

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Фізичний факультет
Кафедра оптики**

**Методичні вказівки
до семінарських занять та самостійної роботи**

**з навчальної дисципліни
ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА**

**для студентів спеціальності 014 – Середня освіта
(предметна спеціальність 014.07 «Середня освіта. Географія»)**

Частина 2

Ужгород 2021

Методичні вказівки призначені для студентів I курсу спеціальності 014.07 «Сердня освіта. Географія», що навчаються в ДВНЗ «УжНУ». В Частині 2 розглянуто теми, що вивчаються в змістовому модулі 2.

Укладач: Шароді Ірина Степанівна - доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри оптики.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 від 29 червня 2021 р.

Голова науково-методичної комісії _____ Карбованець М.І.

© Шароді І.С., 2021 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2021 р.

Вступ

Методичні вказівки призначені надати допомогу студентам спеціальності 014.07 в оволодінні методами розв'язування задач та у виконанні самостійної роботи, передбачених навчальним планом.

Для засвоєння теоретичного матеріалу, викладеного під час лекційних занять, не завжди достатньо щоб отримати належний обсяг знань. Тому варто приділити увагу самостійній роботі. Лекційні заняття покликані окреслити основне коло понять, явищ та законів, які необхідно вивчити в межах даної дисципліни і дати основні напрямки для самостійної роботи. Наступний крок студент повинен зробити самостійно, використовуючи отримані теоретичні знання.

Для отримання навичок практичних розрахунків слід приділити увагу самостійному розв'язуванню задач у кількості, достатній для закріплення теоретичних знань у межах усієї навчальної програми з фізики.

Дані методичні вказівки містять матеріал для семінарських занять згідно робочої навчальної програми дисципліни «Загальна фізика» для першого модуля, а також розв'язування типових задач і пропонувану студентам самостійну роботу (за варіантом). Задачі для самостійної роботи (за варіантом) виконуються в окремому зошиті.

Перед здачею підсумкового контролю (модульний контроль, залік), студент повинен переконатися, що здані та захищені всі лабораторні роботи циклу, виконано практичні завдання та пред'явлено викладачу зошит з самостійною роботою для зарахування всіх активностей у підсумковий бал.

ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ, ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ТА ЗМІСТ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ з навчальної дисципліни «Загальна фізика»,

Змістовий модуль II

ТЕМИ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

1. Дослідження енергії та потужності тепловиділення.
2. Вода на Землі. Акустика океану.

ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

1. Визначення коефіцієнту в'язкості рідини.
2. захист першого циклу робіт (включаючи роботи з першого змістового модуля). захист самостійної роботи (виконується в окремому зошиті за вказаним викладачем варіантом).

САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота передбачає підготовку до семінарських та лабораторних занять, а також розв'язування задач після оволодіння теоретичною частиною теми, що вивчається студентом.

Зошит з самостійно виконаними завданнями студент має надати викладачу до виведення ним підсумкового балу. захист роботи відбувається в процесі індивідуальної співбесіди викладача зі студентом.

СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ

На семінарських заняттях передбачено провести дослідження за такими темами:

1. Дослідження енергії та потужності тепловиділення.
2. Вода на Землі. Акустика океану. Написання МКР №2.

Окрім цих досліджень студенти готують реферати і доповідають на занятті на задані викладачем теми.

Теми рефератів:

1. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі, його часткові випадки і використання.
2. Вивітрювання поверхні Землі.
3. Використання енергії вітру та води.
4. Розподіл Больцмана та барометрична формула для поля Землі. Маса, форма, розміри, температура і вертикальна будова атмосфери.
5. Друге начало термодинаміки. Основні джерела теплової енергії Землі. Тепловий потік земних надр. Тепловий баланс Землі. Термічний режим і термічна зональність земних надр.
6. Тепловий баланс океанів і морів. Основні риси між широтного теплообміну. Термічний режим гідросфери.
7. Фізичні процеси в гідросфері. Випаровування. Утворення, ріст і руйнування льодовикового покриву.
8. Льодовики. