаний замкнутий процес над газом. Зобразіть цей процес в координатах p, V .



5.25. (А) Яка кількість кіломолей газу знаходиться в балоні об'ємом 10 м^3 при тиску $9,6 \cdot 10^4 \text{ Па}$ і температурі 17° С ?

Відповідь: $\frac{m}{\mu} = 0,4 \text{ кмоль}$.

5.26. (С) Скільки накачувань треба зробити, щоб за допомогою насоса, захоплюючого при кожному накачуванні 40 см^3 повітря, наповнити порожню камеру шини велосипеда настільки, щоб площа її дотику з дорогою була рівна 60 см^2 . Навантаження на колесо рівне 35 кг . Об'єм камери рівний 2000 см^3 . Тиск атмосфери прийняти рівним $0,98 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Жорсткістю покриття камери знехтувати.

Відповідь: 79.

5.27. (А) Газ при тиску $99,085 \cdot 10^3 \text{ Па}$ і при температурі 20° С має об'єм 164 см^3 . Який об'єм тієї ж маси газу за нормальних умов?

Відповідь: 150 см^3 .

5.28. (В) Балон ємністю 20 л наповнений стиснутим повітрям. При температурі 20° С манометр показує тиск $117,72 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Який об'єм води можна витіснити з

цистерни підводного човна повітрям цього балона, якщо витіснення проводиться на глибині 30 м і температурі 5° С?

Відповідь: 554 л.

5.29. (В) З балона із стислим воднем об'ємом 10 л унаслідок несправності вентиля витікає газ. При температурі 7° С манометр показував $49 \cdot 10^5$ Па. Через деякий час при температурі 17° С манометр показав такий же тиск. Скільки витекло газу?

Відповідь: 1,48 г.

5.30. (С) По газопровідній трубі йде вуглекислий газ при тиску $p = 3,9 \cdot 10^5$ Па і температурі $t = 7^\circ$ С. Яка швидкість руху газу в трубі, якщо за $\tau = 10$ хв протікає $m = 2$ кг вуглекислого газу і якщо площа перерізу каналу труби $S = 5$ см²?

Відповідь: $u = \frac{mRT}{\mu p S \tau} = 0,9$ м/с.

5.31. (А) 5 г азоту, що знаходиться в закритій посудині об'ємом 4 л при температурі 20° С, нагріваються до температури 40° С. Знайти тиск газу до і після нагрівання.

Відповідь: $p_1 = 1,08 \cdot 10^5$ Па; $p_2 = 1,16 \cdot 10^5$ Па.

5.32. (С) Посередині відкачаного і запаяного з обох кінців горизонтального капіляра знаходиться стовпчик ртуті завдовжки $l = 20$ см. Якщо капіляр поставити вертикально, то стовпчик ртуті переміститься на відстань $l = 10$ см. До якого тиску був відкачаний капіляр? Довжина капіляра $L = 1$ м.

Відповідь: $p_0 = 49875$ Па.

5.33. (С) Загальновідоме жартівливе питання: "Що важче: тонна свинцю чи тонна пробки?" Підрахувати, наскільки маса пробки, яка в повітрі важить 9,8 кН, більша маси свинцю, який в повітрі важить також 9,8 кН. Температура повітря 17° С, тиск 10^5 Па, $\rho_{\text{св}} = 11300$ кг/м³, $\rho_{\text{пр}} = 200$ кг/м³.

Відповідь: $\Delta P = 58,6$ Н.

5.34. (С) Якою повинна бути маса оболонки дитячої повітряної кульки діаметром 25 см, наповненої воднем, щоб результуюча підйомна сила кульки була рівна нулю, тобто, щоб кулька знаходилася в підвішеному стані? Повітря і водень знаходяться за нормальних умов. Тиск усередині кульки дорівнює зовнішньому тиску.

Відповідь: $m = 9,8 \cdot 10^{-3}$ кг.

5.35. (А) Знайти густину водню при температурі 15° С і тиску в $9,7 \cdot 10^4$ Па.

Відповідь: $\rho = 0,081$ кг/м³.

5.36. (А) Густина деякого газу при температурі 10° С і тиску в $2 \cdot 10^5$ Па дорівнює 0,34 кг/м³. Чому дорівнює маса одного кіломоля цього газу?

Відповідь: $\mu = 4$ кг/кмоль.

5.37. (А) Чому дорівнює густина повітря в посудині, якщо посудина відкачана до найвищого розрідження, яке досягнуте сучасними лабораторними способами

($p=10^{-9}$ Па)? Температура повітря 15° С.

Відповідь: $\rho = 1,6 \cdot 10^{-14}$ кг/м³.

5.38. (В) 12 г газу займають об'єм $4 \cdot 10^{-3}$ м³ при температурі 7° С. Після нагрівання газу при постійному тиску його густина стала рівна $6 \cdot 10^{-4}$ г/см³. До якої температури нагріли газ?

Відповідь: до температури 1400 К.

5.39. (С) Об'єм повітряної бульбашки по мірі її спливання з дна озера на поверхню збільшується в n раз. Яка глибина озера? Зміною температури з глибиною можна нехтувати.

Відповідь: $p_a \frac{(n-1)}{\rho g}$, де p_a - атмосферний тиск, ρ – густина води.

5.40. (С) Відкрита з двох кінців трубка завдовжки 0,76 м до половини занурена в ртуть. Скільки ртуті залишиться в трубці, якщо, щільно закривши верхній отвір, вийняти трубку з ртуті?

Відповідь: 30 см.

5.41. (В) У вертикально розташованому циліндрі під невагомим рухомим поршнем знаходиться повітря. На поршень ставлять гирю масою 10 кг. На скільки переміститься поршень, якщо температура повітря в циліндрі підтримується постійною? Атмосферний тиск 10^5 Па, площа перерізу поршня 100 см², відстань від ненавантаженого поршня до дна циліндра 100 см.

Відповідь: 8,9 см.

5.42. (С) Циліндричний стакан опущений отвором вниз у воду і плаває в ній так, що внутрішня поверхня дна знаходиться на одному рівні з поверхнею води в посудині. Маса стакана 400 г, площа його дна 10 см², тиск повітря в стакані перед зануренням 101,08 кПа. Яку частину стакана займатиме повітря після занурення?

Відповідь: 0,96.

5.43. (С) Посудина розділена рухомим поршнем на об'єми $V/3$ і $2V/3$, що містять газ з температурою T . До якої температури потрібно нагрівати газ зліва від поршня, щоб відношення об'ємів змінилося на зворотне? Справа температура газу підтримується постійною.

T	T
---	---

?	T
---	---

Відповідь: 4T.

5.44. (В) До якої температури слід нагріти ізобарично газ, щоб його густина зменшилася в 2 рази порівняно з густиною при 0° С?

Відповідь: 546 К.

5.45. (С) Повітря знаходиться у відкритій зверху вертикальній циліндричній посудині під поршнем масою 20 кг і перерізом 20 см². Після того, як посудину стали рухати вгору з прискоренням 5 м/с², висота стовпа, повітря між поршнем і дном посудини зменшилася на 20 %. Вважаючи температуру постійною, знайдіть за цими даними атмосферний тиск. Тертям між поршнем і стінками посудина можна знехтувати.

Відповідь: 10⁵ Па.

5.46. (В) В посудині знаходиться озон при температурі 527 °С. Через якийсь час він повністю перетворився на кисень, а температура в посудині впала до 127° С. На скільки відсотків змінився при цьому тиск газу?

Відповідь: зменшився на 25%.

5.47. (В) Гумова куля містить 2 л кисню при температурі 20 °С і атмосферному тиску 100 кПа. Визначте масу кисню в кулі. Який об'єм займе кисень, якщо кулю опустити у воду на глибину 10 м і охолодити до температури води 4 °С? Тиск усередині кулі вважайте рівним тиску зовні кулі.

Відповідь: 2,6 г.

5.48. (С) В чашковий ртутний барометр потрапило повітря, в результаті чого за нормальних умов барометр показує 98,42 кПа, а відстань від рівня ртуті в трубці до запаяного кінця складає 10 см. Чому дорівнює істинне значення атмосферного тиску, якщо при температурі 20 °С барометр показує 97,09 кПа? Тепловим розширенням ртуті, і трубки можна знехтувати.

Відповідь: 99,75 кПа.

5.49. (С) Тонкостінна гумова куля масою 50 г наповнена азотом і занурена в озеро на глибину 100 м. Знайдіть масу азоту, якщо куля знаходиться в рівновазі. Атмосферний тиск 101,08 кПа, температура в глибині озера 4 °С. Натягом гуми можна знехтувати.

Відповідь: 0,67 г.

5.50. (С) Визначте підйомну силу повітряної кулі об'ємом 100 м³, наповненої гарячим повітрям при температурі 147 °С. Куля сполучається з атмосферою. Температура зовнішнього повітря 27 °С, його тиск 93,1 кПа.

Відповідь: 300 Н.

5.51. (С) Чи зможе повітряна куля, наповнена гелієм, утримувати вантаж масою 100 кг, якщо об'єм кулі 150 м³, а маса оболонки 8 кг? Тиск і температура гелію усередині кулі і повітря зовні однакові і рівні відповідно 10⁵ Па і 15 °С.

Відповідь: так.

5.52. (С) В балоні об'ємом 10 л міститься водень при температурі 20 °С під тиском 10⁷ Па. Яку масу водню випустили з балона, якщо при повному згоранні газу, що залишився, утворилося 50 г води?

Відповідь: 77 г.

5.53. (С) В циліндричну посудину, що лежить на боку на горизонтальній поверхні, починають поволі всувати з відкритого кінця гладкий поршень. Знайдіть тиск повітря в посудині в той момент, коли посудина зсунеться з місця. Маса

посудини разом з поршнем 2 кг, площа поршня 6 см^2 , атмосферний тиск 100 кПа, коефіцієнт тертя між горизонтальною поверхнею і посудиною 0,3.

Відповідь: 110 кПа.

5.54. (С) Електрична газонаповнена лампа розжарювання, об'єм якої $V = 500 \text{ см}^3$, наповнена азотом під тиском $p = 9 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Яка маса води m увійде в лампу, якщо у ній зробити отвір під водою при нормальному атмосферному тиску?

Відповідь: 0,46 кг.

5.55. (В) Аеростат об'ємом V наповнений воднем при температурі $T_1 = 288 \text{ К}$. При сталому атмосферному тиску під впливом сонячної радіації його температура підвищилась до $T_2 = 310 \text{ К}$, і надлишок газу вийшов з нього через отвір, внаслідок чого маса аеростата з газом зменшилась на $\Delta m = 6,05 \text{ кг}$. Знайти об'єм аеростата.

Відповідь: $69,7 \text{ м}^3$.

5.56. (В) В циліндр завдовжки $l = 1,6 \text{ м}$, заповнений повітрям при нормальному атмосферному тиску p_0 , почали повільно всувати поршень площею $S = 200 \text{ см}^2$. Визначити силу F , яка діятиме на поршень, якщо його зупинити на відстані $l_1 = 10 \text{ см}$ від дна циліндра.

Відповідь: 32,3 кН.

5.57. (С) Колба об'ємом $V = 300 \text{ см}^3$, закрита пробкою з краном, містить розріджене повітря. Для вимірювання тиску в колбі шийку колби сполучили з водою на незначну глибину і відкрили кран, внаслідок чого до колби увійшла вода масою $m = 292 \text{ г}$. Визначити початковий тиск p в колбі, якщо атмосферний тиск $p_0 = 100 \text{ кПа}$.

Відповідь: 2,66 кПа.

5.58. (А) В балоні міститься газ при температурі $t_1 = 100^\circ \text{ С}$. До якої температури t_2 потрібно нагріти газ, щоб його тиск збільшився в два рази?

Відповідь: 473° С .

5.59. (С) Порожнисту кулю об'ємом $V = 10 \text{ см}^3$, заповнену повітрям при температурі $T_1 = 573 \text{ К}$, з'єднали трубкою з чашкою, заповненою ртуттю. Визначити масу m ртуті, що увійшла до кулі при охолодженні повітря в ній до температури $T_2 = 293 \text{ К}$. Зміною об'єму кулі знехтувати.

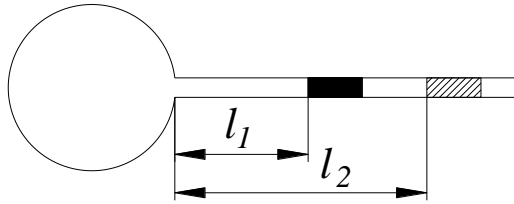
Відповідь: 66,4 г.

5.60. (С) Оболонка повітряної кулі об'ємом $V = 800 \text{ м}^3$ цілком заповнена воднем при температурі $T_1 = 273 \text{ К}$. На скільки зміниться підйомна сила кулі при підвищенні температури до $T_2 = 293 \text{ К}$? Вважати об'єм V оболонки незмінним і зовнішній тиск нормальним. В нижній частині оболонки є отвір, через який водень може виходити в оточуючий простір.

Відповідь: зменшиться на 642 Н.

5.61. (С) Газовий термометр складається з кулі з припаяною до нього горизонтальною скляною трубкою. Крапелька ртуті, поміщена в трубку, відділяє об'єм кулі від зовнішнього простору. Площа S поперечного перерізу трубки рівна $0,1 \text{ см}^2$. При температурі $T_1 = 273 \text{ К}$ крапелька знаходилася на

відстані $l_1 = 30$ см від поверхні кулі, при температурі $T_2 = 278$ К – на відстані $l_2 = 50$ см. Знайти об'єм V кулі.



Відповідь: 106 см^3 .

5.62. (С) Оболонка повітряної кулі має об'єм $V = 1600 \text{ м}^3$. Знайти підйомну силу F водню, що наповнює оболонку, на висоті, де тиск $p = 60$ кПа і температура $T = 280$ К. При підйомі кулі водень може виходити через отвір в нижній частині кулі.

Відповідь: $10,9$ кН.

5.63. (В) В балоні об'ємом $V = 25$ л знаходиться водень при температурі $T = 290$ К. Після того як частину водню витратили, тиск в балоні знизився на $\Delta p = 0,4$ МПа. Визначити масу m витраченого водню.

Відповідь: $8,3$ г.

5.64. (С) Суміш газів, що перебуває під тиском $p = 1,02 \cdot 10^5$ Па, містить $m_1 = 16$ г кисню та $m_2 = 4$ г гелію. Температура суміші $T = 280$ К. Знайти концентрацію молекул суміші та її густину.

Відповідь: $2,6 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$; $0,584 \text{ кг/м}^3$.

5.65. (С) У посудині об'ємом $V = 20$ л міститься $m_1 = 5$ г водню та $m_2 = 10$ г азоту при температурі $T = 290$ К. Визначити тиск у посудині, молярну масу та густину суміші газів.

Відповідь: $3,44 \cdot 10^5$ Па; $5,25 \cdot 10^{-3}$ кг/моль; $0,75 \text{ кг/м}^3$.

5.66. (В) В закритій посудині ємністю 2 м^3 знаходяться $1,4$ кг азоту (N_2) і 2 кг кисню (O_2). Знайти тиск газової суміші в посудині, якщо температура суміші $t = 27^\circ \text{ C}$.

Відповідь: $p_{\text{см}} = 1,4 \cdot 10^5$ Па.

5.67. (В) В балоні ємністю 2 м^3 міститься суміш азоту (N_2) і окислу азоту (NO). Визначити масу окислу азоту, якщо маса суміші рівна 14 кг, температура 300 К і тиск $0,6 \cdot 10^6$ Па.

Відповідь: $m = 13,5$ кг.

5.68. (С) В посудині при температурі $t = 100^\circ \text{ C}$ і тиску $p = 4 \cdot 10^5$ Па знаходиться 2 м^3 суміші кисню O_2 і сірчистого газу SO_2 . Визначити парціальний тиск компонентів, якщо маса сірчистого газу $m_{\text{SO}_2} = 8$ кг.

Відповідь: $p_{\text{O}_2} = 2,1 \cdot 10^5$ Па; $p_{\text{SO}_2} = 1,9 \cdot 10^5$ Па.

5.69. (В) Який об'єм V займає суміш газів – азоту масою $m_1 = 1$ кг і гелію масою $m_2 = 1$ кг – за нормальних умов?

Відповідь: $6,4 \text{ м}^3$.

5.70. (В) В посудині об'ємом $V = 0,01 \text{ м}^3$ міститься суміш газів – азоту масою $m_1 = 7 \text{ г}$ і водню масою $m_2 = 1 \text{ г}$ – при температурі $T = 280 \text{ К}$. Визначити тиск p суміші газів.

Відповідь: 175 кПа.

5.71. (С) Знайти густину ρ газової суміші водню і кисню, якщо їх масові частки ω_1 і ω_2 рівні відповідно $1/9$ і $8/9$. Тиск p суміші рівний 100 кПа, температура $T = 300 \text{ К}$.

Відповідь: 0,402 кг/м³.

5.72. (С) Газова суміш, що складається з кисню і азоту, знаходиться в балоні під тиском $p = 1 \text{ МПа}$. Визначити парціальні тиски p_1 кисню і p_2 азоту, якщо масова частка ω_1 кисню в суміші дорівнює 0,2.

Відповідь: 0,18 МПа; 0,82 МПа.

5.73. (С) В 1 кг сухого повітря міститься $m_1 = 232 \text{ г}$ кисню і $m_2 = 768 \text{ г}$ азоту (масами інших газів нехтуємо) Визначити молярну масу повітря.

Відповідь: 0,0288 кг/моль.

5.74. (С) Балон об'ємом $V = 30 \text{ л}$ містить суміш водню і гелію при температурі $T = 300 \text{ К}$ і тиску $p = 828 \text{ кПа}$. Маса m суміші рівна 24 г. Визначити масу m_1 водню і масу m_2 гелію.

Відповідь: 16 г; 8 г.

5.75. (С) В посудині об'ємом $V = 15 \text{ л}$ знаходиться суміш азоту і водню при температурі $t = 23^\circ \text{ С}$ і тиску $p = 200 \text{ кПа}$. Визначити маси суміші і її компонентів, якщо масова частка ω_1 азоту в суміші дорівнює 0,7.

Відповідь: 6,87 г; 4,81 г.

5.76. (С) Балон ємністю $V = 5 \text{ л}$ містить суміш гелію і водню при тиску $p = 600 \text{ кПа}$. Маса m суміші рівна 4 г, масова частка ω_1 гелію рівна 0,6. Визначити температуру T суміші.

Відповідь: 258 К.

5.77. (С) В закритій посудині ємністю 20 л знаходиться водень масою 6 г і гелій масою 12 г. Визначити: 1) тиск; 2) молярну масу газової суміші в посудині, якщо температура суміші $T = 300 \text{ К}$.

Відповідь: 1) $p = 0,75 \text{ кПа}$; 2) $\mu = 3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

5.78. (В) Визначити густину суміші газів водню масою $m_1 = 8 \text{ г}$ та кисню масою $m_2 = 64 \text{ г}$ при температурі $T = 290 \text{ К}$ і при тиску 0,1 МПа.

Відповідь: 0,498 кг/м³.

5.79. (С) Балон ємністю $V = 20 \text{ л}$ містить суміш водню і азоту при температурі 290 К і тиску 1 МПа. Визначити масу водню, якщо маса суміші рівна 150 г.

Відповідь: 6,3 г.

5.80. (В) 10 г кисню знаходяться під тиском $3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ при температурі 10° С . Після розширення унаслідок нагрівання при постійному тиску кисень зайняв об'єм 10 л. Знайти: 1) об'єм газу до розширення, 2) температуру газу після розширення, 3) густину газу до розширення, 4) густину газу після розширення.

Відповідь: 1) $V_1 = \frac{mRT_1}{\mu p} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3;$

2) $T_2 = \frac{\mu p V_2}{mR} = 1170 \text{ К};$

3) $\rho_1 = \frac{\mu p}{RT_1} = 4,14 \text{ кг/м}^3;$

4) $\rho_2 = \frac{\mu p}{RT_2} = 1 \text{ кг/м}^3.$

5.81. (В) В запаяній посудині знаходиться вода, що займає об'єм, рівний половині об'єму посудини. Знайти тиск і густину водяної пари при температурі 400° С , знаючи, що при цій температурі вся вода перетворюється в пару.

Відповідь: $p = 1,55 \cdot 10^8 \text{ Па}; \rho = 500 \text{ кг/м}^3.$

5.82. (В) Накреслити графік залежності густини кисню: 1) від тиску при температурі $T = \text{const} = 390 \text{ К}$ ($0 \leq p \leq 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ через $5 \cdot 10^4 \text{ Па}$) і 2) від температури при $p = \text{const} = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ($200 \text{ К} \leq T \leq 300 \text{ К}$ через 20 К).

Відповідь: $\rho = \frac{p\mu}{RT}$. При $T = \text{const}$ величина $\rho \sim p$, и при $p = \text{const}$ величина

$$\rho \sim \frac{1}{T}.$$

5.83. (В) В закритій посудині місткістю $v \text{ м}^3$ знаходиться $0,9 \text{ кг}$ води і $1,6 \text{ кг}$ кисню. Знайти тиск в посудині при температурі 500° С , знаючи, що при цій температурі вся вода перетворюється на пару.

Відповідь: $p = 6,4 \cdot 10^5 \text{ Па}.$

5.84. (В) 6 г вуглекислого газу (CO_2) і 5 г закису азоту (N_2O) заповнюють посудину об'ємом в $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Який загальний тиск в посудині при температурі 127° С ?

Відповідь: $p = 4,15 \cdot 10^5 \text{ Па}.$

5.85. (С) В посудині знаходиться 14 г азоту і 9 г водню при температурі 10° С і тиску 10^6 Па . Знайти: 1) масу одного кіломоля суміші, 2) об'єм посудини.

Відповідь: 1) $\mu = 4,6 \text{ кг/кмоль};$

2) $V = 11,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$

5.86. (С) В закриту посудину, наповнену повітрям, вводиться диетиловий ефір ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$). Повітря знаходиться за нормальних умов. Після того, як весь ефір випарувався, тиск в посудині став рівний $1,4 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Яка кількість ефіру була введена в посудину? Об'єм посудини $V = 2 \text{ л}$.

Відповідь: $m = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}.$

5.87. (С) В посудині місткістю $0,5 \text{ л}$ знаходиться 1 г парів йоду. При температурі 1000° С тиск в посудині виявився рівним $9,31 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Знайти ступінь дисоціації молекул йоду J_2 на атоми J за цих умов. Маса одного моля J_2 дорівнює $0,254 \text{ кг/моль}.$

Відповідь: $\alpha = 0,12$.

5.88. (С) В посудині знаходиться вуглекислий газ. При деякій температурі ступінь дисоціації молекул вуглекислого газу на кисень і окис вуглецю рівний 25%. В скільки разів тиск в посудині за цих умов буде більшим того тиску, який мав би місце, якби молекули вуглекислого газу не були дисоційовані?

Відповідь: $\frac{p_1}{p} = 1,25$.

5.89. (С) Вважаючи, що повітря складається по масі з 23,6% кисню і 76,4% азоту, знайти густину повітря при тиску 10^5 Па і температурі 13° С. Знайти парціальні тиски кисню і азоту за цих умов.

Відповідь: $\rho = 1,2$ кг/м³, $p_1 = 0,236 \cdot 10^5$ Па, $p_2 = 0,764 \cdot 10^5$ Па.

5.90. (С) В посудині знаходиться суміш 10 г вуглекислого газу і 15 г азоту. Знайти густину цієї суміші при температурі 27° С і тиску $1,5 \cdot 10^5$ Па.

Відповідь: $\rho = 1,98$ кг/м³.

5.91. (В) Знайти масу атома: 1) водню, 2) гелію.

Відповідь: 1) $m = \frac{\mu}{N_0} = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг; 2) $m = 6,65 \cdot 10^{-27}$ кг.

5.92. (А) Молекула азоту, що летить із швидкістю 600 м/с, ударяється нормально об стінку посудини і пружно відскакує від неї без втрати швидкості. Знайти імпульс сили, отриманий стінкою посудини за час удару.

Відповідь: $5,6 \cdot 10^{-23}$ Н·с.

5.93. (А) Молекула аргону, що летить із швидкістю 500 м/с, пружно ударяється об стінку посудини. Напрямок швидкості молекули і нормаль до стінки посудини складають кут 60° . Знайти імпульс сили, отриманий стінкою посудини за час удару.

Відповідь: $3,3 \cdot 10^{-23}$ Н·с.

5.94. (А) Молекула азоту летить із швидкістю 430 м/с. Знайти імпульс цієї молекули.

Відповідь: $2 \cdot 10^{-23}$ кг·м/с.

5.95. (В) Яка кількість молекул міститься в 1 г водяної пари?

Відповідь: $3,3 \cdot 10^{22}$.

5.96. (В) В посудині місткістю 4 л знаходиться 1 г водню. Яке число молекул міститься в 1 см³ цієї посудини?

Відповідь: $7,5 \cdot 10^{19}$ см⁻³.

5.97. (В) Яка кількість молекул знаходиться в кімнаті об'ємом 80 м³ при температурі 17° С і тиску 10^5 Па?

Відповідь: $2 \cdot 10^{27}$.

5.98. (В) Колба ємністю $V = 0,5$ л містить газ за нормальних умов. Визначити число N молекул газу, що знаходяться в колбі.

Відповідь: $1,34 \cdot 10^{22}$.

5.99. (B) В балоні ємністю $V = 5$ л міститься кисень масою $m = 20$ г. Визначити концентрацію n молекул в балоні.

Відповідь: $7,52 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

5.100. (C) Одна третина молекул азоту масою $m = 10$ г розпалася на атоми. Визначити повне число N частинок, що знаходяться в такому газі.

Відповідь: $2,86 \cdot 10^{20}$.

5.101. (A) В балоні ємністю $V = 3$ л знаходиться кисень масою $m = 4$ г. Визначити кількість речовини ν газу.

Відповідь: 0,125 моль.

5.102. (A) В посудині ємністю $V = 2,24$ л за нормальних умов знаходиться кисень. Визначити кількість речовини ν в посудині.

Відповідь: 0,1 моль.

5.103. (B) В посудині ємністю 1 л знаходиться кисень масою 1 г. Визначити концентрацію молекул кисню в посудині.

Відповідь: $1,88 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

5.104. (B) В посудині ємністю 5 л при нормальних умовах знаходиться азот. Визначити: 1) кількість речовини ν ; 2) масу азота; 3) концентрацію n його молекул в посудині.

Відповідь: 1) $\nu = 0,223$ моль; 2) $m = 6,24$ г; 3) $n = 2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

5.105. (B) Визначити кількість речовини ν і число N молекул газу, що міститься в колбі ємністю $V = 240 \text{ см}^3$ при температурі $T = 290 \text{ К}$ і тиску $p = 50 \text{ кПа}$.

Відповідь: 4,98 ммоль; $3 \cdot 10^{22}$.

5.106. (C) В колбі ємністю $V = 100 \text{ см}^3$ міститься деякий газ при температурі $T = 300 \text{ К}$. На скільки знизиться тиск p газу в колбі, якщо унаслідок витоку з колби вийде $N = 10^{20}$ молекул?

Відповідь: 4,14 кПа.

5.107. (B) В колбі ємністю $V = 240 \text{ см}^3$ знаходиться газ при температурі $T = 290 \text{ К}$ і тиску $p = 50 \text{ кПа}$. Визначити кількість речовини ν газу і число N його молекул.

Відповідь: 4,97 ммоль; $2,99 \cdot 10^{21}$.

5.108. (B) Скільки молекул знаходиться в 1 см^3 посудини при 10° С , якщо посудина відкачана до щонайвищого розрідження, яке досягнуте сучасними лабораторними способами ($p = 10^{-9} \text{ Па}$)?

Відповідь: $3,4 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$.

5.109. (C) Для отримання високого вакууму в скляній посудині необхідно прогрівати стінки посудини при відкачуванні з метою видалення адсорбованого газу. Обчислити, на скільки може підвищитися тиск в сферичній посудині радіусом $r = 10 \text{ см}$, якщо адсорбовані молекули перейдуть із стінок в посудину. Площу поперечного перерізу молекули вважати рівною 10^{-15} см^2 , шар мономолекулярний. Температура $t = 300^\circ \text{ С}$.

Відповідь: $\Delta p = 2,4 \text{ Па}$.

5.110. (C) Яка кількість частинок знаходиться в 1 г парів йоду, якщо ступінь

дисоціації його рівний 50%? Маса одного моля йоду J_2 дорівнює 0,254 кг/моль.

Відповідь: $3,56 \cdot 10^{21}$.

5.111. (С) Яка кількість частинок знаходиться в 16 г наполовину диссоційованого кисню?

Відповідь: $4,5 \cdot 10^{23}$.

5.112. (С) В посудині знаходиться 10^{-13} моль кисню і 10^{-6} г азоту. Температура суміші дорівнює 100°C . При цьому тиск в посудині 0,133 Па. Знайти: 1) об'єм посудини, 2) парціальний тиск кисню і азоту, 3) число молекул в 1 см^3 цієї посудини.

Відповідь: 1) $V = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; 2) $p_1 = 0,098 \text{ Па}$, $p_2 = 0,035 \text{ Па}$; 3) $n = 2,6 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$.

5.113. (А) Знайти середню квадратичну швидкість молекул повітря при температурі 17°C , вважаючи повітря однорідним газом, маса одного моля якого дорівнює $\mu = 0,029 \text{ кг/моль}$.

Відповідь: $\sqrt{v^2} = 500 \text{ м/с}$.

5.114. (В) Середня квадратична швидкість деякого газу при нормальних умовах дорівнює 480 м/с. Скільки молекул містить 1 г цього газу.

Відповідь: $2,04 \cdot 10^{22}$.

5.115. (С) В посудині ємністю $V = 0,3 \text{ л}$ при температурі 290 К знаходиться деякий газ. На скільки понизиться тиск p газу в посудині, якщо з нього вийде $N = 10^{19}$ молекул.

Відповідь: 133 Па.

5.116. (А) Знайти відношення середніх квадратичних швидкостей молекул гелію і азоту при однакових температурах.

Відповідь: $\frac{\sqrt{v_1^2}}{\sqrt{v_2^2}} = 2,65$.

5.117. (А) У момент вибуху атомної бомби розвивається температура, що дорівнює приблизно 10 млн $^\circ \text{C}$. Вважаючи, що при такій температурі всі молекули повністю диссоційовані на атоми, а атоми іонізовані, знайти середню квадратичну швидкість іона водню.

Відповідь: $\sqrt{v^2} = 5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$.

5.118. (С) Знайти число молекул водню в 1 см^3 , якщо тиск дорівнює $2,66 \cdot 10^4 \text{ Па}$, а середня квадратична швидкість його молекул за даних умов дорівнює 2400 м/с.

Відповідь: $N = 4,2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$.

5.119. (С) Густина деякого газу дорівнює $6 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$, середня квадратична швидкість молекул цього газу дорівнює 500 м/с. Знайти тиск, який газ чинить на стінки посудини.

Відповідь: $p = 5 \cdot 10^3 \text{ Па}$.

5.120. (С) Визначити тиск, який чинить газ на стінки посудини, якщо його густина дорівнює $0,01 \text{ кг/м}^3$, а середня квадратична швидкість молекул газу складає 480 м/с .

Відповідь: 768 Па .

5.121. (В) В скільки разів середня квадратична швидкість порошинки в повітрі, менша за середню квадратичну швидкість молекул повітря? Маса порошинки 10^{-8} г . Повітря вважати однорідним газом, маса одного моля якого дорівнює $0,029 \text{ кг/моль}$.

Відповідь: В $1,44 \cdot 10^7$ разів.

5.122. (В) Знайти імпульс молекули водню при температурі 20° С . Швидкість молекули вважати рівною середній квадратичній швидкості.

Відповідь: $6,3 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$.

5.123. (С) В посудині об'ємом 2 л знаходиться 10 г кисню під тиском $9 \cdot 10^4 \text{ Па}$. Знайти: 1) середню квадратичну швидкість молекул газу, 2) число молекул, що знаходяться в посудині, 3) густину газу.

Відповідь: $\sqrt{v^2} = 230 \text{ м/с}$; 2) $N = 1,9 \cdot 10^{23}$; 3) $\rho = 5,0 \text{ кг/м}^3$.

5.124. (В) Частинки гуммігута діаметром $D = 1 \text{ мк}$ беруть участь в броунівському русі. Густина гуммігута $\rho = 1 \text{ г/см}^3$. Знайти середню квадратичну швидкість частинок гуммігута при $t = 0^\circ \text{ С}$.

Відповідь: $\sqrt{v^2} = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$.

5.125. (В) Середня квадратична швидкість молекул деякого газу дорівнює 450 м/с . Тиск газу дорівнює $0,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Знайти густину газу за цих умов.

Відповідь: $\rho = 0,74 \text{ кг/м}^3$.

5.126. (В) Знайти середню квадратичну швидкість молекул газу, густина якого при тиску 10^5 Па дорівнює $8,2 \cdot 10^{-5} \text{ г/см}^3$. 2) Чому дорівнює маса одного кіломоля цього газу, якщо значення густини дано для температури 17° С ?

Відповідь: 1) $\sqrt{v^2} = 1900 \text{ м/с}$. 2) $\mu = 2 \text{ кг/кмоль}$.

5.127. (В) Середня квадратична швидкість молекул деякого газу за нормальних умов дорівнює 461 м/с . Яка кількість молекул міститься в 1 г цього газу?

Відповідь: $N = 1,88 \cdot 10^{22}$.

5.128. (В) Визначити найбільш імовірну швидкість молекул газу густина якого при тиску 40 кПа складає $0,35 \text{ кг/м}^3$.

Відповідь: 478 м/с .

5.129. (С) Визначити середню енергію $\langle \varepsilon_0 \rangle$ поступального руху молекул газу, який знаходиться під тиском $0,1 \text{ Па}$. Концентрація молекул газу дорівнює 10^{13} см^{-3} .

Відповідь: $1,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.

5.130. (В) Визначити: 1) найбільш імовірну $v_{\text{ім}}$; 2) середню арифметичну $\langle v \rangle$; 3) середню квадратичну $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ швидкості молекул азоту (N_2) при 27° С .

Відповідь: 1) 422 м/с ; 2) 476 м/с ; 3) 517 м/с .

5.131. (В) При якій температурі середня квадратична швидкість молекул кисню більша їх найбільш імовірної швидкості на 100 м/с?

Відповідь: 381 К.

5.132. (А) Знайти середню квадратичну $\langle v_{\text{кв}} \rangle$, середню арифметичну $\langle v \rangle$ і найвірогіднішу v_g швидкості молекул водню. Обчислення виконати для трьох значень температури: 1) $T = 20$ К; 2) $T = 300$ К; 3) $T = 5000$ К.

Відповідь: 1) 500 м/с, 462 м/с, 407 м/с; 2) 1940 м/с, 1790 м/с, 1580 м/с; 3) 7900 м/с, 7300 м/с, 6480 м/с;

5.133. (В) При якій температурі T середня квадратична швидкість атомів гелію стане рівною другій космічній швидкості $v_2 = 11,2$ км/с?

Відповідь: 20100 К.

5.134. (В) При якій температурі T молекули кисню мають таку ж середню квадратичну швидкість $\langle v_{\text{кв}} \rangle$, як молекули водню при температурі $T_1 = 100$ К?

Відповідь: 1600 К.

5.135. (В) Колба ємністю $V = 4$ л містить деякий газ масою $m = 0,6$ г під тиском $p = 200$ кПа. Визначити середню квадратичну швидкість $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ молекул газу.

Відповідь: 2000 м/с.

5.136. (С) Суміш гелію і аргону знаходиться при температурі $T = 1200$ К. Визначити середню квадратичну швидкість $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ і середню кінетичну енергію атомів гелію і аргону.

Відповідь: гелій: 2730 м/с та $2,48 \cdot 10^{-20}$ Дж; аргон: 864 м/с, $2,48 \cdot 10^{-20}$ Дж.

5.137. (В) Знайти середню арифметичну, середню квадратичну і найвірогіднішу швидкості молекул газу, густина якого при тиску $4 \cdot 10^4$ Па дорівнює $0,3$ кг/м³.

Відповідь: 1) $\bar{v} = 579$ м/с; 2) $\sqrt{\overline{v^2}} = 1,57 \cdot 10^3$ м/с; 3) $v_g = 513$ м/с.

5.138. (А) При якій температурі середня квадратична швидкість молекул азоту більша за їх найвірогіднішу швидкість на 50 м/с?

Відповідь: $T = 83$ К.

5.139. (В) В скільки разів середня квадратична швидкість $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ молекул кисню більша за середню квадратичну швидкість порошинки масою $m = 10^{-8}$ г, що знаходиться серед молекул кисню?

Відповідь: $1,37 \cdot 10^7$ раз.

5.140. (А) Визначити середню арифметичну швидкість $\langle v \rangle$ молекул газу, якщо їх середня квадратична швидкість $\langle v_{\text{кв}} \rangle = 1$ км/с.

Відповідь: 920 м/с.

5.141. (А) Визначити найвірогіднішу швидкість v_g молекул водню при температурі $T = 400$ К.

Відповідь: 1820 м/с.

5.142. (В) Найбільш імовірна швидкість молекул азоту $v_{\text{ім}}$, що розглядається як ідеальний газ, зменшилась вдвічі. Як змінився при цьому тиск p , якщо процес, що супроводжується зміною $v_{\text{ім}}$, адіабатний?

Відповідь: $\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{128}$.

5.143. (В) Підрахувати найбільш імовірну v_{im} , середню $\langle v \rangle$ та середню квадратичну $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$ швидкості молекул ідеального газу, у якого при нормальному тиску густина $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$.

Відповідь: $v_{im} = 411 \text{ м/с}$; $\langle v \rangle = 463 \text{ м/с}$; $\sqrt{\langle v^2 \rangle} = 502 \text{ м/с}$.

5.144. (А) При якій температурі T_2 середня квадратична швидкість молекул водню дорівнює такій самій швидкості молекул азоту при температурі $T_1 = 390 \text{ К}$?

Відповідь: $27,85 \text{ К}$.

5.145. (В) Знайти кінетичну енергію ε поступального руху молекул газу, якій відповідає швидкість, що дорівнює її найбільш імовірній швидкості. Температура газу $T = 300 \text{ К}$.

Відповідь: $4,144 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$.

5.146. (А) Висотна космічна станція розташована на горі Алагез у Вірменії на висоті 3250 м над рівнем моря. Знайти тиск повітря на цій висоті. Температуру повітря вважати постійною і рівною 5° С . Массу одного моля повітря прийняти рівною $0,029 \text{ кг/моль}$. Тиск повітря на рівні моря $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Відповідь: $p = 68 \text{ кПа}$.

5.147. (В) На якій висоті тиск повітря складає 75% від тиску на рівні моря? Температуру вважати постійною і рівною 0° С .

Відповідь: $h = 2,3 \text{ км}$.

5.148. (В) Пасажирський літак здійснює польоти на висоті 8300 м . Щоб не забезпечувати пасажирів кисневими масками, в кабінах за допомогою компресора підтримується постійний тиск, що відповідає висоті 2700 м . Знайти різницю тисків всередині і ззовні кабіни. Середню температуру зовнішнього повітря вважати рівною 0° С .

Відповідь: $p_1 = 0,354 \text{ ат}$, $p_2 = 0,713 \text{ ат}$, $\Delta p = 0,36 \text{ ат}$.

5.149. (В) Яка маса 1 м^3 повітря: 1) біля поверхні Землі, 2) на висоті 4 км від поверхні Землі? Температуру повітря вважати постійною і рівною 0° С . Тиск повітря біля поверхні Землі дорівнює 10^5 Па .

Відповідь: 1) $1,28 \text{ кг}$; 2) $0,78 \text{ кг}$.

5.150. (В) Знайти відношення тиску повітря на висоті $h_1 = 2 \text{ км}$ до тиску на дні шахти завглибшки $h_2 = 2 \text{ км}$. Поле тяжіння однорідне, атмосфера є ідеальним газом, який перебуває в стані термодинамічної рівноваги при $T = 300 \text{ К}$.

Відповідь: $\frac{p_2}{p_1} = 0,63$.

5.151. (В) На якій висоті h відношення концентрації водню до концентрації кисню у земній атмосфері при $T = 300$ К більша за відношення цих концентрацій поблизу поверхні Землі у $\eta = 4,22$ рази?

Відповідь: 12 км.

5.152. (В) Порошинки, завислі в повітрі, мають масу $m = 10^{-18}$ г. В скільки разів зменшиться їх концентрація n при збільшенні висоти на $\Delta h = 10$ м? Температура повітря $T = 300$ К.

Відповідь: В $e^{23,6}$ рази.

5.153. (А) На скільки зменшиться атмосферний тиск $p = 100$ кПа при підйомі спостерігача над поверхнею Землі на висоту $h = 100$ м? Вважати, що температура T повітря рівна 290 К і не змінюється з висотою.

Відповідь: 1,18 кПа.

5.154. (А) На якій висоті h над поверхнею Землі атмосферний тиск удвічі менший ніж на її поверхні? Вважати, що температура T повітря рівна 290 К і не змінюється з висотою.

Відповідь: 5,88 км.

5.155. (А) Барометр в кабіні вертольота, що летить, показує тиск $p = 90$ кПа. На якій висоті h летить вертоліт, якщо на злітному майданчику барометр показував тиск $p_0 = 100$ кПа? Вважати, що температура T повітря рівна 290 К і не змінюється з висотою.

Відповідь: 885 м.

5.156. (В) Барометр в кабіні літака, що летить, весь час показує однаковий тиск $p = 80$ кПа, завдяки чому льотчик вважає висоту h польоту незмінною. Проте температура повітря змінилася на $\Delta T = 1$ К. Яку помилку Δh у визначенні висоти допустив льотчик? Вважати, що температура не залежить від висоти і що біля поверхні Землі тиск $p_0 = 100$ кПа.

Відповідь: 6,5 м.

5.157. (А) На якій висоті тиск повітря складає 60 % від тиску на рівні моря? Вважати, що температура повітря скрізь однакова і рівна 10° С.

Відповідь: 4,22 км.

5.158. (В) Який тиск повітря в шахті на глибині 1 км, якщо вважати, що температура по всій висоті постійна і рівна 22° С, а прискорення вільного падіння не залежить від висоти? Тиск повітря біля поверхні Землі прийняти рівним p_0 .

Відповідь: 1,12 p_0 .

5.159. (В) Визначити відношення тиску повітря на висоті 1 км до тиску на дні свердловини глибиною 1 км. Повітря біля поверхні Землі знаходиться за нормальних умов, і його температура не залежить від висоти.

Відповідь: 0,78.

5.160. (В) На якій висоті густина повітря в e раз (e – основа натуральних логарифмів) менша в порівнянні з його густиною на рівні моря? Температуру повітря і прискорення вільного падіння вважати не залежною від висоти.

Відповідь: 7,98 км.

5.161. (В) На якій висоті густина газу складає 50% від густини його на рівні моря? Температуру вважати постійною і рівною 0°C . Задачу розв'язати для: 1) повітря і 2) водню.

Відповідь: 1) $h = 5,5$ км; 2) $h = 80$ км.

5.162. (А) Тиск повітря на рівні моря $p_0 = 99,75$ кПа, а на вершині гори 78,47 кПа. Яка висота гори, якщо температура повітря рівна $t = 5^\circ \text{C}$?

Відповідь: 1950 м.

5.163. (С) Трубка завдовжки 22 см обертається навколо вертикальної осі, що проходить через її середину, з частотою оборотів, рівною 30 c^{-1} . Температура повітря 16°C . Приймаючи тиск повітря усередині трубки поблизу її відкритих кінців рівним атмосферному (101,08 кПа), визначити тиск в середині трубки.

Відповідь: 100,8 кПа.

2 Явища переносу в газах

Середня довжина вільного пробігу молекул газу

$$\langle \lambda \rangle = \frac{\langle v \rangle}{\langle Z \rangle} = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n},$$

де $\langle v \rangle$ - середня арифметична швидкість молекули; $\langle Z \rangle$ - середня кількість зіткнень кожної молекули з іншими за одиницю часу; d - ефективний діаметр молекули; n - концентрація молекул.

Загальна кількість зіткнень всіх молекул в одиниці об'єму за одиницю часу рівна

$$Z = \frac{1}{2} \langle Z \rangle n$$

Маса газу m , перенесеного під час дифузії за час Δt через плоску поверхню ΔS , розміщену перпендикулярно до осі x , при градієнті густини вздовж цієї осі $\frac{\Delta \rho}{\Delta x}$ (закон Фіка)

$$m = -D \frac{\Delta \rho}{\Delta x} \Delta S \Delta t,$$

де $D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$ - коефіцієнт дифузії.

Сила внутрішнього тертя F в газі,

$$F = -\eta \frac{\Delta v}{\Delta x} \Delta S,$$

де $\eta = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$ - коефіцієнт внутрішнього тертя (динамічна в'язкість).

Кількість теплоти, яка переноситься внаслідок теплопровідності за час Δt через плоску поверхню ΔS , при градієнті температури $\frac{\Delta T}{\Delta x}$, перпендикулярному до ΔS (Закон Фур'є)

$$Q = -\chi \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t,$$

де $\chi = \frac{1}{3} \rho c_v \langle v \rangle \langle \lambda \rangle$ - коефіцієнт теплопровідності,

c_v - питома теплоємність при постійному об'ємі.

5.164. (В) Визначити середню довжину вільного пробігу молекул вуглекислого газу при температурі 100°C і тиску $15,3 \text{ Па}$. Діаметр молекули вуглекислого газу прийняти рівним $3,2 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

Відповідь: $\lambda = 8,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

5.165. (В) За допомогою іонізаційного манометра, встановленого на третьому радянському штучному супутнику Землі, було знайдено, що на висоті 300 км від поверхні Землі в 1 см^3 знаходиться близько мільярда частинок газу. Знайти довжину вільного пробігу частинок газу на цій висоті. Діаметр частинок прийняти рівним $2 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Відповідь: $\lambda = 5,6 \text{ км}$.

5.166. (В) Знайти середню тривалість вільного пробігу молекул кисню при тиску 266 Па і при 27°C .

Відповідь: $9,3 \cdot 10^{-8} \text{ с}$.

5.167. (С) Середня довжина вільного пробігу в азоті рівна за нормальних умов $6 \cdot 10^{-6} \text{ см}$. Деяка маса азоту перейшла від нормальних умов до стану, при якому її температура рівна 300°C . Яка довжина вільного пробігу в "новому" стані азоту, якщо процес переходу був: а) ізохоричним; б) ізобаричним; в) адіабатичним.

Відповідь: а) $6 \cdot 10^{-6} \text{ см}$; б) $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ см}$; в) $9,4 \cdot 10^{-7} \text{ см}$.

5.168. (В) Скільки молекул ударяється за 1 с в 1 см^2 стінки посудини, в якій знаходиться кисень при тиску $99,75 \text{ кПа}$ і температурі 20°C ?

Відповідь: $2,7 \cdot 10^{23} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

5.169. (В) Як зміниться число ударів двоатомного газу в 1 см^2 стінки в посудині за 1 с , якщо об'єм газу адіабатно збільшиться в $n = 2$ рази?

Відповідь: зменшиться в $n^{\frac{\gamma+1}{2}} = 2,3$ рази.

5.170. (В) Знайти середню довжину вільного пробігу молекул повітря за нормальних умов. Діаметр молекули повітря умовно прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

Відповідь: $\lambda = 9,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

5.171. (В) Знайти число зіткнень в 1 с молекул вуглекислого газу при температурі

100° С, якщо середня довжина вільного пробігу за цих умов дорівнює $8,7 \cdot 10^{-2}$ см.

Відповідь: $z = 4,9 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$.

5.172. (В) Знайти число зіткнень в 1 с молекул азоту при температурі $t = 27^\circ \text{ C}$ і тиску $p = 5,32 \cdot 10^4$ Па. Діаметр молекули азоту прийняти рівним $\sigma = 3 \cdot 10^{-10}$ м.

Відповідь: $z = 2,47 \cdot 10^9 \text{ c}^{-1}$.

5.173. (В) В скільки разів зменшиться число зіткнень в 1 с молекул двоатомного газу, якщо об'єм газу адіабатично збільшити в 2 рази?

Відповідь: В 2,3 раза.

5.174. (В) Знайти середню довжину вільного пробігу молекул азоту при температурі 17° C і тиску 10^4 Па. Діаметр молекули азоту прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8}$ см.

Відповідь: $\lambda = 10^{-6}$ м.

5.175. (В) Знайти середню довжину вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул водню при тиску $p = 0,1$ Па і температурі $T = 100$ К.

Відповідь: 6,4 см.

5.176. (В) При якому тиску p середня довжина вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул азоту рівна 1 м, якщо температура T газу рівна 300 К?

Відповідь: 3,5 мПа.

5.177. (В) Балон ємністю $V = 10$ л містить водень масою $m = 1$ г. Визначити середню довжину вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул.

Відповідь: 1,55 нм.

5.178. (В) Чи можна вважати вакуум з тиском $p = 100$ мкПа високим, якщо він створений в колбі діаметром $d = 20$ см, що містить азот при температурі $T = 280$ К?

Відповідь: Можна, оскільки довжина вільного пробігу ($\langle l \rangle = 97$ м) набагато більша діаметра колби

5.179. (В) Визначити густину ρ розрідженого водню, якщо середня довжина вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул дорівнює 1 см.

Відповідь: $1,55 \text{ мг/м}^3$.

5.180. (В) В газорозрядній трубці знаходиться неон при температурі $T = 300$ К і тиску $p = 1$ Па. Знайти число N атомів неону, які ударяються за час $\Delta t = 1$ с об катод, що має форму диска площею $S = 1 \text{ см}^2$.

Відповідь: $3,38 \cdot 10^{18}$.

5.181. (В) Знайти середню тривалість $\langle \tau \rangle$ вільного пробігу молекул кисню при температурі $T = 250$ К і тиску $p = 100$ Па.

Відповідь: 288 нс.

5.182. (С) Знайти залежність середньої довжини вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул ідеального газу від тиску p при наступних процесах: 1) ізохоричному; 2) ізотермічному. Зобразити цю залежність на графіках.

5.183. (С) Знайти залежність середньої довжини вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул ідеального газу від температури T при наступних процесах: 1) ізохоричному; 2) ізобаричному. Зобразити цю залежність на графіках.

Відповідь: 1) не залежить; 2) $\langle l \rangle \sim 1/p$.

5.184. (С) Знайти залежність середнього числа зіткнень $\langle z \rangle$ молекули ідеального газу в 1 с від тиску p при наступних процесах: 1) ізохоричному; 2) ізотермічному. Зобразити цю залежність на графіках.

Відповідь: 1) $\langle z \rangle \sim 1/\sqrt{p}$; 2) $\langle z \rangle \sim p$.

5.185. (С) Знайти залежність середнього числа зіткнень $\langle z \rangle$ молекули ідеального газу в 1 с від температури T при наступних процесах: 1) ізохоричному; 2) ізобаричному. Зобразити цю залежність на графіках.

Відповідь: 1) $\langle z \rangle \sim \sqrt{T}$; 2) $\langle z \rangle \sim 1/\sqrt{T}$.

5.186. (В) Визначити середню довжину вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул кисню, що знаходиться при температурі 0°C , якщо середнє число $\langle z \rangle$ зіткнень, які відбуваються з молекулою в 1 с, рівне $3,7 \cdot 10^9$.

Відповідь: 115 нм.

5.187. (В) При якому тиску середня довжина вільного пробігу молекул водню дорівнює 2,5 см, якщо температура газу дорівнює 67°C ? Діаметр молекули водню прийняти рівним 0,28 нм.

Відповідь: 0,539 Па.

5.188. (В) Визначити середню тривалість $\langle \tau \rangle$ вільного пробігу молекул водню при температурі 27°C і тиску 5 кПа. Діаметр молекули водню прийняти рівним 0,28 нм.

Відповідь: 13,3 нс.

5.189. (В) Середня довжина вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул водню за нормальних умов складає 0,1 мкм. Визначити середню довжину їх вільного пробігу при тиску 0,1 мПа, якщо температура газу залишається постійною.

Відповідь: 101 м.

5.190. (В) При температурі 300 К і деякому тиску середня довжина вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул кисню рівна 0,1 мкм. Чому рівне середнє число $\langle z \rangle$ зіткнень, молекул за 1 с, якщо посудину відкачати до 0,1 початкового тиску? Температуру газу вважати постійною.

Відповідь: $4,45 \cdot 10^8 \text{ c}^{-1}$.

5.191. (В) Визначити: 1) густину ρ повітря в посудині; 2) концентрацію n його молекул; 3) середню довжину вільного пробігу $\langle l \rangle$ молекул, якщо посудина відкачана до тиску 0,13 Па. Діаметр молекул повітря прийняти рівним 0,27 нм. Температура повітря 300 К.

Відповідь: 1) $\rho = 1,51 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$; 2) $n = 3,14 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$; 3) $\langle l \rangle = 0,01 \text{ м}$.

5.192. (В) Знайти середню довжину вільного пробігу атомів гелію в умовах, коли густина гелію $\rho = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$. Діаметр атомів гелію прийняти рівним $\sigma = 2 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

Відповідь: $\lambda = 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

5.193. (В) Чому дорівнює середня довжина вільного пробігу молекул водню при тиску $p = 0,133 \text{ Па}$ і температурі $t = 50^\circ \text{ С}$? Діаметр молекули водню прийняти рівним $2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Відповідь: $\lambda = 14,2 \text{ см}$.

5.194. (С) При температурі 0° С і деякому тиску середня довжина вільного пробігу молекул кисню дорівнює $9,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}$. Чому буде рівне число зіткнень в 1 с молекул кисню, якщо посудину відкачати до $0,01$ початкового тиску? Температура залишається незмінною.

Відповідь: $z = 4,5 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$.

5.195. (С) За деяких умов середня довжина вільного пробігу молекул газу дорівнює $1,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ і середня арифметична швидкість його молекул дорівнює $1,95 \text{ км/с}$. Чому буде дорівнювати число зіткнень в 1 с молекул цього газу, якщо при тій же температурі тиск газу зменшити в $1,27$ рази?

Відповідь: $z = 9,6 \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$.

5.196. (В) В колбі об'ємом 100 см^3 знаходиться $0,5 \text{ г}$ азоту. Знайти середню довжину вільного пробігу молекул азоту за цих умов. Діаметр молекули азоту прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

Відповідь: $\lambda = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ м}$.

5.197. (В) В посудині знаходиться вуглекислий газ, густина якого $\rho = 1,7 \text{ кг/м}^3$; довжина вільного пробігу його молекул за цих умов дорівнює $\lambda = 7,9 \cdot 10^{-6} \text{ см}$. Знайти діаметр σ молекул вуглекислого газу.

Відповідь: $\sigma = 3,5 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

5.198. (В) Знайти середній час між двома послідовними зіткненнями молекул азоту при температурі 10° С і тиску 133 Па , якщо діаметр молекули азоту прийняти рівним $3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$.

Відповідь: $\tau = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ с}$.

5.199. (В) Посудина з повітрям відкачана до тиску $1,33 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$. Чому рівні при цьому густина повітря, число молекул в 1 см^3 і довжина вільного пробігу молекул? Діаметр молекули повітря вважати рівним $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ і масу одного моля $\mu = 0,029 \text{ кг/моль}$. Температура повітря дорівнює 17° С .

Відповідь: $\rho = 1,6 \cdot 10^{-9} \text{ кг/м}^3$, $n = 3,3 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$; $\lambda = 7,6 \text{ м}$.

5.200. (В) Яке граничне число молекул газу повинне знаходитися в 1 см^3 сферичної посудини, діаметр якої рівний 15 см , щоб молекули не стикалися одна з одною? Діаметр молекули газу прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

Відповідь: $n \leq 1,7 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$.

5.201. (В) Який тиск треба створити усередині сферичної посудини, діаметр якої рівний: 1) 1 см , 2) 10 см і 3) 100 см , щоб молекули не стикалися між собою? Діаметр молекули газу прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$, а температуру газу рівною 0° С .

Відповідь: 1) $0,93 \text{ Па}$; 2) $0,093 \text{ Па}$; 3) $0,0093 \text{ Па}$.

5.202. (С) Відстань між катодом і анодом в розрядній трубці рівна 15 см. Який тиск повітря треба створити в розрядній трубці, щоб електрони на шляху від катода до анода не стикалися? Температура дорівнює 27° С. Діаметр молекули повітря вважати рівним $3 \cdot 10^{-8}$ см. Середня довжина вільного пробігу електрона в газі приблизно в 5,7 разів більша, ніж середня довжина вільного пробігу молекул самого газу.

Відповідь: $p \leq 0,4 \text{ Па}$.

5.203. (В) В сферичній колбі об'ємом 1 л знаходиться азот. Знайти густину азоту, при якій довжина вільного пробігу молекул азоту більша розмірів посудини. Діаметр молекули азоту рівний $3 \cdot 10^{-10}$ м.

Відповідь: $\rho \leq 9,4 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^3$.

5.204. (В) Знайти число зіткнень в 1 с молекул деякого газу, якщо довжина вільного пробігу за цих умов дорівнює $5 \cdot 10^{-4}$ см, а середня квадратична швидкість його молекул дорівнює 500 м/с.

Відповідь: $z = 9,2 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$.

5.205. (В) Знайти коефіцієнт дифузії водню за нормальних умов, якщо середня довжина вільного пробігу молекул за цих умов дорівнює $1,6 \cdot 10^{-7}$ м.

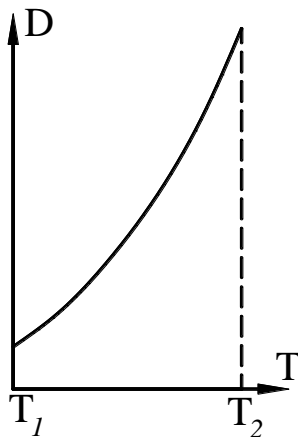
Відповідь: $D = 0,91 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$.

5.206. (В) Знайти коефіцієнт дифузії гелію за нормальних умов. Діаметр атома гелію прийняти рівним $2 \cdot 10^{-10}$ м.

Відповідь: $D = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.

5.207. (В) Побудувати графік залежності коефіцієнта дифузії водню від температури в інтервалі $100 \text{ К} \leq T \leq 600 \text{ К}$ через 100° при постійному тиску $p = \text{const} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Діаметр молекули водню прийняти рівним $2,3 \cdot 10^{-8}$ см.

Відповідь: Рисунок.



5.208. (В) Знайти кількість азоту, що пройшов унаслідок дифузії через площину 100 см^2 за 10 с, якщо градієнт густини в напрямі, перпендикулярному до площини, рівний $1,26 \text{ кг/м}^4$. Температура азоту 27° С; середня довжина вільного пробігу молекул азоту 10^{-5} см.

Відповідь: $m = 2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$.

5.209. (С) Дві посудини А і В сполучені трубкою, діаметр якої $d=1$ см і довжина $l=1,5$ см. Трубка забезпечена краном. При закритому крані тиск повітря в посудині А рівний p_1 ; посудина В відкачана до тиску $p_2 \ll p_1$. Знайти, яка кількість повітря продиффундує з посудини А в посудину В в першу секунду, після того, як відкрили кран. Температуру повітря в обох посудинах вважати рівною 17°C і діаметр молекул повітря $\sigma = 3 \cdot 10^{-10}$ м.

Відповідь: $m = 1,45 \cdot 10^{-7}$ кг.

5.210. (В) Знайти середню довжину вільного пробігу молекул гелію при температурі 0°C і тиску $1,01 \cdot 10^5$ Па, якщо за цих умов коефіцієнт внутрішнього тертя (динамічна в'язкість) для нього рівний $1,3 \cdot 10^{-4}$ г/см·с.

Відповідь: $\lambda = 1,84 \cdot 10^{-7}$ м.

5.211. (В) Знайти коефіцієнт внутрішнього тертя азоту за нормальних умов, якщо коефіцієнт дифузії для нього за цих умов рівний $0,142$ см²/с.

Відповідь: $\eta = 1,78 \cdot 10^{-5}$ Па·с.

5.212. (В) В'язкість азоту η при температурі $T = 273$ К та тиску $p = 9 \cdot 10^4$ Па дорівнює $16,8$ мкПа·с. Знайти середню довжину пробігу $\langle \lambda \rangle$ молекул азоту при цих умовах.

Відповідь: $5,64 \cdot 10^{-8}$ м.

5.213. (С) В'язкість аргону η при нормальних умовах дорівнює 21 мкПа·с. Визначити: 1) середню швидкість теплового руху атомів газу $\langle v \rangle$; 2) середню довжину їх вільного пробігу $\langle \lambda \rangle$; 3) середню кількість z зіткнень атомів у 1 м³ за 1 с; 4) ефективний переріз атома σ та його ефективний діаметр d .

Відповідь: 1) $\langle v \rangle = 380$ м/с; 2) $\langle \lambda \rangle = 6,33 \cdot 10^{-8}$ м; 3) $z = 5,6 \cdot 10^{34}$ м⁻³·с⁻¹; 4) $\sigma = 2,8 \cdot 10^{-19}$ м²; $d = 3 \cdot 10^{-10}$ м.

5.214. (В) Знайти середню довжину вільного пробігу молекули кисню $\langle \lambda \rangle$ при нормальних умовах, якщо його коефіцієнт дифузії при тих самих умовах $D = 1,9 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

Відповідь: $1,34 \cdot 10^{-7}$ м.

5.215. (В) Оцінити тиск p водню у сферичній посудині місткістю $V = 1$ л, при якому довжина вільного пробігу молекул $\langle \lambda \rangle$ стає більшою за розмір посудини. Температура водню $T = 300$ К.

Відповідь: $0,146$ Па.

5.216. (В) При певних умовах в'язкість ідеального газу $\eta = 5 \cdot 10^{-2}$ Па·с, густина $\rho = 2,5 \cdot 10^{-3}$ кг/м³. Чому дорівнює його коефіцієнт дифузії при цих умовах?

Відповідь: 20 м²·с⁻¹.

5.217. (С) Коефіцієнт дифузії D азоту, що міститься у сферичній колбі радіуса $r_1 = 30$ см при температурі $T = 300$ К дорівнює 1 м²/с. Чи залежить коефіцієнт теплопровідності цього газу від тиску при вказаній температурі? Чи зміниться відповідь, якщо радіус колби зменшити до $r_2 = 3$ см?

Відповідь: У першому випадку не залежить у другому залежить.

5.218. (В) При якій температурі в'язкість азоту η дорівнювала б 4 мПа·с.

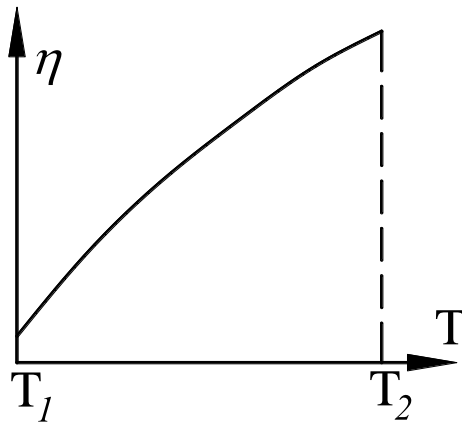
Відповідь: $3,27 \cdot 10^7$ К.

5.219. (В) Знайти діаметр молекули кисню, якщо відомо, що для кисню коефіцієнт внутрішнього тертя при 0° С рівний $\eta = 1,88 \cdot 10^{-5}$ Па·с.

Відповідь: $\sigma = 3 \cdot 10^{-10}$ м.

5.220. (В) Побудувати графік залежності коефіцієнта внутрішнього тертя азоту від температури в інтервалі $100 \text{ К} \leq T \leq 600 \text{ К}$ через 100° . Діаметр молекули азоту прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8}$ см.

Відповідь: рисунок.



5.221. (В) Знайти коефіцієнт дифузії і коефіцієнт внутрішнього тертя повітря при тиску $1,01 \cdot 10^5$ Па і температурі 10° С. Діаметр молекули повітря прийняти рівним $3 \cdot 10^{-10}$ м.

Відповідь: $D = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2 / \text{с}$; $\eta = 1,85 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

5.222. (В) Приймаючи діаметри молекул кисню і азоту рівними один одному, знайти, в скільки разів коефіцієнт внутрішнього тертя кисню більший коефіцієнта внутрішнього тертя азоту. Температура газів однакова.

Відповідь: В 1,07 раз.

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

Відповідь: $n = 1,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$.

5.224. (С) Якої найбільшої швидкості може досягти свинцева дробина діаметром 1 мм, якщо вона падає: 1) в азоті (діаметр молекули азоту прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8}$ см, температура 0° С); 2) у водні (діаметр молекули водню прийняти рівним $2,3 \cdot 10^{-8}$ см; температура 0° С)? Густина свинцю прийняти рівною 11300 кг/м^3 . $P = 1,01 \cdot 10^5$ Па.

Відповідь: 1) $v = 350 \text{ м/с}$; 2) $v = 770 \text{ м/с}$.

5.225. (С) Якої найбільшої швидкості може досягти дощова крапля діаметром 0,3 мм, якщо коефіцієнт внутрішнього тертя повітря рівний $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ г/см} \cdot \text{с}$? Вважати, що для дощової краплі виконується закон Стокса.

Відповідь: $v = 4,1 \text{ м/с}$.

5.226. (С) Літак летить із швидкістю 360 км/год. Вважаючи, що внаслідок

в'язкості повітря перестає захоплюватися літаком тільки на відстані 4 см від поверхні крила, знайти дотичну силу, діючу на кожний квадратний метр поверхні крила. Діаметр молекули повітря прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8}$ см. Температура повітря 0°C .

Відповідь: $F = 0,045\text{H}$.

5.227. (С) Простір між двома коаксіальними циліндрами заповнений газом. Радіуси циліндрів рівні відповідно $r = 5$ см і $R = 5,2$ см. Висота внутрішнього циліндра дорівнює $h = 25$ см. Зовнішній циліндр обертається зі швидкістю, яка відповідає 360 об/хв. Для того, щоб внутрішній циліндр залишався нерухомим, до нього треба прикласти дотичну силу $F = 1,38 \cdot 10^{-3}$ Н. Розглядаючи в першому наближенні випадок, як плоский, визначити з даних цього досліду коефіцієнт в'язкості газу, що знаходиться між циліндрами.

Відповідь: $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5}$ Па · с.

5.228. (В) Знайти коефіцієнт теплопровідності водню, якщо відомо, що коефіцієнт внутрішнього тертя для нього за цих умов рівний $8,6 \cdot 10^{-6}$ Па · с.

Відповідь: $K = 0,09$ Вт / м · град.

5.229. (В) Побудувати графік залежності коефіцієнта теплопровідності водню від температури в інтервалі $100\text{ K} \leq T \leq 600\text{ K}$ через 100 К.

Відповідь: $K = A\sqrt{T}$.

5.230. (В) В посудині об'ємом $V = 2$ л знаходяться $N = 4 \cdot 10^{22}$ молекул двоатомного газу. Коефіцієнт теплопровідності газу рівний $K = 0,014$ Вт/м · град. Знайти коефіцієнт дифузії газу за цих умов.

Відповідь: $D = 2 \cdot 10^{-5}$ м² / с.

5.231. (В) Визначити коефіцієнт теплопровідності λ азоту, що знаходиться в деякому об'ємі при температурі 280 К. Ефективний діаметр молекул азоту прийняти рівним 0,38 нм.

Відповідь: 8,25 мВт/(м · К).

5.232. (В) Кисень знаходиться за нормальних умов. Визначити коефіцієнт теплопровідності λ кисню, якщо ефективний діаметр його молекул рівний 0,36 нм.

Відповідь: 8,49 мВт/(м · К).

5.233. (С) Простір між двома паралельними пластинами площею 150 см² кожна, що знаходяться на відстані 5 мм одна від одної, заповнено киснем. Одна пластина підтримується при температурі 17°C , інша – при температурі 27°C . Визначити кількість теплоти, що пройшла за 5 хв внаслідок теплопровідності від однієї пластини до іншої. Кисень знаходиться за нормальних умов. Ефективний діаметр молекул кисню вважати рівним 0,36 нм.

Відповідь: 76,4 Дж.

5.234. (С) Визначити масу азоту який в наслідок дифузії пройшов через площину 50 см² за 20 с, якщо градієнт густини в напрямі, перпендикулярному площині,

рівний 1 кг/м^4 . Температура азоту 290 К , а середня довжина вільного пробігу його молекул рівна 1 мкм .

Відповідь: $15,6 \text{ мг}$.

5.235. (В) Визначити, в скільки разів відрізняються коефіцієнти динамічної в'язкості η вуглекислого газу і азоту, якщо обидва гази знаходяться при однакових температурі і тиску. Ефективні діаметри молекул цих газів вважати рівними.

Відповідь: $1,25$.

5.236. (В) Визначити коефіцієнт теплопровідності λ азоту, якщо коефіцієнт динамічної в'язкості η для нього за тих же умов рівний $10 \text{ мкПа}\cdot\text{с}$.

Відповідь: $7,42 \text{ мВт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

5.237. (В) Азот знаходиться під тиском 100 кПа при температурі 290 К . Визначити коефіцієнти дифузії D і внутрішнього тертя η . Ефективний діаметр молекул азоту прийняти рівним $0,38 \text{ нм}$.

Відповідь: $D = 9,74 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $\eta = 1,13 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/(\text{м}\cdot\text{с})$.

5.238. (В) Нижче за який тиск можна говорити про вакуум між стінками посудини Дьюара, якщо відстань між стінками посудини 8 мм , а температура 17° С ? Ефективний діаметр молекул повітря прийняти рівним $0,27 \text{ нм}$.

Відповідь: $p \leq 1,55 \text{ Па}$.

5.239. (В) Тиск розрідженого газу в рентгенівській трубці при температурі 17° С рівний 130 мкПа . Чи можна вести розмову про високий вакуум, якщо характерний розмір l_0 (відстань між катодом і анодом трубки) складає 50 мм ? Ефективний діаметр молекул повітря прийняти рівним $0,27 \text{ нм}$.

Відповідь: Можна, оскільки $\langle l \rangle = 95,3 \text{ м} \gg l_0$.

5.240. (С) Відстань між подвійними стінками посудини Дьюара $l = 8 \text{ мм}$. При якому тиску p теплопровідність χ азоту, що міститься між стінками посудини, почне зменшуватися при відкачуванні? Температура азоту $T = 250 \text{ К}$.

Відповідь: $0,7 \text{ Па}$.

5.241. (С) Обчислити силу внутрішнього тертя, яка діє між двома плоскопаралельними шарами азоту, які перебувають при нормальних умовах. Відносна швидкість шарів $u = 1 \text{ м/с}$, відстань, між ними $h = 0,2 \text{ м}$, площа кожного шару $S = 0,2 \text{ м}^2$.

Відповідь: $6,6 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$.

5.242. (С) Знайти кількість азоту, що проходить внаслідок дифузії крізь площину $S = 10^{-2} \text{ м}^2$ за $t = 1 \text{ с}$, якщо градієнт густини біля неї $dp/dx = 1,26 \text{ кг/м}^4$, густина газу біля площини $\rho = 11,6 \text{ кг/м}^3$, а температура $T = 307 \text{ К}$.

Відповідь: $2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}$.

5.243. (С) Літак рухається зі швидкістю $v = 15 \text{ м/с}$. Вважаючи, що товщина шару повітря h , який захоплюється крилом літака внаслідок в'язкості, дорівнює 5 см . Знайти дотичну силу f , що діє на кожний квадратний метр крила. Температура повітря $T = 237 \text{ К}$.

Відповідь: $5,64 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}^2$.

5.244. (В) Яку кількість теплоти ΔQ втрачає кожної години кімната внаслідок теплопровідності повітря, яке міститься між віконними рамами? Площа кожної рами $S = 4 \text{ м}^2$, відстань між ними $l = 0,1 \text{ м}$. Температура в кімнаті $T = 291 \text{ К}$, температура навколишнього повітря $T_2 = 253 \text{ К}$.

Відповідь: 70 кДж.

5.245. (В) Між двома пластинками, розміщеними на відстані $l = 1 \text{ мм}$ одна від одної, знаходиться повітря при нормальних умовах. Між пластинками підтримується різниця температур $\Delta T = 1 \text{ К}$, площа кожної пластинки $S = 10^{-2} \text{ м}^2$. Яка кількість теплоти передається внаслідок теплопровідності від однієї пластинки до іншої за $\Delta t = 10 \text{ хв}$, якщо температура теплішої пластинки $T = 300 \text{ К}$?

Відповідь: 83,5 Дж.

5.246. (С) Вуглекислий газ і азот знаходяться при однакових температурі і тиску. Знайти для цих газів відношення: 1) коефіцієнтів дифузії, 2) коефіцієнтів внутрішнього тертя і 3) коефіцієнтів теплопровідності. Діаметри молекул цих газів вважати однаковими.

Відповідь: 1) $\frac{D_1}{D_2} = 0,8$; 2) $\frac{\eta_1}{\eta_2} = 1,25$; 3) $\frac{K_1}{K_2} = 0,96$.

5.247. (С) Відстань між стінками дюарівської посудини рівна 8 мм. При якому тиску теплопровідність повітря, що знаходиться між стінками дюарівської посудини, почне зменшуватися при відкачуванні? Температура повітря 17° С , діаметр молекули повітря прийняти рівним $3 \cdot 10^{-7} \text{ мм}$.

Відповідь: $p = 1,26 \text{ Па}$.

5.248. (С) Циліндричний термос із зовнішнім радіусом $r_2 = 10 \text{ см}$, внутрішнім $r_1 = 9 \text{ см}$ і заввишки $h = 20 \text{ см}$ наповнений льодом. Температура льоду 0° С ; зовнішня температура повітря 20° С . 1) При якому найбільшому тиску повітря між стінками термоса коефіцієнт теплопровідності ще залежатиме від тиску? Діаметр молекул повітря прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$, температуру повітря, що знаходиться між стінками термоса, вважати рівною середньому арифметичному температур льоду і навколишнього простору. 2) Знайти коефіцієнт теплопровідності повітря, що знаходиться між стінками термоса, при тиску: а) $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$; б) $1,33 \cdot 10^2 \text{ Па}$ ($\mu = 0,029 \text{ кг/моль}$). 3) Яка кількість теплоти проходить за 1 хв через бічну поверхню термоса із середнім радіусом $9,5 \text{ см}$ за рахунок теплопровідності? Задачу розв'язати для тиску: а) $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$ і б) $1,33 \cdot 10^2 \text{ Па}$.

Відповідь: 1) $p = 1,01 \text{ Па}$; 2) а) $K = 13,1 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$, б) $K = 17,8 \cdot 10^{-5} \text{ Вт/м} \cdot \text{град}$; 3) а) $Q = 188 \text{ Дж}$, б) $Q = 25,5 \text{ Дж}$.

5.249. (В) Яка кількість теплоти втрачається щогодини через вікно за рахунок теплопровідності повітря, що знаходиться між рамами. Площа кожної рами 4 м^2 , відстань між рамами 30 см . Температура приміщення 18° С , температура

зовнішнього простору -20°C . Діаметр молекул повітря прийняти рівним $3 \cdot 10^{-8}\text{ см}$, температуру повітря між рамами вважати рівною середньому арифметичному температур приміщення і зовнішнього простору. Тиск дорівнює $1,01 \cdot 10^5\text{ Па}$.

Відповідь: $Q = 23,8\text{ Дж}$.

5.250. (В) Між двома пластинами, що знаходяться на відстані 1 мм одна від одної, знаходиться повітря. Між пластинами підтримується різниця температур $\Delta T = 1^{\circ}$. Площа кожної пластини дорівнює $S = 100\text{ см}^2$. Яка кількість теплоти передається за рахунок теплопровідності від однієї пластини до іншої за 10 хв ? Вважати, що повітря знаходиться за нормальних умов. Діаметр молекули повітря прийняти рівним $3 \cdot 10^{-10}\text{ м}$.

Відповідь: $Q = 78\text{ Дж}$.

3 Перший закон термодинаміки. Теплоємність газів.

Перший закон термодинаміки – закон збереження енергії для теплових процесів:

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

де Q – теплота надана системі (газу);

ΔU – зміна внутрішньої енергії системи;

A – робота, виконана системою проти зовнішніх сил.

Зв'язок між питомою c і молярною C теплоємностями:

$$C = \mu c$$

Молярна теплоємність газу при постійному об'ємі

$$C_V = \frac{i}{2} R;$$

при постійному тиску

$$C_p = C_V + R$$

Внутрішня енергія ідеального газу:

$$U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT = \frac{m}{\mu} C_V T.$$

Робота розширення газу:

$$\text{в загальному випадку } A = \int_{V_1}^{V_2} p dV;$$

при ізобаричному процесі $A = p (V_2 - V_1)$;

при ізотермічному процесі $A = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1}$;

при адіабатичному процесі $A = -\Delta U = -\frac{m}{\mu} C_V \Delta T$, або

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

де $\gamma = c_p/c_v$ – показник адіабати.

Рівняння Пуассона, яке пов'язує параметри ідеального газу при адіабатичному процесі:

$$pV^\gamma = const; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1}; \quad \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}.$$

5.251. (А) Чому дорівнює енергія теплового руху 20 г кисню при температурі 10° С? Яка частина цієї енергії приходить на поступальний рух і яка частина на обертальний?

Відповідь: $W = 3,7 \cdot 10^3$ Дж, $W_{\text{пост}} = 2,2 \cdot 10^3$ Дж, $W_{\text{об}} = 1,5 \cdot 10^3$ Дж.

5.252. (А) Знайти кінетичну енергію теплового руху молекул, що знаходяться в 1 л повітря при температурі 15° С. Повітря вважати однорідним газом, маса одного моля якого дорівнює 0,029 кг/моль.

Відповідь: $W_k = 210$ Дж.

5.253. (В) Чому дорівнює енергія обертального руху молекул, що містяться в 1 кг азоту при температурі 7° С?

Відповідь: $W_{\text{об}} = 8,3 \cdot 10^4$ Дж.

5.254. (В) Чому дорівнює енергія теплового руху молекул двохатомного газу, що знаходиться в посудині об'ємом 2 л під тиском в $1,5 \cdot 10^5$ Па?

Відповідь: $W = 750$ Дж.

5.255. (В) Кінетична енергія поступального руху молекул азоту, що знаходиться в балоні об'ємом 0,02 м³, дорівнює $5 \cdot 10^3$ Дж, а середня квадратична швидкість його молекул дорівнює $2 \cdot 10^3$ м/с. Знайти: 1) кількість азоту в балоні, 2) тиск, під яким знаходиться азот.

Відповідь: 1) $m = 2,5 \cdot 10^{-3}$ кг; 2) $p = 1,67 \cdot 10^5$ Па..

5.256. (В) Азот масою $m = 10$ г знаходиться при температурі $T = 290$ К. Визначити: 1) середню кінетичну енергію одної молекули азоту; 2) середню кінетичну енергію обертального руху всіх молекул азоту. Газ вважати ідеальним.

Відповідь: 1) 10^{-20} Дж; 2) 860 Дж.

5.257. (С) При якій температурі середня кінетична енергія теплового руху атомів гелію буде достатня, для того, щоб атоми гелію подолали земне тяжіння і назавжди покинули земну атмосферу? Розв'язати аналогічну задачу для Місяця. $m_3 = 6 \cdot 10^{24}$ кг, $R_3 = 6,4 \cdot 10^6$ м, $m_M = 7,3 \cdot 10^{22}$ кг, $R_M = 1,7 \cdot 10^6$ м, $G = 6,67 \cdot 10^{11}$ м³/кг·с².

Відповідь: 1) $T = 20000$ К; 2) $T = 900$ К.

5.258. (В) 1 кг двохатомного газу знаходиться під тиском $p = 0,8 \cdot 10^5$ Па і має густину $\rho = 4$ кг/м³. Знайти енергію теплового руху молекул газу за цих умов.

Відповідь: $W = 5 \cdot 10^4$ Дж.

5.259. (В) Тиск p газу дорівнює 1 мПа, концентрація n його молекул рівна 10^{10} см⁻³. Визначити: 1) температуру T газу; 2) середню кінетичну енергію $\langle \epsilon_{\text{п}} \rangle$ поступального руху молекул газу.

Відповідь: 7250 К; $1,5 \cdot 10^{-19}$ Дж.

5.260. (В) Визначити середню кінетичну енергію $\langle \epsilon_{\text{п}} \rangle$ поступального руху і середнє значення $\langle \epsilon \rangle$ повної кінетичної енергії молекули водяної пари при температурі $T = 600$ К. Знайти також кінетичну енергію W поступального руху всіх молекул пари, що містить кількість речовини $\nu = 1$ кмоль.

Відповідь: $1,24 \cdot 10^{-20}$ Дж; $2,48 \cdot 10^{-20}$ Дж; 14,9 МДж.

5.261. (А) Визначити середнє значення $\langle \epsilon \rangle$ повної кінетичної енергії однієї молекули гелію, кисню і водяної пари при температурі $T = 400$ К.

Відповідь: $8,28 \cdot 10^{-21}$ Дж; $13,8 \cdot 10^{-21}$ Дж; $16,6 \cdot 10^{-21}$ Дж.

5.262. (А) Визначити кінетичну енергію $\langle \epsilon_1 \rangle$, що приходить в середньому на один ступінь свободи молекули азоту, при температурі $T = 1000$ К, а також середню кінетичну енергію $\langle \epsilon_{\text{п}} \rangle$ поступального руху, $\langle \epsilon_{\text{в}} \rangle$ обертального руху і середнє значення повної кінетичної енергії $\langle \epsilon \rangle$ молекули.

Відповідь: $6,9 \cdot 10^{-21}$ Дж; $20,7 \cdot 10^{-21}$ Дж; $13,8 \cdot 10^{-21}$ Дж; $34,5 \cdot 10^{-21}$ Дж.

5.263. (С) Яка кількість молекул двоатомного газу займає об'єм $V = 10$ см³ при тиску $p = 5,32 \cdot 10^3$ Па і при температурі $t = 27^\circ$ С? Якою енергією теплового руху володіють ці молекули?

Відповідь: $N = 1,3 \cdot 10^{20}$; $W = 1,33$ Дж.

5.264. (В) Знайти питому теплоємність кисню: 1) при $V = \text{const}$ і 2) при $p = \text{const}$.

Відповідь: 1) $c_V = 650$ Дж/кг·град; 2) $c_p = 910$ Дж/кг·град.

5.265. (В) Знайти питому теплоємність при постійному тиску наступних газів: 1) хлористого водню, 2) неону, 3) окислу азоту, 4) окислу вуглецю і 5) пари ртуті.

Відповідь: 1) 800 Дж/кг·град;
2) 1025 Дж/кг·град;
3) 970 Дж/кг·град;
4) 1040 Дж/кг·град;
5) 103 Дж/кг·град.

5.266. (В) Знайти для кисню відношення питомої теплоємності при постійному тиску до питомої теплоємності при постійному об'ємі.

Відповідь: 1,4.

5.267. (В) Для деякого двоатомного газу питома теплоємність при постійному тиску дорівнює $14,7$ Дж/г·град. Чому дорівнює маса одного кіломоля цього газу?

Відповідь: $\mu = 2$ кг/кмоль.

5.268. (С) Чому рівні питомі теплоємності c_V і c_p деякого двоатомного газу, якщо густина цього газу за нормальних умов дорівнює $1,43$ кг/м³?

Відповідь: $c_V = 650$ Дж/кг·град; $c_p = 910$ Дж/кг·град.

5.269. (В) Вважаючи азот ідеальним газом, визначити його питому теплоємність:
1) для ізобарного процесу; 2) для ізохорного процесу.

Відповідь: 1) $c_V = 742 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$; 2) $c_p = 1,04 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$.

5.270. (С) Визначити питомі теплоємності c_V і c_p , суміші вуглекислого газу масою $m_1 = 3 \text{ г}$ і азоту $m_2 = 4 \text{ г}$.

Відповідь: $c_V = 667 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$; 2) $c_p = 918 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$.

5.271. (С) Визначити показник адиабати γ для суміші газів, яка містить гелій масою $m_1 = 8 \text{ г}$ і водень масою $m_2 = 2 \text{ г}$.

Відповідь: 1,55.

5.272. (С) Застосовуючи перший закон термодинаміки і рівняння стану ідеального газу показати, що різниця теплоємностей $c_p - c_V = R/M$.

5.273. (В) Знайти питомі теплоємності c_V і c_p деякого газу, якщо відомо, що маса одного моля цього газу $\mu = 0,030 \text{ кг/моль}$ і відношення $c_p/c_V = 1,4$.

Відповідь: $c_V = 693 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$; $c_p = 970 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$.

5.274. (С) На скільки теплоємність гримучого газу більша теплоємності водяної пари, що утворилась при його згоранні? Задачу розв'язати для випадків: 1) $V = \text{const}$ і 2) $p = \text{const}$.

Відповідь: 1) $C'_V - C''_V = \frac{3}{2} R = 12,4 \cdot 10^3 \text{ Дж/град}$.

2) $C'_p - C''_p = \frac{5}{2} R = 20,8 \cdot 10^3 \text{ Дж/град}$.

5.275. (С) Чому дорівнює ступінь дисоціації кисню, якщо питома теплоємність його при постійному тиску дорівнює $1050 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$?

Відповідь: $\alpha = 0,36$.

5.276. (С) Знайти питомі теплоємності c_V і c_p парів йоду, якщо ступінь дисоціації його рівний 50%. Маса одного моля йоду I_2 дорівнює $0,254 \text{ кг/моль}$.

Відповідь: $c_V = 90 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$; $c_p = 139 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$.

5.277. (С) Знайти, чому рівний ступінь дисоціації азоту, якщо відомо, що відношення c_p/c_V для нього рівне 1,47.

Відповідь: $\alpha = 0,21$.

5.278. (С) Знайти питому теплоємність при постійному тиску газової суміші, що складається з 3 молей аргону і 2 молей азоту.

Відповідь: $c_p = 685 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$.

5.279. (С) Знайти відношення c_p/c_V для газової суміші, що складається з 8 г гелію і 16 г кисню.

Відповідь: $c_p/c_V = 1,59$.

5.280. (С) Питома теплоємність при постійному об'ємі газової суміші, що складається з одного кіломоля кисню і декількох кіломолей аргону, дорівнює $0,430 \text{ Дж/кг}\cdot\text{град}$. Яка кількість аргону знаходиться в газовій суміші?

Відповідь: $m = 60 \text{ кг}$.

- 5.281. (В)** Різниця питомих теплоємностей $c_p - c_v$ деякого двоатомного газу рівна 260 Дж/(кг·К). Знайти молярну масу M газу і його питомі теплоємності c_v і c_p .
Відповідь: 0,032 кг/моль, 650 Дж/(кг·К), 910 Дж/(кг·К).
- 5.282. (С)** В балоні знаходяться аргон і азот. Визначити питому теплоємність суміші цих газів, якщо масові доли аргону (ω_1) і азоту (ω_2) однакові і рівні $\omega = 0,5$.
Відповідь: 526 Дж/(кг·К).
- 5.283. (С)** Суміш газів складається з хлора і криптону, узятих за однакових умов і в рівних об'ємах. Визначити питому теплоємність c_p суміші.
Відповідь: 417 Дж/(кг·К).
- 5.284. (С)** Визначити питому теплоємність c_v суміші ксенону і кисню, якщо кількості речовини газів в суміші однакові і рівні ν .
Відповідь: 204 Дж/(кг·К).
- 5.285. (С)** Суміш газів складається з аргону і азоту, узятих за однакових умов і в однакових об'ємах. Визначити показник адіабати γ такої суміші.
Відповідь: 1,5.
- 5.286. (С)** Знайти показник адіабати γ суміші водню і неону, якщо масові частки обох газів в суміші однакові і рівні $\omega = 0,5$.
Відповідь: 1,42.
- 5.287. (С)** Знайти показник адіабати γ суміші газів, що містить кисень і аргон, якщо кількості речовини того і іншого газу в суміші однакові і рівні ν .
Відповідь: 1,5.
- 5.288. (С)** Ступінь дисоціації α газоподібного водню рівна 0,6. Знайти питому теплоємність c_v такого водню.
Відповідь: 11,6 кДж/(кг·К).
- 5.289. (С)** Визначити показник адіабати γ газоподібного азоту, ступінь дисоціації α якого рівний 0,4.
Відповідь: 1,52.
- 5.290. (С)** Визначити ступінь дисоціації α газоподібного хлора, якщо показник адіабати γ такого газу рівний 1,55.
Відповідь: 0,517.
- 5.291. (В)** 10 г кисню знаходяться під тиском $3 \cdot 10^5$ Па при температурі 10° С. Після нагрівання при постійному тиску газ зайняв об'єм 10 л. Знайти: 1) кількість теплоти, отриманої газом, 2) внутрішню енергію газу до і після нагрівання.
Відповідь: 1) $\Delta Q = 7,9 \cdot 10^3$ Дж, 2) $W_1 = 1,8 \cdot 10^3$ Дж, $W_2 = 7,6 \cdot 10^3$ Дж.
- 5.292. (В)** 12 г азоту знаходяться в закритій посудині об'ємом 2 л при температурі 10° С. Після нагрівання тиск в посудині став рівним $1,38 \cdot 10^4$ Па. Яка кількість теплоти була передана газу при нагріванні?
Відповідь: $Q = 4,15 \cdot 10^3$ Дж.

5.293. (В) Балон ємністю 10 л з киснем при тиску $78, \cdot 10^5 \text{ Па}$ і при температурі 7° С нагрівається до $15,5^\circ \text{ С}$. Яка кількість теплоти при цьому поглинається газом?

Відповідь: 5866 Дж.

5.294. (С) Посудина, що містить деяку кількість азоту при температурі $t_1 = 15^\circ \text{ С}$, рухається із швидкістю $v = 100 \text{ м/с}$. Яка буде температура t_2 газу в посудині, якщо він раптово зупиниться і якщо передачею теплоти стінкам можна знехтувати?

Відповідь: 22° С .

5.295. (С) В кімнаті розміром 90 м^3 повітря оновлюється повністю за 2 години. Яка кількість теплоти потрібна для обігріву повітря в кімнаті за добу, якщо температура повітря в кімнаті повинна бути 18° С , а зовнішнє повітря має температуру -5° С ? Прийняти, що середня густина повітря $1,25 \text{ г/л}$.

Відповідь: $3,15 \cdot 10^7 \text{ Дж}$.

5.296. (С) Турбогенератор потужністю 3000 кВт охолоджується проточним повітрям. Який об'єм повітря повинен входити в генератор і виходити з нього протягом 1 с, якщо коефіцієнт корисної дії генератора рівний 94%, температура повітря, що виходить з генератора, не повинна перевищувати 50° С , температура в машинному залі 20° С , тиск повітря $99,75 \text{ кПа}$.

Відповідь: близько 5 м^3 та $5,5 \text{ м}^3$.

5.297. (С) В циліндрі газового двигуна відбувається швидке згоряння горючої суміші. Яка температура t_2 і який тиск p_2 при згорянні, якщо об'єм камери згоряння $V = 10 \text{ л}$; тиск перед згорянням $p_1 = 4,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$; температура $t_1 = 210^\circ \text{ С}$; кількість гасу в суміші $m = 0,9 \text{ г}$; теплоємність продуктів згоряння $c_v = 712,3 \text{ Дж/кг} \cdot \text{град}$; середня молярна маса горючої суміші $\mu = 29,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$; калорійність гасу $41,9 \text{ МДж/кг}$?

Вказівка. Розраховувати нагрівання при згорянні, як ізохорний процес, нехтуючи зміною об'єму за час згоряння.

Відповідь: $t_2 = 1690^\circ \text{ С}$, $p_2 = 19,89 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

5.298. (С) Проводиться стиснення деякої маси двоатомного газу ($\gamma = 1,4$) один раз ізотермічно, інший раз адіабатно. Початкові температура і тиск газу, що стискається, обидва рази однакові. Кінцевий тиск в n раз більше початкового. Знайти відношення робіт стиснення при адіабатному і ізотермічному процесах. Розглянути випадки: а) $n = 2$; б) $n = 100$.

Відповідь: $\frac{A_2}{A_1}$; а) 1,5; б) 0,8.

5.299. (В) Прилад, зображений на рисунку (повітряне кресало), служить для демонстрації нагрівання повітря при адіабатному стисненні. Визначити температуру повітря в кресалі при швидкому зменшенні об'єму в 10 разів, якщо початкова температура 15° С .



Відповідь: 450°C .

5.300. (С) В чотирьохтактному двигуні Дизеля атмосферне повітря в об'ємі 10 л піддається 12-кратному стисненню. Припускаючи процес стиснення адиабатним, визначити кінцевий тиск, кінцеву температуру і роботу стиснення, якщо початковий тиск і температура рівні $0,98 \cdot 10^5\text{ Па}$ і 10°C .

Відповідь: $p = 31,75 \cdot 10^5\text{ Па}$; $t = 491^{\circ}\text{C}$; $A = 4300\text{ Дж}$.

5.301. (С) Компресор повинен давати в годину 50 м^3 стисненого повітря при тиску $7,84 \cdot 10^5\text{ Па}$. Компресор охолоджується проточною водою, так що процес стиснення можна вважати ізотермічним.

а. Якої потужності двигун потрібен до компресора, якщо к. к. д. останнього 60% ?

б. Яка кількість проточної води потрібна, якщо температура її в змішувачу компресора підвищується від 11°C до 17°C ?

Зовнішній тиск вважати рівним $0,98 \cdot 10^5\text{ Па}$.

Відповідь: а) $37,8\text{ кВт}$; б) 3250 кг/год .

5.302. (В) На скільки збільшиться внутрішня енергія 200 г азоту і яку зовнішню роботу виконає газ, якщо його нагрівати при постійному тиску від 20 до 100°C ?

Відповідь: $\Delta U = 11866\text{ Дж}$; $A = 4750\text{ Дж}$.

5.303. (В) До якого тиску необхідно стиснути суміш повітря з парами бензину в циліндрі двигуна, щоб відбулось samozagorannya суміші (це відбувається при температурі 560°C), якщо початкова температура суміші дорівнює 0° і початковий тиск рівний $98,1\text{ кПа}$?

Відповідь: $p = 4,846\text{ МПа}$.

5.304. (С) При ізобаричному розширенні деякої маси азоту, під тиском в $98,1\text{ кПа}$, до об'єму 12 л внутрішня енергія його змінюється на $494,42\text{ Дж}$. Знайти початковий об'єм азоту.

Відповідь: $x = 10\text{ л}$.

5.305. (С) В циліндрі з площею основи $0,25 \text{ м}^2$ міститься $1,55 \text{ кг}$ повітря при тиску $117,72 \text{ кПа}$ і температурі 0°С . Визначити висоту підняття поршня, якщо на ізобаричне нагрівання повітря витрачає $15,08 \text{ кДж}$ теплоти.

Відповідь: $\Delta h = 13,9 \text{ см}$.

5.306. (С) 2 л азоту знаходяться під тиском 10^5 Па . Яку кількість теплоти потрібно передати азоту, щоб: 1) при $p = \text{const}$ об'єм збільшити удвічі, 2) при $V = \text{const}$ тиск збільшити удвічі?

Відповідь: 1) $Q = 700 \text{ Дж}$, 2) $Q = 500 \text{ Дж}$.

5.307. (В) В закритій посудині знаходиться 14 г азоту під тиском 10^5 Па і при температурі 27°С . Після нагрівання тиск в посудині підвищився до $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Знайти: 1) до якої температури був нагрітий газ, 2) який об'єм посудини, 3) яка кількість теплоти передана газу?

Відповідь: 1) $T = 1500 \text{ К}$; 2) $V = 12,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; 3) $Q = 12,4 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.

5.308. (В) Яку кількість теплоти потрібно передати 12 г кисню, щоб нагріти його на 50° при постійному тиску?

Відповідь: $Q = 545 \text{ Дж}$.

5.309. (В) На нагрівання 40 г кисню від 16°С до 40°С витрачено $628,5 \text{ Дж}$. За яких умов нагрівався газ? (При постійному об'ємі чи при постійному тиску?)

Відповідь: $C_x = 12,4 \cdot 10^3 \text{ Дж/кмоль} \cdot \text{град}$. Нагрівання відбувається, при постійному об'ємі.

5.310. (В) В закритій посудині об'ємом 10 л знаходиться повітря при тиску 10^5 Па . Яку кількість теплоти потрібно передати повітрю, щоб підвищити тиск в посудині до $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$?

Відповідь: $Q = 10^4 \text{ Дж}$.

5.311. (С) Яку кількість вуглекислого газу можна нагріти від 20°С до 100°С кількістю теплоти $0,222 \text{ Дж}$? 2) Наскільки при цьому зміниться кінетична енергія однієї молекули? Під час нагрівання газ розширюється при $p = \text{const}$.

Відповідь: 1) $m = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$; 2) $\Delta W = 3,3 \cdot 10^{-22} \text{ Дж}$.

5.312. (В) В закритій посудині об'ємом $V = 2 \text{ л}$ знаходиться азот, густина якого $\rho = 1,4 \text{ кг/м}^3$. Яку кількість теплоти Q потрібно передати азоту, щоб нагріти його в цих умовах на $\Delta t = 100^\circ$?

Відповідь: $Q = 208 \text{ Дж}$.

5.313. (В) Азот знаходиться в закритій посудині об'ємом 3 л при температурі 27°С і тиску $3,03 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Після нагрівання тиск в посудині підвищився до $25,25 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Визначити: 1) температуру азоту після нагрівання, 2) передану азоту кількість теплоти.

Відповідь: 1) $T_2 = 2500 \text{ К}$; 2) $V = 12,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$; 3) $Q = 12,4 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.

5.314. (С) Для нагрівання деякої кількості газу на 50° при постійному тиску необхідно затратити 670 Дж . Якщо цю ж кількість газу охолодити на 100° при постійному об'ємі, то виділиться 1006 Дж . Яке число ступенів свободи мають молекули цього газу?

Відповідь: $i = 6$.

5.315. (С) 10 г азоту знаходяться в закритій посудині при температурі 7° С. 1) Яку кількість теплоти потрібно передати азоту, щоб збільшити середню квадратичну швидкість його молекул удвічі? 2) В скільки разів при цьому зміниться температура газу? 3) В скільки разів при цьому зміниться тиск газу на стінки посудини?

Відповідь: 1) $Q = 6,25$ кДж; 2) $t_2 = 4t_1$; 3) $p_2 = 4p_1$.

5.316. (В) Гелій знаходиться в закритій посудині об'ємом 2 л при температурі 20° С і тиску в 10^5 Па. 1) Яку кількість теплоти потрібно передати гелію, щоб підвищити його температуру на 100°? 2) Якою буде середня квадратична швидкість молекул газу при новій температурі? 3) Який встановиться тиск? 4) Яка буде густина гелію? 5) Яка буде енергія теплового руху його молекул?

Відповідь: 1) $Q = 102$ Дж; 2) $\sqrt{v^2} = 1,57 \cdot 10^3$ м/с; 3) $p_2 = 1,33 \cdot 10^5$ Па 4) $\rho_2 = \rho_1 = 0,164$ кг/м³; 5) $W = 4 \cdot 10^2$ Дж.

5.317. (С) В закритій посудині об'ємом 2 л знаходиться m грам азоту і m грам аргону за нормальних умов. Яку кількість теплоти потрібно передати, щоб нагріти цю газову суміш на 100°?

Відповідь: $Q = 155$ Дж.

5.318. (В) 10 г кисню знаходиться під тиском $3 \cdot 10^5$ Па при температурі 10° С. Після нагрівання при постійному тиску газ зайняв об'єм в 10 л. Знайти: 1) кількість теплоти, отриманої газом, 2) зміну внутрішньої енергії газу, 3) роботу, виконану газом при розширенні.

Відповідь: 1) $Q = 7896$ Дж; 2) $\Delta W = 5643$ Дж; 3) $A = 2257$ Дж.

5.319. (В) Об'єм 6,5 г водню, що знаходиться при температурі 27° С, збільшується удвічі при $p = \text{const}$ за рахунок притоку теплоти ззовні. Знайти: 1) роботу розширення, 2) зміну внутрішньої енергії газу, 3) кількість теплоти, переданої газу.

Відповідь: 1) $A = 8,1 \cdot 10^3$ Дж; 2) $\Delta W = 20,2 \cdot 10^3$ Дж; 3) $Q = 28,3 \cdot 10^3$ Дж.

5.320. (С) В закритій посудині знаходиться 20 г азоту і 32 г кисню. Знайти зміну внутрішньої енергії цієї суміші газів при охолодженні її на 28°.

Відповідь: $\Delta W = 1000$ Дж.

5.321. (В) 2 кмоль вуглекислого газу нагріто при постійному тиску на 50°. Знайти: 1) зміну його внутрішньої енергії, 2) роботу розширення, 3) кількість теплоти, переданої газу.

Відповідь: 1) $\Delta W = 2,5 \cdot 10^6$ Дж; 2) $A = 830 \cdot 10^3$ Дж; 3) $Q = 3,33 \cdot 10^6$ Дж.

5.322. (В) Двоатомному газу передано 2,1 кДж тепла. При цьому газ розширяється при постійному тиску. Знайти роботу розширення газу.

Відповідь: $A = 600$ Дж.

5.323. (В) При ізобарному розширенні двоатомного газу була виконана робота в 157 Дж. Яка кількість тепла була передана газу?

Відповідь: $Q = 550 \text{ Дж}$.

5.324. (В) Газ, що займає об'єм 5 л і знаходиться під тиском $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ при температурі 17° C , був нагрітий і розширювався ізобарично. Робота розширення газу при цьому виявилася рівною 196 Дж . Наскільки нагріли газ?

Відповідь: $\Delta t = 57^\circ$.

5.325. (В) 7 г вуглекислого газу було нагріто на 10° в умовах ізобарного розширення. Знайти роботу розширення газу і зміну його внутрішньої енергії.

Відповідь: $A = 13,2 \text{ Дж}$; $\Delta W = 39,6 \text{ Дж}$.

5.326. (В) 1 моль багатоатомного газу нагрівається на 100° в умовах ізобарного розширення. Знайти: 1) кількість теплоти, переданої газу, 2) зміну його внутрішньої енергії, 3) роботу розширення.

Відповідь: 1) $Q = 3,32 \cdot 10^6 \text{ Дж}$; 2) $\Delta W = 2,49 \cdot 10^6 \text{ Дж}$; 3) $A = 8,31 \cdot 10^5 \text{ Дж}$.

5.327. (В) В посудині під поршнем знаходиться 1 г азоту. 1) Яку кількість теплоти потрібно затратити, щоб нагріти азот на 10° ? 2) Наскільки при цьому підніметься поршень? Маса поршня 1 кг , площа його поперечного перерізу 10 см^2 . Тиск над поршнем $1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Відповідь: 1) $Q = 10,4 \text{ Дж}$; 2) $\Delta h = 2,8 \text{ см}$.

5.328. (С) В посудині під поршнем знаходиться гримучий газ. Знайти, яка кількість теплоти виділилась під час вибуху гримучого газу, якщо відомо, що внутрішня енергія газу змінилась при цьому на 336 Дж і поршень піднявся на 20 см . Маса поршня 2 кг , площа його поперечного перерізу 10 см^2 . Над поршнем знаходиться повітря за нормальних умов.

Відповідь: $Q = 360 \text{ Дж}$.

5.329. (В) $10,5 \text{ г}$ азоту ізотермічно розширюються при температурі -23° C від тиску $p_1 = 2,53 \cdot 10^5 \text{ Па}$ до $p_2 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Знайти роботу, виконану газом при розширенні.

Відповідь: $A = 720 \text{ Дж}$.

5.330. (В) При ізотермічному розширенні 10 г азоту, що знаходиться при температурі 17° C , була виконана робота 860 Дж . В скільки разів змінився тиск азоту при розширенні?

Відповідь: В $2,72$ рази.

5.331. (В) Робота ізотермічного розширення 10 г деякого газу від об'єму V_1 до об'єму $V_2 = 2V_1$, дорівнює 575 Дж . Знайти середню квадратичну швидкість молекул газу при цій температурі.

Відповідь: $\sqrt{v^2} = 500 \text{ м/с}$.

5.332. (В) 1 л гелію, що знаходиться за нормальних умов, ізотермічно розширюється за рахунок отриманої ззовні теплоти до об'єму 2 л . Знайти: 1) роботу, виконану газом при розширенні, 2) кількість переданого газу теплоти.

Відповідь: 1) $A = 70 \text{ Дж}$; 2) $Q = A = 70 \text{ Дж}$.

5.333. (В) При ізотермічному розширенні 2 м^3 газу тиск його змінюється від $p_1 =$

$5 \cdot 10^5$ Па до $p_2 = 4 \cdot 10^5$ Па. Знайти виконану газом роботу.

Відповідь: $A = 2,2 \cdot 10^5$ Дж.

5.334. (А) Кисень масою $m=1$ кг знаходиться при температурі $T = 320$ К. Визначити 1) внутрішню енергію молекул кисню; 2) середню кінетичну енергію обертального руху молекул кисню. Газ вважати ідеальним.

Відповідь: 1) 208 кДж; 2) 83,1 кДж.

5.335. (В) В закритій посудині знаходиться суміш азоту масою $m_1 = 56$ г і кисню масою $m_2 = 64$ г. Визначити зміну внутрішньої енергії цієї суміші, якщо її охолодили на 20° .

Відповідь: 1,66 кДж.

5.336. (В) Визначити кількість теплоти, надану газу, якщо в процесі ізохорного нагрівання кисню об'ємом $V = 20$ л його тиск змінився на $\Delta p = 100$ кПа.

Відповідь: 5 кДж.

5.337. (В) Кисень масою 32 г знаходиться у закритій посудині під тиском 0,1 МПа при температурі 290 К. Після нагрівання тиск посудині підвищився в 4 рази. Визначити 1) об'єм посудини; 2) температуру до якої газ нагріли; 3) кількість теплоти, надану газу.

Відповідь: 1) $2,41 \cdot 10^{-2}$ м³; 2) 1160 К; 3) 18,1 кДж.

5.338. (В) Двоатомний ідеальний газ ($\nu = 2$ моль) нагрівають при постійному об'ємі до температури $T_1 = 289$ К. Визначити кількість теплоти, яку необхідно надати газу, щоб збільшити його тиск в 3 рази.

Відповідь: 24 кДж.

5.339. (С) При ізобаричному нагріванні деякого ідеального газу ($\nu = 2$ моль) на 90 К йому було надано кількість теплоти 2,1 кДж. Визначити 1) роботу яку здійснює газ; 2) зміну внутрішньої енергії газу; 3) величину $\gamma = C_p/C_V$.

Відповідь: 1) 1,5 кДж; 2) 0,6 кДж; 3) 1,4.

5.340. (В) Азот масою $m = 280$ г розширюється внаслідок ізобарного процесу при тиску $p = 1$ МПа. Визначити 1) роботу розширення; 2) кінцевий об'єм газу, якщо на розширення витрачена теплота $Q = 5$ кДж, а початкова температура азоту $T_1 = 290$ К.

Відповідь: $A = 1,43$ кДж; $V_2 = 0,026$ м³.

5.341. (В) Кисень об'ємом 1 л знаходиться під тиском 1 МПа. Визначити, яку кількість теплоти необхідно надати газу, щоб: 1) збільшити його об'єм вдвічі в результаті ізобарного процесу; 2) збільшити його тиск вдвічі в результаті ізохорного процесу.

Відповідь: 1) 3,5 кДж; 2) 2,5 кДж.

5.342. (В) Деякий газ масою $m = 5$ г розширюється ізотермічно від об'єму V_1 до об'єму $V_2 = 2V_1$. Робота розширення $A = 1$ кДж. Визначити середню квадратичну швидкість молекул газу.

Відповідь: 930 м/с.

5.343. (В) Азот масою $m = 14$ г стискають ізотермічно при температурі $T = 300$ К від тиску $p_1 = 100$ кПа до тиску $p_2 = 500$ кПа. Визначити 1) зміну внутрішньої енергії газу; 2) роботу стискування; 3) кількість теплоти яка виділилась.

Відповідь: 1) 0; 2) $-2,01$ кДж; 3) $2,01$ кДж.

5.344. (С) Деякий газ масою 1 кг знаходиться при температурі $T = 300$ К і під тиском $p_1 = 0,5$ МПа. В результаті ізотермічного стискування тиск газу збільшився вдвічі. Робота витрачена на стискування $A = -432$ кДж. Визначити 1) який це газ; 2) початковий питомий об'єм газу.

Відповідь: 2) $1,25$ м³/кг.

5.345. (С) Азот масою $m = 50$ г знаходиться при температурі $T = 280$ К. В результаті ізохорного охолодження його тиск зменшився вдвічі, а потім в результаті ізобарного розширення температура газу в кінцевому стані стала рівна початковій. Визначити 1) роботу виконану газом; 2) зміну внутрішньої енергії газу.

Відповідь: 1) $2,08$ кДж; 2) 0.

5.346. (В) Робота розширення деякого двоатомного ідеального газу складає $A = 2$ кДж. Визначити кількість підведеного до газу тепла, якщо процес проходив 1) ізотермічно; 2) ізобарно.

Відповідь: 1) 3 кДж; 2) 7 кДж.

5.347. (В) До якої температури охолонуть повітря, що знаходиться при температурі 0°C , якщо воно розширяється адіабатично від об'єму V_1 до об'єму $V_2 = 2V_1$?

Відповідь: $T = 207$ К.

5.348. (В) $7,5$ л кисню адіабатично стискають до об'єму в 1 л, причому в кінці стиснення тиск становить $1,6 \cdot 10^5$ Па. Під яким тиском знаходився газ до стиснення?

Відповідь: $p_1 = 0,95 \cdot 10^5$ Па .

5.349. (В) Повітря в циліндрах двигуна внутрішнього згорання стискається адіабатично і його тиск при цьому змінюється від $p_1 = 10^5$ Па до $p_2 = 3,5 \cdot 10^6$ Па. Початкова температура повітря 40°C . Знайти температуру повітря в кінці стиснення.

Відповідь: $T = 865$ К.

5.350. (В) Газ розширяється адіабатично і при цьому об'єм його збільшується удвічі, а температура (абсолютна) зменшується в $1,32$ рази. Яке число ступенів свободи мають молекули цього газу?

Відповідь: $i = 5$.

5.351. (С) При адіабатичному розширенні кисню ($\nu = 2$ моль), який знаходиться при нормальних умовах, його об'єм збільшився в 3 рази. Визначити 1) зміну внутрішньої енергії газу; 2) роботу розширення газу.

Відповідь: 1) $-4,03$ кДж; 2) $4,03$ кДж.

5.352. (C) Азот масою $m = 1$ кг займає при температурі $T = 300$ К об'єм $V_1 = 0,5$ м³. В результаті адіабатичного стиснення тиск газу збільшився в 3 рази. Визначити 1) кінцевий об'єм газу; 2) його кінцеву температуру; 3) зміну внутрішньої енергії газу.

Відповідь: 1) 0,028 м³; 2) 411 К; 3) 82,4 кДж.

5.353. (C) Азот який знаходився при температурі $T = 400$ К, піддали адіабатичному розширенню, в результаті якого його об'єм збільшився в 5 раз, а внутрішня енергія зменшилась на 4 кДж. Визначити масу азоту.

Відповідь: 28 г.

5.354. (C) Двоатомний ідеальний газ займає об'єм $V_1 = 1$ л і знаходиться під тиском $p_1 = 0,1$ МПа. Після адіабатичного стискання газ характеризується об'ємом V_2 і тиском p_2 . В результаті наступного ізохорного процесу газ охолоджується до початкової температури, а його тиск $p_3 = 0,2$ МПа. Визначити 1) об'єм V_2 ; 2) тиск p_2 . Накреслити графік цих процесів

Відповідь: 1) 0,5 л; 2) 264 кПа.

5.355. (C) Кисень займаючий при тиску $p_1 = 1$ МПа об'єм $V_1 = 5$ л розширюється в 3 рази. Визначити кінцевий тиск і роботу виконану газом. Розглянути наступні процеси: 1) ізобарний; 2) ізотермічний; 3) адіабатичний.

Відповідь: 1) 1 МПа, 10 кДж; 2) 0,33 МПа, 5,5 кДж; 3) 0,21 МПа, 4,63 кДж.

5.356. (C) Автомобільна шина накачана до тиску $p_1 = 220$ кПа при температурі $T_1 = 290$ К. Під час руху вона нагрілася до температури $T_2 = 330$ К і лопнула. Вважаючи процес, що відбувається після пошкодження шини, адіабатичним, визначити зміну температури ΔT повітря, що вийшло з неї. Зовнішній тиск p_0 повітря дорівнює 100 кПа.

Відповідь: 76 К.

5.357. (B) При адіабатичному стисненні кисню масою $m = 1$ кг виконана робота $A = 100$ кДж. Визначити кінцеву температуру T_2 газу, якщо до стиснення кисень знаходився при температурі $T_1 = 300$ К.

Відповідь: 454 К.

5.358. (C) При адіабатичному розширенні кисню з початковою температурою $T_1 = 320$ К внутрішня енергія зменшилася на $\Delta U = 8,4$ кДж, а його об'єм збільшився в $n = 10$ разів. Визначити масу m кисню.

Відповідь: 67,2 г.

5.359. (C) Водень за нормальних умов мав об'єм $V_1 = 100$ м³. Знайти зміну ΔU внутрішньої енергії газу при його адіабатичному розширенні до об'єму $V_2 = 150$ м³.

Відповідь: -3,8 МДж.

5.360. (C) В циліндрі під поршнем знаходиться водень масою $m = 0,02$ кг при температурі $T_1 = 300$ К. Водень спочатку розширився адіабатично, збільшивши свій об'єм в п'ять разів, а потім був стиснутий ізотермічно, причому об'єм газу зменшився в п'ять разів. Знайти температуру T_2 в кінці

адіабатичного розширення і повну роботу A , виконану газом. Зобразити процес графічно.

Відповідь: 157 К; -21 кДж.

5.361. (В) При адіабатичному стисненні кисню масою $m = 20$ г його внутрішня енергія збільшилася на $\Delta U = 8$ кДж і температура підвищилася до $T_2 = 900$ К. Знайти: 1) підвищення температури ΔT ; 2) кінцевий тиск газу p_2 , якщо початковий тиск $p_1 = 200$ кПа.

Відповідь: 1) 616 К; 11,4 МПа.

5.362. (А) Повітря, що займало об'єм $V_1 = 10$ л при тиску $p_1 = 100$ кПа, було адіабатично стиснуте до об'єму $V_2 = 1$ л. Під яким тиском p_2 знаходиться повітря після стиснення?

Відповідь: 2,52 МПа.

5.363. (В) Горюча суміш в двигуні дизеля запалала при температурі $T_2 = 1100$ К. Початкова температура суміші $T_1 = 350$ К. У скільки разів потрібно зменшити об'єм суміші при стисненні, щоб вона спалахнула? Стиснення вважати адіабатичним. Показник адіабати γ для суміші прийняти рівним 1,4.

Відповідь: 17,6.

5.364. (В) Вуглекислий газ, що знаходився під тиском $p_1 = 100$ кПа при температурі $T_1 = 290$ К, був адіабатично стиснутий до тиску $p_2 = 200$ кПа. Яка температура T_2 газу після стиснення?

Відповідь: 345 К.

5.365. (А) При адіабатичному стисненні газу його об'єм зменшився в 10 разів, а тиск збільшився в 21,4 рази. Визначити відношення c_p/c_v теплоємностей газу.

Відповідь: 1,33.

5.366. (С) З балона, що містить водень під тиском $p_1 = 1$ МПа при температурі $T_1 = 300$ К, випустили половину газу, що знаходився в ньому. Визначити кінцеву температуру T_2 і тиск p_2 , вважаючи процес адіабатичним.

Відповідь: 224 К; 379 кПа.

5.367. (С) Повітря, що знаходилося під тиском $p_1 = 100$ кПа, було адіабатично стиснуте до тиску $p_2 = 1$ МПа. Знайти тиск p_3 , який встановиться, коли стисле повітря, зберігаючи об'єм незмінним, охолodиться до початкової температури.

Відповідь: 518 кПа.

5.368. (В) Визначити роботу A адіабатичного розширення водню масою $m = 4$ г, якщо температура газу знизилася на $\Delta T = 10$ К.

Відповідь: 416 Дж.

5.369. (В) Азот масою $m = 2$ г, що мав температуру $T_1 = 300$ К, був адіабатично стиснутий так, що його об'єм зменшився в 10 разів. Визначити кінцеву температуру T_2 газу і роботу A стиснення.

Відповідь: 754 К; 674 Дж.

5.370. (В) Кисень, що займав об'єм $V_1 = 1$ л під тиском $p_1 = 1,2$ МПа, адіабатично розширився до об'єму $V_2 = 10$ л. Визначити роботу A розширення газу.

Відповідь: 1,81 кДж.

5.371. (В) До якої температури охолонуться водень, узятий при -3°C , якщо об'єм його адіабатично збільшився в три рази?

Відповідь: $T_2 = 174\text{ K}$.

5.372. (В) Ідеальний газ при тиску 10^6 Па і об'ємі $V_1 = 2\text{ м}^3$ розширяється ізотермічно до об'єму $V_2 = 12\text{ м}^3$. Визначити, наскільки зміниться тиск в кінці розширення, якщо газ розширятиметься не ізотермічно, а адіабатично ($\gamma = 1,4$) до того ж об'єму.

Відповідь: $\Delta p = 0,853 \cdot 10^5\text{ Па}$.

5.373. (В) Один моль кисню при $T_1 = 290\text{ K}$ адіабатно стиснуто так, що його тиск зріс в 10 разів. Знайти температуру газу T_2 після стиснення і роботу A , виконану газом.

Відповідь: $T_2 = 560\text{ K}$; $A = -5,61\text{ кДж}$.

5.374. (А) При адіабатному стисненні одного кіломоля двоатомного газу було виконано роботу $A = 146\text{ кДж}$. Як змінилась температура газу при стисненні?

Відповідь: $7,02\text{ K}$.

5.375. (С) Знайти зміну ΔU внутрішньої енергії ідеального одноатомного газу під час його адіабатного розширення від об'єму $V_0 = 10\text{ л}$, якій він мав при нормальному тиску, до об'єму $V_1 = 320\text{ л}$.

Відповідь: $-1,36\text{ кДж}$.

5.376. (С) При адіабатному стисненні тиск повітря було збільшено від $p_1 = 50\text{ кПа}$ до $p_2' = 0,5\text{ МПа}$. Потім при незмінному об'ємі температуру повітря було зменшено до початкової. Визначити тиск p_2 газу в кінці процесу.

Відповідь: $0,965\text{ МПа}$.

5.377. (С) Двоатомний газ, що знаходиться при температурі 27°C і тиску в $2 \cdot 10^6\text{ Па}$ стискається адіабатично від об'єму V_1 до об'єму $V_2 = 0,5V_1$. Знайти температуру і тиск газу після стиснення.

Відповідь: $t = 123^\circ\text{C}$, $p_1 = 52,8 \cdot 10^5\text{ Па}$.

5.378. (С) В посудині, під поршнем знаходиться гримучий газ, що займає за нормальних умов об'єм 10^{-4} м^3 . Внаслідок швидкого стиснення газ вибухнув. Знайти температуру запалювання гримучого газу, якщо відомо, що необхідна робота стиснення дорівнює $46,4\text{ Дж}$.

Відповідь: $T = 683\text{ K}$.

5.379. (С) В посудині під поршнем знаходиться газ за нормальних умов. Відстань між дном посудини і дном поршня рівна 25 см . Коли на поршень поклали вантаж в 20 кг , поршень опустився на $13,4\text{ см}$. Вважаючи стиснення адіабатичним, знайти для даного газу відношення c_p/c_v . Площа поперечного перерізу поршня дорівнює 10 см^2 ; масою поршня знехтувати.

Відповідь: $\frac{c_p}{c_v} = 1,4$.

5.380. (С) Двоатомний газ займає об'єм $V_1 = 0,5\text{ л}$ при тиску $p_1 = 5 \cdot 10^4\text{ Па}$. Газ

стискається адіабатично до деякого об'єму V_2 і потім при постійному об'ємі V_2 охолоджується до початкової температури. При цьому тиск його стає рівним $p_0 = 1,01 \cdot 10^5$ Па. 1) Накреслити графік цього процесу. 2) Знайти об'єм V_2 .

Відповідь: 2) $V_2 = 0,25$ л.

5.381. (С) Газ розширяється адіабатично так, що його тиск падає від $2,02 \cdot 10^5$ Па до $1,01 \cdot 10^5$ Па. Потім він нагрівається при постійному об'ємі до початкової температури, причому його тиск зростає до $1,22 \cdot 10^5$ Па. 1) Визначити відношення c_p/c_v для цього газу. 2) Накреслити графік цього процесу.

Відповідь: $\frac{c_p}{c_v} = 1,4$.

5.382. (С) 1 моль азоту, що знаходиться за нормальних умов, розширяється адіабатично від об'єму V_1 до об'єму $V_2 = 5V_1$. Знайти: 1) роботу, виконану газом при розширенні, 2) зміну внутрішньої енергії газу.

Відповідь: 1) $A = 2,69 \cdot 10^6$ Дж; 2) $\Delta W = -2,69 \cdot 10^6$ Дж.

5.383. (С) Необхідно стиснути $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ повітря до об'єму в $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Як вигідніше його стискати: адіабатично чи ізотермічно?

Відповідь: $\frac{A_{ад}}{A_{із}} = 1,4$ - ізотермічно стискати вигідніше.

5.384. (В) При адіабатичному стисненні одного кіломоля двоатомного газу була виконана робота 146 кДж. Наскільки збільшилася температура газу при стисненні?

Відповідь: На 7° .

5.385. (С) В скільки разів зменшиться середня квадратична швидкість молекул двоатомного газу при адіабатичному збільшенні об'єму газу в два рази?

Відповідь: В 1,15 рази.

5.386. (С) 10 г кисню, що знаходиться за нормальних умов стискається до об'єму в $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$. Знайти тиск і температуру кисню після стиснення, якщо: 1) кисень стискається ізотермічно, 2) кисень стискається адіабатично. Знайти роботу стиснення в кожному з цих випадків.

Відповідь: 1) $p_2 = 5 \cdot 10^5$ Па, $T_2 = 273$ К, $A = -1140$ Дж;

2) $p_2 = 9,5 \cdot 10^5$ Па, $T_2 = 520$ К, $A = -1590$ Дж.

5.387. (С) 28 г азоту, що знаходиться при температурі 40° С і тиску 10^5 Па, стискається до об'єму в 13 л. Знайти температуру і тиск азоту після стиснення, якщо: 1) азот стискається ізотермічно, 2) азот стискається адіабатично. Знайти роботу стиснення в кожному з цих випадків.

Відповідь: 1) $T_2 - T_1 = 313$ К, $p_2 = 2 \cdot 10^5$ Па, $A = -1800$ Дж;

2) $T_2 = 413$ К, $p_2 = 2,6 \cdot 10^5$ Па, $A = -2080$ Дж.

5.388. (С) В скільки разів зростає довжина вільного пробігу молекул двоатомного газу, якщо його тиск зменшується удвічі. Розглянути випадки: 1) газ

розширюється ізотермічно, 2) газ розширюється адіабатично.

Відповідь: 1) в 2 рази; 2) в 1,64 рази.

5.389. (В) Два різні гази, з яких один одноатомний, а інший — двоатомний, знаходяться при однаковій температурі і займають однаковий об'єм. Гази стискаються адіабатично так, що об'єм їх зменшується в два рази. Який з газів нагріється більше і в скільки разів?

Відповідь: одноатомний газ нагріється більше в 1,2 рази.

5.390. (В) 1 кг повітря, що знаходиться при температурі 30°C і тиску $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$, розширяється адіабатично і тиск при цьому зменшується до 10^5 Па . Знайти: 1) ступінь розширення, 2) кінцеву температуру, 3) роботу, виконану газом при розширенні.

Відповідь: 1) $\frac{V_2}{V_1} = 1,33$; 2) $T_2 = 270 \text{ К}$; 3) $A = 2,3 \cdot 10^4 \text{ Дж}$.

5.391. (С) 1 моль кисню знаходиться за нормальних умов, а потім об'єм його збільшується до $V = 5V_0$. Побудувати графік залежності $p=f(V)$, якщо: 1) розширення відбувається ізотермічно і 2) розширення відбувається адіабатично. Значення p знайти для об'ємів: $V_0, 2V_0, 3V_0, 4V_0$ і $5V_0$.

Відповідь: 1) $p = \frac{A}{V}$; 2) $p = \frac{B}{V^\chi}$, де $\chi = \frac{c_p}{c_v}$.

5.392. (С) Деяка кількість кисню займає об'єм $V_1 = 3 \text{ л}$ при температурі $t_1 = 27^\circ \text{C}$ і тиску $p_1 = 8,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (див. рис. 5). В стані В газ має параметри $V_2 = 4,5 \text{ л}$ і $p_2 = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Знайти: кількість теплоти, отриманої газом; роботу, виконану газом при розширенні; зміну внутрішньої енергії газу. Задачу розв'язати за умови, що перехід газу з стану А в стан В здійснюється: 1) шляхом АСВ і 2) шляхом АDB.

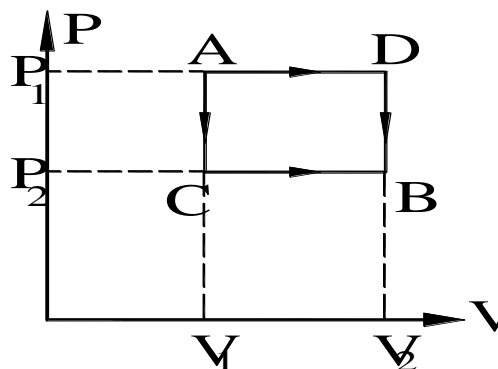


Рис. 5.

Відповідь: 1) $Q = 1,55 \cdot 10^3 \text{ Дж}$, $\Delta W = 0,63 \cdot 10^3 \text{ Дж}$, $A = 0,92 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.

2) $Q = 1,88 \cdot 10^3 \text{ Дж}$, $\Delta W = 0,63 \cdot 10^3 \text{ Дж}$, $A = 1,25 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.

5.393. (С) Кисень масою 10 г, який знаходиться при температурі 370 К, піддали адіабатичному розширенню, в результаті якого його тиск зменшився в 4 рази. В результат наступного ізотермічного процесу газ стискається до початкового

тиску. Визначити: 1) температуру газу в кінці процесу; 2) кількість тепла віддану газом; 3) приріст внутрішньої енергії газу; 4) роботу виконану газом.

Відповідь: 1) 249 К; 2) 896 Дж; 3) –786 Дж ; 4) –110Дж.

5.394. (С) Ідеальний двоатомний газ займаючий об'єм $V_1 = 2$ л, піддають адіабатичному розширенню в результаті якого його об'єм зріс в 5 раз. Після цього газ піддали ізобарному стисненню до початкового об'єму, а потім він в результаті ізохорного нагрівання повернутий в початковий стан. Побудувати графік циклу і визначити термічний ККД циклу.

Відповідь: 34,3%.

5.395. (С) Азот масою 500 г, який знаходиться під тиском $p_1 = 1$ МПа при температурі $t_1 = 127^\circ$ С, піддали ізотермічному розширенню, в результаті якого тиск газу зменшився в 3 рази. Після цього газ піддали адіабатичному стискуванню до початкового тиску, а потім він був ізобарно стиснутий до початкового об'єму. Побудувати графік циклу і визначити роботу виконану газом за цикл.

Відповідь: –115 кДж.

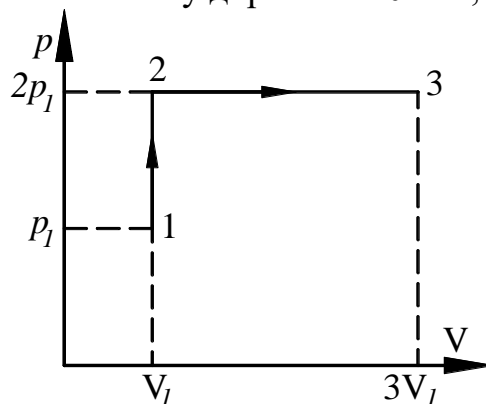
5.396. (С) Кисень займає об'єм $V_1 = 100$ л і перебуває під тиском $p_1 = 200$ кПа. При нагріванні газ розширився при сталому тиску до об'єму $V_2 = 300$ л, а потім його тиск зріс до $p_2 = 500$ кПа при сталому об'ємі. Знайти зміну внутрішньої енергії газу ΔU , виконану газом роботу A та теплоту Q , яку дістав газ. Побудувати графік процесу.

Відповідь: $\Delta U = 275$ кДж; $A = 40$ кДж; $Q = 315$ кДж.

5.397. (С) Двохатомний газ має початковий об'єм $V_1=50$ л і тиск $p_1 = 3 \cdot 10^5$ Па. Газ нагрівають ізохорно до тиску $p_2=2p_1$, після чого ізотермічно розширюють до початкового тиску і, нарешті, охолоджують, доводячи до початкового об'єму. Знайти у кожному процесі: а) роботу A , виконану газом; б) зміну його внутрішньої енергії ΔU ; в) кількість теплоти Q , одержану газом.

Відповідь: 1) $A = 0$, $\Delta U = Q = 37,5$ кДж; 2) $\Delta U = 0$, $A = Q = 20,7$ кДж; 3) $A = -15$ кДж, $\Delta U = -37,5$ кДж, $Q = -52,5$ кДж.

5.398. (С) Знайдіть кількість теплоти, яку одержує одноатомний ідеальний газ в процесі 1–2–3. В стані 1 тиск газу дорівнює 10^5 Па, а об'єм – 100 л.

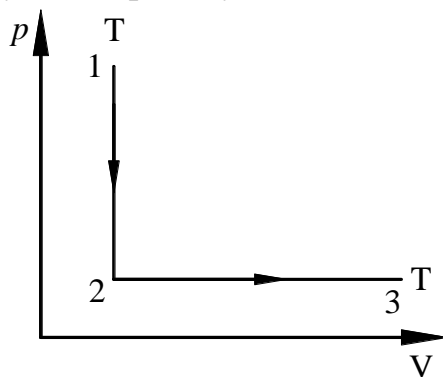


Відповідь: 115 кДж.

5.399. (C) Один моль одноатомного ідеального газу спочатку нагрівають, потім охолоджують так, що замкнутий цикл 1–2–3–1 на p, V -діаграмі складається з відрізків прямих 1–2 і 3–1, паралельних осям p і V відповідно, і ізотерми 2–3. Знайдіть кількість теплоти, віддану газом в процесі охолодження. Тиск і об'єм газу в стані 1 рівний p_1 і V_1 , тиск газу в стані 2 рівний p_2 .

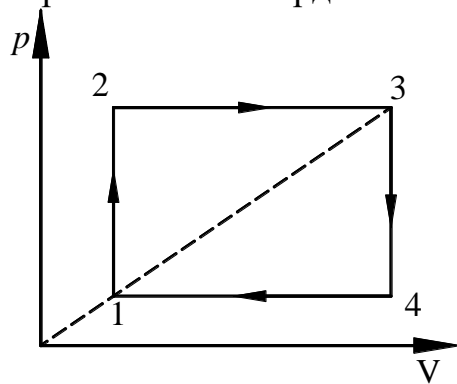
Відповідь: $\frac{5}{2}(p_2 - p_1)V_1$.

5.400. (C) Газ, що має в початковому стані 1 температуру T , охолоджують при постійному об'ємі (ділянка 1–2), поки тиск не зменшиться в n раз. Після чого газ нагрівають при постійному тиску до початкової температури T (на ділянці 2–3). Знайдіть виконану газом роботу, якщо його маса m , а молярна маса M .



Відповідь: $mR\left(T - \frac{T}{n}\right)M$.

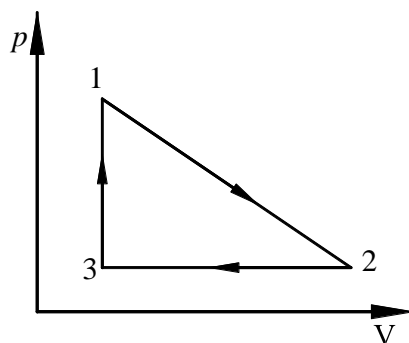
5.401. (C) Знайдіть роботу, виконану одним молем ідеального газу в циклі 1–2–3–4–1 (рис.), якщо відомі температури T_1 і T_2 . Точки 1 і 3 лежать на одній прямій, що проходить через початок координат.



Відповідь: $R(\sqrt{T_3} - \sqrt{T_1})^2$.

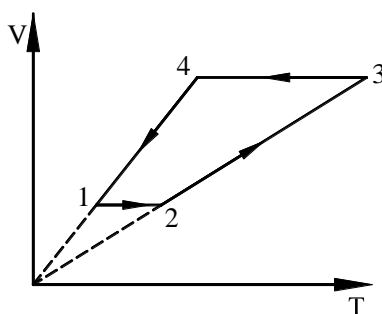
5.402. (C) Ідеальний газ розширяється із стану 1 до стану 2, збільшуючи свій об'єм в 2 рази. При цьому тиск змінюється по лінійному закону, а температура в стані 2 рівна температурі в стані 1. Потім газ ізобарично стискається до початкового об'єму, переходячи в стан 3. Із стану 3 газ ізохорично

переводиться в початковий стан 1. Яку роботу виконує 1 моль газу за розглянутий цикл, якщо його температура в стані 1 рівна T ?



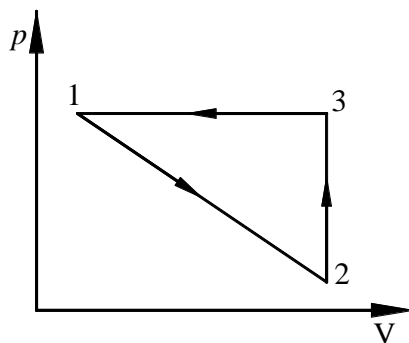
Відповідь: $\frac{RT}{4}$.

5.403. (С) Над ідеальним газом масою 20 г і молярною масою 28 г/моль здійснюється циклічний процес. Яка робота газу за один цикл, якщо температури в точках 1 і 2 рівні 300 К і 496 К відповідно? При розширенні газу на ділянці 2–3 його об'єм збільшується в два рази.



Відповідь: 1162 Дж.

5.404. (С) Один моль одноатомного ідеального газу здійснює замкнутий цикл, що складається з процесу з лінійною залежністю тиску від об'єму, ізохори і ізобари. Знайдіть кількість теплоти, підведена до газу на ділянках циклу, де температура газу росте. Температура газу в станах 1 і 2 рівна 300 К, відношення об'ємів на ізобарі рівне $5/2$.



Відповідь: 8 кДж.

4 Другий закон термодинаміки

Якщо термодинамічна система переходить з одного стану в інший і при цьому одержує кількість тепла dQ , то частка від ділення dQ на температуру T термодинамічної системи є диференціалом ентропії:

$$dS = \frac{dQ}{T}.$$

Приріст ентропії ΔS при переході термодинамічної системи із стану 1 у стан 2:

$$\Delta S = S_2 - S_1 \geq \int_1^2 \frac{dQ}{T}.$$

Зміна ентропії при зміні агрегатного стану:

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

де λ і r – питомі теплоти плавлення і пароутворення.

Зміна ентропії при процесах в ідеальних газах:

$$\Delta S = m \left(C_V \ln \frac{P_2}{P_1} + C_P \ln \frac{V_2}{V_1} \right)$$

Коефіцієнт корисної дії (ККД) теплової машини:

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

де Q_1 – теплота, отримана робочим тілом від нагрівника; Q_2 – теплота, передана робочим тілом холодильнику.

ККД ідеальної теплової машини Карно:

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

де T_1 і T_2 – термодинамічні температури нагрівника і холодильника.

5.405. (С) В скільки разів необхідно збільшити об'єм $v = 5$ моль ідеального газу при ізотермічному розширенні, щоб його ентропія збільшилася на 57,6 Дж/К?

Відповідь: 14.

5.406. (С) При нагріванні двоатомного ідеального газу ($v = 3$ моль) його термодинамічна температура збільшилася в 2 рази. Визначити зміну ентропії, якщо нагрівання відбувається: 1) ізохорно; 2) ізобарно.

Відповідь: 1) 28,8 Дж/К; 2) 40,3 Дж/К.

5.407. (С) Ідеальний таз ($v = 2$ моль) спочатку ізобарно нагріли, так що об'єм газу збільшився в 2 рази, а потім ізохорно охолодили, так що тиск його зменшився в 2 рази. Визначити приріст ентропії в ході вказаних процесів.

Відповідь: 11,5 Дж/К.

5.408. (С) Азот масою 28 г адіабатично розширили в 2 рази, а потім ізобарно стиснули до початкового об'єму. Визначити зміну ентропії газу в ході вказаних процесів.

Відповідь: $-20,2 \text{ Дж/К}$.

5.409. (В) Ідеальна теплова машина, що працює по циклу Карно, одержує за кожний цикл від нагрівача 2514 Дж. Температура нагрівача 400 К, температура холодильника 300 К. Знайти; 1) роботу, яку машина виконує за один цикл, 2) кількість теплоти, що віддається холодильнику за один цикл.

Відповідь: 1) $A = 630 \text{ Дж}$; 2) $Q_2 = 1,88 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.

5.410. (В) Ідеальна теплова машина працює по циклу Карно. Визначити к. к. д. циклу, якщо відомо, що за один цикл виконується робота 2,94 кДж і холодильнику передається 13,4 кДж теплоти.

Відповідь: $\eta = 18\%$.

5.411. (В) Ідеальна теплова машина, що працює по циклу Карно, виконує за один цикл роботу $7,35 \cdot 10^4 \text{ Дж}$. Температура нагрівача 100° С , температура холодильника 0° С . Знайти: 1) к. к. д. машини, 2) кількість теплоти, отриманої машиною за один цикл від нагрівача, 3) кількість теплоти, відданої за один цикл холодильнику.

Відповідь: 1) $\eta = 26,8\%$; 2) $Q_1 = 27,4 \cdot 10^4 \text{ Дж}$; 3) $Q_2 = 20,0 \cdot 10^4 \text{ Дж}$.

5.412. (В) Ідеальна теплова машина працює по циклу Карно. При цьому 80% теплоти, отриманої від нагрівача, передається холодильнику. Кількість теплоти, отриманої від нагрівача, рівна 6,28 кДж. Знайти: 1) к. к. д. циклу, 2) роботу, виконану за цикл.

Відповідь: 1) $\eta = 20\%$; 2) $A = 1,26 \cdot 10^3 \text{ Дж}$.

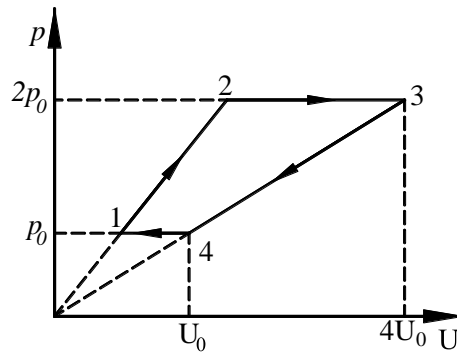
5.413. (В) Яку роботу виконає ідеальний тепловий двигун, що має температуру нагрівача 527° С і холодильника 47° С , якщо від нагрівача отримана кількість теплоти, рівна 20 кДж?

Відповідь: 12 кДж.

5.414. (В) Теплова машина працює по циклу Карно, і її ККД рівний 60 %. В скільки разів кількість теплоти, отримана при ізотермічному розширенні робочої речовини, більша кількості теплоти, відданої при ізотермічному стисненні?

Відповідь: 2,5.

5.415. (С) Один моль ідеального газу здійснює цикл, зображений на рисунку в координатах p і U , де p – тиск, U – внутрішня енергія газу. Визначте ККД циклу.

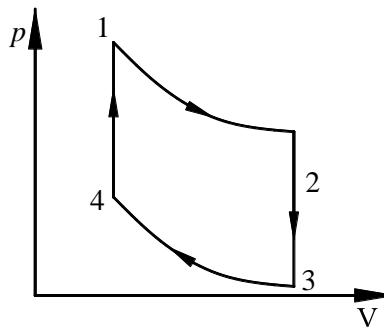


Відповідь: 15 %.

5.416. (С) Кількість теплоти, отримана тепловою машиною від нагрівача, рівна 1 кДж. При цьому об'єм газу збільшується від 1 л до 2 л, а тиск лінійно зменшується від 1000 кПа до 400 кПа. Знайдіть зміну внутрішньої енергії газу.

Відповідь: 300 Дж.

5.417. (С) Визначте ККД циклу, що складається з двох адіабат і двох ізохор, здійснюваного одноатомним ідеальним газом (рис.). Відомо, що в процесі адіабатичного розширення встановлюється температура $T_2 = 0,75T_1$, а в процесі адіабатичного стиснення – $T_3 = 0,75T_4$.



Відповідь: 25 %.

5.418. (С) Теплова машина з максимально можливим ККД має в якості нагрівача резервуар з водою при температурі 100 °С, а в якості холодильника – посудину з льодом при 0 °С. Яка маса льоду розтане при виконанні машиною роботи, рівної 106 Дж?

Відповідь: 8,2 кг.

5.419. (С) Ідеальний двоатомний газ ($\nu = 3$ моль), що займає об'єм $V_1 = 5$ л і що знаходиться під тиском $p_1 = 1$ МПа, піддають ізохорному нагріванню до $T_2 = 500$ К. Після цього газ піддали ізотермічному розширенню до початкового тиску, а потім він в результаті ізобарного стиснення повернений в початковий стан. Побудувати графік циклу і визначити термічний ККД. циклу.

Відповідь: 15,3 %.

5.420. (С) Робоче тіло – ідеальний газ – теплового двигуна здійснює цикл, що складається з наступних процесів: ізобарного, адіабатичного і ізотермічного.

В результаті ізобарного процесу газ нагрівається від $T_1 = 300 \text{ К}$ до $T_2 = 600 \text{ К}$.
Визначити термічний ККД. теплового двигуна.

Відповідь: 30,7 %.

5.421. (В) У циклі Карно газ дістав від нагрівника, температура якого $T_1 = 400 \text{ К}$, теплоту $Q = 500 \text{ Дж}$ і виконав роботу $A = 100 \text{ Дж}$. Визначити температуру T_2 холодильника.

Відповідь: 320 К.

5.422. (В) Газ виконує цикл Карно, ККД якого $\eta = 0,4$. Визначити роботу A ізотермічного стиснення газу, якщо робота ізотермічного розширення $A' = 8 \text{ Дж}$.

Відповідь: 4,8 Дж.

5.423. (В) Газ, який виконує цикл Карно, віддав холодильнику теплоту $Q_2 = 14 \text{ кДж}$. Визначити температуру T_1 нагрівника, якщо при температурі холодильника $T_2 = 280 \text{ К}$ робота циклу $A = 6 \text{ кДж}$.

Відповідь: 400 К.

5.424. (В) Ідеальний газ здійснює цикл Карно при температурах нагрівника $T_1 = 400 \text{ К}$ і холодильника $T_2 = 290 \text{ К}$. У скільки разів z збільшиться коефіцієнт корисної дії η циклу, якщо температура нагрівника зросте до $T_1' = 600 \text{ К}$?

Відповідь: 1,9.

5.425. (В) Газ, який виконує цикл Карно, віддав холодильнику $z = 67 \%$ теплоти, одержаної від нагрівника. Визначити температуру T_2 холодильника, якщо температура нагрівника $T_1 = 430 \text{ К}$.

Відповідь: 288,1 К.

5.426. (В) У скільки разів n збільшиться коефіцієнт корисної дії циклу Карно η при підвищенні температури нагрівника від $T_1 = 380 \text{ К}$ до $T_1' = 560 \text{ К}$? Температура холодильника $T_2 = 280 \text{ К}$.

Відповідь: 1,9.

5.427. (В) Газ, який виконує цикл Карно, отримує від нагрівника теплоту $Q_1 = 84 \text{ кДж}$. Визначити роботу A газу, якщо температура нагрівника в $n = 3$ рази перевищує температуру холодильника.

Відповідь: 168 кДж.

5.428. (В) Ідеальний газ, здійснюючи цикл Карно, $2/3$ кількості теплоти Q_1 отриманої від нагрівача, віддає холодильнику. Температура T_2 холодильника рівна 280 К. Визначити температуру T_1 нагрівача.

Відповідь: 420 К.

5.429. (С) Найменший об'єм V_1 газу, що здійснює цикл Карно, рівний 153 л. Визначити найбільший об'єм V_3 , якщо об'єм V_2 в кінці ізотермічного розширення і об'єм V_4 в кінці ізотермічного стиснення рівні відповідно 600 і 189 л.

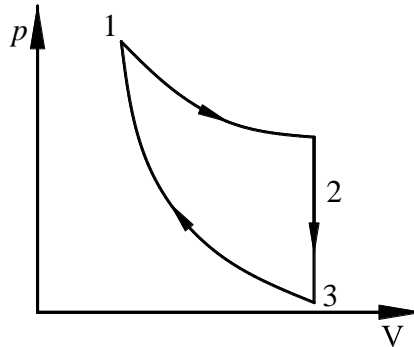
Відповідь: 0,74 м³.

5.430. (С) Коефіцієнт корисної дії деякої теплової машини складає 60 % від коефіцієнта корисної дії ідеальної машини, що працює по циклу Карно.

Температури нагрівачів і холодильників цих машин однакові. Пара поступає в машину при температурі 200 °С, а температура конденсатора машини складає 60 °С. Потужність машини 314 кВт. Скільки вугілля витрачає машина за 1 год роботи?

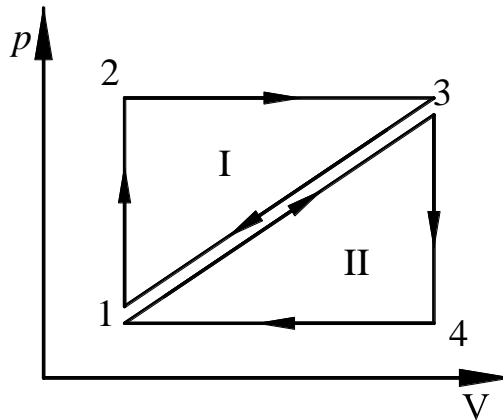
Відповідь: 202,7 кг.

5.431. (С) ККД теплової машини, що працює по циклу, який складається з ізотерми 1–2, ізохори 2–3 і адиабати 3–1 (рис.), рівний η , а різниця максимальної і мінімальної температур газу в циклі рівна ΔT . Знайдіть роботу, виконану ν молями одноатомного ідеального газу, в ізотермічному процесі.



Відповідь: $\frac{3\nu R \Delta T}{2(1-\eta)}$.

5.432. (С) Знайдіть відношення ККД теплових машин, що працюють по циклах 1–2–3–1 і 1–3–4–1, якщо ККД машини, що працює по циклу 1–2–3–4–1, рівний η . Як робоче тіло у всіх випадках використовується ідеальний газ.



Відповідь: $\frac{\eta}{(2-\eta)}$.

5.433. (С) Водень масою 0,8 кг ($i = 5$) здійснює цикл Карно: Максимальний тиск $p_1 = 106$ Па, мінімальний – $p_3 = 105$ Па. Мінімальний об'єм $V_1 = 2$ м³, максимальний – $V_3 = 12$ м³. Визначити параметри стану газу в точках перетину ізотерм і адиабат.

Відповідь: $V_2 = 3,262$ м³; $p_2 = 6,13 \cdot 10^5$ Па; $V_4 = 7,17$ м³; $p_4 = 1,68 \cdot 10^5$ Па.

5.434. (В) Визначити ККД циклу Карно, якщо температури нагрівача і холодильника відповідно рівні 200°C і 11°C . Наскільки потрібно підвищити температуру джерела, щоб ККД циклу підвищився вдвічі?

Відповідь: $\eta = 0,4$; $\eta = 0,8$; $\Delta T = 948\text{ K}$.

5.435. (С) Від ідеальної теплосилової установки, що працює по циклу Карно, відводиться щогодини за допомогою холодильника $270 \cdot 10^6$ Дж теплоти при температурі 9°C . Визначити потужність установки, якщо кількість теплоти, що підводиться, рівна $900 \cdot 10^6$ Дж/год. При якій температурі підводиться теплота?

Відповідь: $N = 175\text{ кВт}$; $T = 940\text{ K}$.

5.436. (С) Ідеальна теплова машина працює по циклу Карно, використовуючи повітря, узятє при початковому тиску $7 \cdot 10^5\text{ Па}$ і температурі 127°C . Початковий об'єм повітря $2 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$. Після першого ізотермічного розширення повітря зайняло об'єм 5 л ; після адіабатичного розширення об'єм став рівний 8 л . Знайти: 1) координати перетину ізотерм і адіабат, 2) роботу на кожній ділянці циклу, 3) повну роботу, виконану за цикл, 4) к. к. д. циклу, 5) кількість теплоти, отриманої від нагрівача за один цикл, 6) кількість теплоти, відданої холодильнику за один цикл.

Відповідь: 1) $V_1 = 2 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$, $p_1 = 7 \cdot 10^5\text{ Па}$, $V_2 = 5 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$, $p_2 = 2,8 \cdot 10^5\text{ Па}$, $V_3 = 8 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$, $p_3 = 1,44 \cdot 10^5\text{ Па}$, $V_4 = 32,2 \cdot 10^{-3}\text{ м}^3$, $p_4 = 3,6 \cdot 10^5\text{ Па}$; 2) $A_1 = 1300\text{ Дж}$, $A_2 = 620\text{ Дж}$, $A_3 = -1070\text{ Дж}$, $A_4 = -620\text{ Дж}$; 3) $A = 230\text{ Дж}$; 4) $\eta = 17,5\%$; 5) $Q_1 = 1300\text{ Дж}$; 6) $Q_2 = 1070\text{ Дж}$.

5.437. (С) Один кіломоль ідеального газу здійснює цикл, що складається з двох ізохор і двох ізобар. При цьому об'єм газу змінюється від $V_1 = 25\text{ м}^3$ до $V_2 = 50\text{ м}^3$ і тиск змінюється від $p_1 = 10^5\text{ Па}$ до $p_2 = 2 \cdot 10^5\text{ Па}$. В скільки разів робота, виконана при такому циклі, менша роботи, виконаної в циклі Карно, ізотерми якого відповідають найбільшій і найменшій температурам даного циклу?

Відповідь: в 2,1 раза.

5.438. (С) Парова машина потужністю в $14,7\text{ кВт}$ споживає за 1 год роботи $8,1\text{ кг}$ вугілля з теплотворною здатністю $3,3 \cdot 10^7\text{ Дж/кг}$. Температура казана 200°C , температура холодильника 58°C . Знайти фактичний к. п. д. машини η_1 і порівняти його з к. п. д. η_2 ідеальної теплової машини, що працює по циклу Карно між тими ж температурами.

Відповідь: 1) $\eta_1 = 20\%$; 2) $\eta_2 = 30\%$.

5.439. (С) Знайти сумарну зміну ентропії при зануренні $0,1\text{ кг}$ нагрітого до 300°C заліза у воду при температурі 15°C . Температуру води масою в 1 кг вважати постійними, теплоємність заліза $c = 470\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$.

Відповідь: $\Delta S_3 = -32,6\text{ Дж/К}$; $\Delta S_в = 46,8\text{ Дж/К}$.

5.440. (С) Лід масою 1 кг, що має температуру -25°C , був послідовно перетворений на воду, а потім при атмосферному тиску – в суху насичену пару. Чому рівна зміна ентропії в кожному із процесів?

Відповідь: $\Delta S_1 = 202,8 \text{ Дж/К}$; $\Delta S_2 = 1226 \text{ Дж/К}$; $\Delta S_3 = 1314 \text{ Дж/К}$; $\Delta S_4 = 6050 \text{ Дж/К}$.

5.441. (С) Чому рівна зміна ентропії при протіканні наступних процесів:

а) ізобаричному нагріванні 0,1 кг азоту від 0 до 125°C ;

б) ізохоричному охолодженню 2 кмоль кисню від 550 до 275 К;

в) ізотермічному розширенню 0,5 кмоль вуглекислого газу від об'єму 11 до 33 м^3 .

Відповідь: $\Delta S = 4,2 \cdot 10^2 \text{ Дж/К}$.

5.442. (С) Змішали воду масою $m_1 = 5 \text{ кг}$ при температурі $T_1 = 280 \text{ К}$ з водою масою $m_2 = 8 \text{ кг}$ при температурі $T_2 = 350 \text{ К}$. Знайти: 1) температуру θ суміші; 2) зміну ΔS ентропії, що відбувається при змішуванні.

Відповідь: 323 К; 0,3 кДж/К.

5.443. (С) Шматок льоду масою $m = 200 \text{ г}$, узятий при температурі $t_1 = -10^{\circ}\text{C}$, був нагрітий до температури $t_2 = 0^{\circ}\text{C}$ і розплавлений, вода, що після цього утворилася, була нагріта до температури $t = 10^{\circ}\text{C}$. Визначити зміну ΔS ентропії в ході вказаних процесів.

Відповідь: 291 Дж/К.

5.444. (С) Водень масою $m = 100 \text{ г}$ був ізобарично нагрітий так, що об'єм його збільшився в $n = 3$ рази, потім водень був ізохорично охолоджений так, що тиск його зменшився в $n = 3$ рази. Знайти зміну ΔS ентропії в ході вказаних процесів.

Відповідь: 457 Дж/К.

5. Реальні гази.

Рівняння стану реальних газів (рівняння Ван-дер-Ваальса) для одного кіломоля має вигляд:

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT,$$

де V_0 – об'єм одного моля газу, a і b – постійні, різні для різних газів, p – тиск, T – абсолютна температура і R – газова стала.

Рівняння Ван-дер-Ваальса, для маси m газу, має вигляд:

$$\left(p + \frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V_0^2}\right) \left(V - \frac{m}{\mu} b\right) = \frac{m}{\mu} RT,$$

де V – об'єм всього газу, μ – маса одного кіломоля.

В цьому рівнянні $\frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V_0^2} = p_i$ – тиск, обумовлений силами взаємодії молекул, та

$\frac{m}{\mu} b = V_i$ – об'єм, пов'язаний з власним об'ємом молекул.

Постійні a і b даного газу пов'язані з його критичною температурою T_k , критичним тиском p_k і критичним об'ємом V_{0k} наступними співвідношеннями:

$$V_{0k} = 3b, \quad p_k = \frac{a}{27b^2}, \quad T_k = \frac{8a}{27bR}.$$

Якщо ввести приведені величини

$$\tau = \frac{T}{T_k}, \quad \pi = \frac{p}{p_k}, \quad \omega = \frac{V_0}{V_{0k}},$$

то рівняння Ван-дер-Ваальса прийме вигляд (для одного моля)

$$\left(\pi + \frac{3}{\omega^2} \right) (3\omega - 1) = 8\tau.$$

5.445. (В) 1 моль аргону має при температурі 300 К об'єм 1 л. Обчислити тиск аргону: а) вважаючи, що він володіє властивостями ідеального газу; б) беручи до уваги поправку Ван-дер-Ваальса на тиск, але нехтуючи поправкою на об'єм; в) беручи до уваги поправку на об'єм але нехтуючи поправкою на тиск; г) беручи до уваги обидві поправки Ван-дер-Ваальса.

Відповідь: а) $24,11 \cdot 10^5$ Па; б) $22,83 \cdot 10^5$ Па; в) $24,89 \cdot 10^5$ Па; г) $23,62 \cdot 10^5$ Па.

5.446. (В) Обчислити, користуючись формулою Ван-дер-Ваальса, тиск маси $m = 1,1$ кг вуглекислого газу в балоні ємністю $V = 20$ л, при температурі $t = 13^\circ$ С. Порівняти результат з тиском ідеального газу за тих же умов.

Відповідь: $25,1 \cdot 10^5$ Па; $28,91 \cdot 10^5$ Па.

5.447. (В) Знайти постійні a та b рівняння Ван-дер-Ваальса для вуглекислого газу по його критичним тиску $p_k = 71,5 \cdot 10^5$ Па та температурі $t_k = 31,1^\circ$ С.

Відповідь: $a = 0,353 \text{ м}^6 \cdot \text{Па} / \text{моль}^2$; $b = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{моль}$.

5.448. (В) Кисень ($\nu = 10$ моль) знаходиться в посудині об'ємом $V = 5$ л. Визначити: 1) внутрішній тиск газу; 2) власний об'єм молекул. Поправки a і b прийняти рівними відповідно $0,136 \text{ Н} \cdot \text{м}^4 / \text{моль}^2$ і $3,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{моль}$.

Відповідь: 1) 544 кПа; 2) $79,3 \text{ см}^3$.

5.449. (В) Вуглекислий газ масою 6,6 кг при тиску 0,1 МПа займає об'єм $3,75 \text{ м}^3$. Визначити температуру газу, якщо: 1) газ реальний; 2) газ ідеальний. Поправки a і b прийняти рівними відповідно $0,361 \text{ Н} \cdot \text{м}^4 / \text{моль}^2$ і $4,28 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{моль}$.

Відповідь: 1) 302 К; 2) 301 К.

5.450. (В) Вуглекислий газ масою 2,2 кг знаходиться при температурі 290 К в посудині місткістю 30 л. Визначити тиск газу, якщо: 1) газ реальний; 2) газ ідеальний. Поправки a і b прийняти рівними відповідно $0,361 \text{ Н} \cdot \text{м}^4 / \text{моль}^2$ і $4,28 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{моль}$.

Відповідь: 1) 3,32 МПа; 2) 4,02 МПа.

5.451. (В) Густина азоту $\rho = 140 \text{ кг} / \text{м}^3$, його тиск $p = 10$ МПа. Визначити температуру газу, якщо: 1) газ реальний; 2) газ ідеальний. Поправки a і b прийняти рівними відповідно $0,135 \text{ Н} \cdot \text{м}^4 / \text{моль}^2$ і $3,86 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{моль}$.

Відповідь: 1) 260 К; 2) 241 К.

5.452. (В) Аналізуючи рівняння стану реальних газів, визначити величини поправок a і b для азоту. Критичні тиск і температура азоту відповідно рівні 3,39 МПа і 126 К.

Відповідь: $a = 0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$; $b = 3,86\cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.

5.453. (В) В посудині ємністю $V = 10$ л знаходиться азот масою $m = 0,25$ кг. Визначити: 1) внутрішній тиск p' газу; 2) власний об'єм V молекул.

Відповідь: 1) 108 кПа; 2) $86,2 \text{ см}^3$.

5.454. (В) Визначити тиск p , який чинить 1 моль кисню, якщо він займає об'єм $V = 0,5$ л при температурі $T = 300$ К. Порівняти отриманий результат з тиском, обчисленим по рівнянню Менделєєва—Клапейрона.

Відповідь: 4,78 МПа (4,99 МПа).

5.455. (В) В посудині ємністю $V = 0,3$ л знаходиться вуглекислий газ, що містить кількість речовини $\nu = 1$ моль при температурі $T = 300$ К. Визначити тиск p газу: 1) по рівнянню Менделєєва-Клапейрона; 2) по рівнянню Ван-дер-Ваальса.

Відповідь: 1) 8,31 МПа; 2) 5,67 МПа.

5.456. (С) Криптон, що містить кількість речовини $\nu = 1$ моль, знаходиться при температурі $T = 300$ К. Визначити відносну похибку $\varepsilon = \Delta p/p$, яка буде допущена при обчисленні тиску, якщо замість рівняння Ван-дер-Ваальса скористатися рівнянням Менделєєва—Клапейрона. Обчислення виконати для двох значень об'єму: 1) $V = 2$ л; 2) $V = 0,2$ л.

Відповідь: 1) 0,0264; 2) 0,272.

5.457. (В) Тиск p кисню (реальний газ) дорівнює 7 МПа, його густина $\rho = 100$ кг/м³. Знайти температуру T кисню.

Відповідь: 287 К.

5.458. (В) Кисень масою 100 г розширюється від об'єму 5 л до об'єму 10 л. Визначити роботу міжмолекулярних сил при цьому розширенні. Поправку a прийняти рівною $0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$.

Відповідь: 133 Дж.

5.459. (В) Деякий газ ($\nu = 0,25$ кмоль) 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 міжмолекулярного притягання, рівна 1,42 кДж. Визначити поправку a , що входить в рівняння Ван-дер-Ваальса.

Відповідь: $0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$.

5.460. (С) Азот ($\nu = 3$ моль) розширюється у вакуум, внаслідок чого об'єм газу збільшується від $V_1 = 1$ л до $V_2 = 5$ л. Яку кількість теплоти Q необхідно надати газу, щоб його температура залишилася незмінною? Поправку a прийняти рівною $0,135 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$.

Відповідь: 972 Дж.

5.461. (В) Вуглекислий газ масою 88 г займає при температурі 290 К об'єм 1000 см^3 . Визначити внутрішню енергію газу, якщо: 1) газ ідеальний; 2) газ реальний. Поправку a прийняти рівною $0,361 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$.

Відповідь: 1) 14,5 кДж; 2) 13 кДж.

5.462. (С) Кисень ($\nu = 2$ моль) займає об'єм $V_1 = 1$ л. Визначити зміну температури кисню, якщо він адіабатично розширюється у вакуумі до об'єму $V_2 = 10$ л. Поправку а прийняти рівною $0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$.

Відповідь: $-11,8 \text{ К}$.

5.463. (С) Азот ($\nu = 2$ моль) адіабатично розширюється у вакуум. Температура газу при цьому зменшується на 1 К . Визначити роботу, виконану газом проти міжмолекулярних сил притягання.

Відповідь: $83,1 \text{ Дж}$.

5.464. (В) Кисень ($\nu = 1$ моль) (реальний газ), що займав при $T_1 = 400 \text{ К}$ об'єм $V_1 = 1$ л, розширюється ізотермічно до $V_2 = 2V_1$. Визначити: 1) роботу при розширенні; 2) зміну внутрішньої енергії газу. Поправки а і b прийняти рівними відповідно $0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$ і $3,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.

Відповідь: 1) $2,29 \text{ кДж}$; 2) 68 Дж .

5.465. (В) Обчислити постійні a і b в рівнянні Ван-дер-Ваальса для азоту, якщо відомі критичні температури $T_{кр} = 126 \text{ К}$ і тиск $p_{кр} = 3,39 \text{ МПа}$.

Відповідь: $a = 0,136 \text{ Н}\cdot\text{м}^4/\text{моль}^2$, $b = 3,86 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.

5.466. (В) Критична температура $T_{кр}$ аргону дорівнює 151 К і критичний тиск $p_{кр} = 4,86 \text{ МПа}$. Визначити за цими даними критичний мольний об'єм $V_{ткр}$ аргону.

Відповідь: $96,8 \text{ см}^3/\text{моль}$.

5.467. (С) В скільки разів концентрація $n_{кр}$ молекул азоту в критичному стані більше концентрації n_0 молекул за нормальних умов?

Відповідь: в 193 раза.

5.468. (В) Знайти критичний об'єм $V_{кр}$ речовин; 1) кисню масою $m = 0,5 \text{ г}$; 2) води масою $m = 1 \text{ г}$.

Відповідь: 1) $1,45 \text{ см}^3$; 2) 5 см^3 .

5.469. (В) Газ, що містить кількість речовини $\nu = 1$ моль, знаходиться при критичній температурі і займає об'єм V , в 3 рази перевищуючий критичний об'єм $V_{кр}$. В скільки разів тиск p газу в цьому стані менше критичного тиску $p_{кр}$?

Відповідь: в $1,5$ раза.

5.470. (С) При якій температурі T знаходиться окисел азоту, якщо його об'єм V і тиск p в 3 рази перевищують відповідні критичні значення $V_{кр}$ і $p_{кр}$? Критична температура $T_{кр}$ окислу азоту дорівнює 180 К .

Відповідь: 600 К .

5.471. (В) Газ знаходиться в критичному стані. Як і в скільки разів його тиск p відрізнятиметься від критичного $p_{кр}$ при одночасному збільшенні температури T і об'єму V газу в 2 рази?

Відповідь: збільшиться в $2,45$ раза.

5.472. (В) Газ знаходиться в критичному стані. В скільки разів зросте тиск p газу, якщо його температуру T ізохорично збільшити в 2 рази?

Відповідь: в 5 раз.

5.473. Знайти найменування в одиницях СІ постійних a і b , що входять у рівняння Ван-дер-Ваальса.

5.474. Користуючись даними про критичні величини T_k і p_k для деяких газів (див. табл.), знайти для них постійні a і b , що входять в рівняння Ван-дер-Ваальса.

Таблиця

Речовина	T_k , К	$p_k \cdot 10^{-6}$, Па
Водяна пара	647	22
Вуглекислий газ	304	7,4
Кисень	154	5,07
Аргон	151	4,87
Азот	126	3,4
Водень	33	1,3
Гелій	5,2	0,23

5.475. Яку температуру мають 2 г азоти, що займає об'єм 820 см^3 при тиску в $2,026 \cdot 10^5 \text{ Па}$? Газ розглядати як: 1) ідеальний і 2) реальний.

Відповідь: 1) 280 К; 2) 280 К.

5.476. Яку температуру мають 3,5 г кисню, що займає об'єм 90 см^3 при тиску в $28,36 \cdot 10^5 \text{ Па}$? Газ розглядати як 1) ідеальний і 2) реальний.

Відповідь: 1) 281 К; 2) 289 К.

5.477. 10 г гелію займають об'єм 100 см^3 при тиску 10^8 Па . Знайти температуру газу, розглядаючи його як: 1) ідеальний і 2) реальний.

Відповідь: 1) 482 К; 2) 204 К.

5.478. 1 кмоль вуглекислого газу знаходиться при температурі 100° С . Знайти тиск газу, вважаючи його: 1) реальним і 2) ідеальним. Задачу вирішити для об'ємів: а) $V_1 = 1 \text{ м}^3$ і б) $V_2 = 0,05 \text{ м}^3$.

Відповідь: 1а) $p = 2,87 \cdot 10^6 \text{ Па}$; 1б) $p = 2,73 \cdot 10^8 \text{ Па}$; 2а) $p = 3,09 \cdot 10^6 \text{ Па}$; 2б) $p = 6,18 \cdot 10^7 \text{ Па}$.

5.479. В закритій судині об'ємом $V = 0,5 \text{ м}^3$ знаходиться 0,6 кмоль вуглекислого газу при тиску $3 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Користуючись рівнянням Ван-дер-Ваальса, знайти, в скільки разів треба збільшити температуру газу, щоб тиск збільшився удвічі.

Відповідь: 1,85.

5.480. 1 кмоль кисню знаходиться при температурі $t = 27^\circ \text{ С}$ і тиску $p = 10^7 \text{ Па}$. Знайти об'єм газу, вважаючи, що кисень за даних умов поводить себе як реальний газ.

Відповідь: $0,231 \text{ м}^3$.

5.481. 1 кмоль азоту знаходиться при температурі $t = 27^\circ \text{ С}$ і тиску $5 \cdot 10^6 \text{ Па}$. Знайти об'єм газу, вважаючи, що азот за даних умов поводить себе як реальний газ.

Відповідь: $0,49 \text{ м}^3$.

5.482. Знайти ефективний діаметр молекули кисню, вважаючи, що критичні величини T_k і p_k для кисню відомі.

Відповідь: $2,94 \cdot 10^{-10}$ м.

5.483. Знайти ефективний діаметр молекули азоту двома способами: 1) по даному значенню середньої довжини вільного пробігу молекул за нормальних умов $\bar{\lambda} = 9,5 \cdot 10^{-8}$ м, 2) по відомій величині постійної b в рівнянні Ван-дер-Ваальса.

Відповідь: 1) $2,97 \cdot 10^{-10}$ м, 2) $3,13 \cdot 10^{-10}$ м.

5.484. Знайти середню довжину вільного пробігу молекул вуглекислого газу за нормальних умов. Ефективний діаметр молекули обчислити, вважаючи відомими для вуглекислого газу критичні температуру T_k і тиск p_k .

Відповідь: $7,9 \cdot 10^{-8}$ м.

5.485. Знайти коефіцієнт дифузії гелію при температурі $t = 17^\circ\text{C}$ і тиску $p = 1,5 \cdot 10^5$ Па. Ефективний діаметр атома гелію обчислити, вважаючи відомими для гелію T_k і p_k .

Відповідь: $3,5 \cdot 10^{-5}$ м²/с.

5.486. Побудувати ізотерми $p=f(V)$ для одного кіломоля вуглекислого газу при температурі 0°C . Газ розглядати як: 1) ідеальний і 2) реальний. Значення V в м³/кмоль для реального газу узяти наступні: 0,07; **0,08**; **0,10**; 0,12; **0,14**; **0,16**; 0,18; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35 і **0,40**; для ідеального газу — в інтервалі $0,2 \leq V \leq 0,4$ м³/кмоль.

5.487. Знайти тиск, обумовлений силами взаємодії молекул, укладених в одному кіломолі газу, що знаходиться за нормальних умов. Критична температура і критичний тиск цього газу рівні відповідно $T_k = 417$ К і $p_k = 77 \cdot 10^5$ Па.

Відповідь: $1,31 \cdot 10^3$ Па.

5.488. Для водню сили взаємодії між молекулами незначні; переважну роль грають власні розміри молекул. 1) Написати рівняння стану такого напівідеального газу. 2) Знайти, якої помилки ми припустимося при знаходженні числа кіломолей водню, що знаходиться в деякому об'ємі при температурі $t = 0^\circ\text{C}$ і тиску $p = 2,8 \cdot 10^7$ Па, не враховуючи власних розмірів молекул.

Відповідь: 2) 33 %.

5.489. В посудині об'ємом $0,01$ м³ знаходиться $0,25$ кг азоту при температурі 27°C .

1) Яку частину тиску газу складає тиск, обумовлений силами взаємодії молекул?

2) Яку частину об'єму судини складає власний об'єм молекул?

Відповідь: 1) 4,95 %, 2) 0,86 %.

5.490. $0,5$ кмоль деякого газу займає об'єм $V_1 = 1$ м³. При розширенні газу до об'єму $V_2 = 1,2$ м³ була виконана робота проти сил взаємодії молекул, рівна $A = 569$ Дж. Знайти для цього газу постійну a , що входить в рівняння Ван-дер-Ваальса.

Відповідь: $1,36 \cdot 10^5$ Н·м⁴/кмоль².

5.491. 20 кг азоту адіабатично розширюються в пустоту від $V_1 = 1$ м³ до $V_2 = 2$ м³. Знайти пониження температури при цьому розширенні, вважаючи відомою для азоту постійну a , що входить в рівняння Ван-дер-Ваальса. (Див. відповідь задачі 5.478.)

Відповідь: $\Delta T = 2,33$ К.

5.492. 0,5 кмоль трьохатомного газу адіабатично розширюється в пустоту від $V_1 = 0,5 \text{ м}^3$ до $V_2 = 3 \text{ м}^3$. Температура газу при цьому знижується на $12,2^\circ$. Знайти з цих даних постійну a , що входить в рівняння Ван-дер-Ваальса.

Відповідь: $3,64 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^4 / \text{кмоль}^2$.

5.493. 1) Який тиск треба прикласти, щоб вуглекислий газ перетворити на рідку вуглекислоту при температурі: а) 31°C і б) 50°C ? 2) Який найбільший об'єм може займати 1 кг рідкої вуглекислоти? 3) Яка найбільша пружність насиченої пари рідкої вуглекислоти?

Відповідь: 1а) $73,95 \cdot 10^5 \text{ Па}$, 2) $V = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$, 3) $73,95 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

5.494. Знайти густину водяної пари при критичному стані, вважаючи відомою для них постійну b , що входить в рівняння Ван-дер-Ваальса. (Див. відповідь задачі 5.478.)

Відповідь: 196 кг/м^3 .

5.495. Знайти густину гелію в критичному стані, вважаючи відомими для гелію значення критичних величин T_k і p_k .

Відповідь: 57 кг/м^3 .

5.496. 1 кмоль кисню займає об'єм $0,056 \text{ м}^3$ при тиску $932 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Знайти температуру газу, користуючись рівнянням Ван-дер-Ваальса в приведених величинах.

Відповідь: 400 К .

5.497. 1 кмоль гелію займає об'єм $V = 0,237 \text{ м}^3$ при температурі $t = -200^\circ \text{C}$. Знайти тиск газу, користуючись рівнянням Ван-дер-Ваальса в приведених величинах.

Відповідь: $2,7 \cdot 10^6 \text{ Па}$.

5.498. Знайти, в скільки разів тиск газу більше його критичного тиску, якщо відомо, що його об'єм і температура удвічі більше критичних значень цих величин.

Відповідь: 2,45.

ЛІТЕРАТУРА

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. - М: Высшая школа, 1989.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. - М.: Высшая школа, 1985.
3. Чолпан П.П. Основы фізики. - К.: Вища школа, 1995.
4. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика. - К.: Вища школа, 1993.
5. Савельев И.В. Курс общей физики. - М: Наука, 1988. - Т.1.
6. Зисман Г.А., Годес О.М. Курс общей физики. - М: Наука, 1974. - Т.1.
7. Стрелков С.П. Механика. - М: Наука, 1975.
8. Александров Н.В., Яшкин А.Я. Курс общей физики. Механика. - М.: Просвещение, 1978.
9. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика. - М.: Наука, 1976.
10. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. — М.: Высшая школа, 1973.
11. Чертов А.Г., Воробьёв А.А. Задачник по физике. - М.: Высшая школа, 1981.
12. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. - М.: Наука, 1979.
13. Збірник задач з фізики / Барановський В.М., Бережний П.В., Водний П.О., Горбачук І.Т. та інш. - К.: Вища школа, 1993.
14. Гаркуша І.П., Курінний В.П., Певзнер М.Ш. Збірник задач з фізики. - К.: Вища школа, 1995.
15. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики. - М: Высшая школа, 1991.
16. Гурьев Л.Г., Кортнев А.В. и др. Сборник задач по общему курсу физики. - М.: Высшая школа, 1972.
17. Фирганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики. - М.: Высшая школа, 1978.
18. Коршак С.В., Гончаренко С.І., Коршак Н.М. Методика розв'язування задач з фізики. - К.: Вища школа, 1976.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
1 Основи молекулярно-кінетичної теорії речовини.	4
2 Явища переносу в газах.	23
3 Перший закон термодинаміки. Теплоємність газів.	34
4 Другий закон термодинаміки.	54
5 Реальні гази.	60
ЛІТЕРАТУРА	67

Навчальне видання

ПРАКТИКУМ З ФІЗИКИ
для студентів інженерних спеціальностей
Частина II. Молекулярна фізика.

Укладачі: **Ващенко** В'ячеслав Андрійович, д.т.н, професор,
Колінько Сергій Олександрович, к.ф.-м.н., доцент,
Рудь Максим Петрович,
Нетребчук Лідія Кузьмівна
Бутенко Тетяна Іванівна, к.т.н., доцент
Бондаренко Максим Олексійович, к.т.н., доцент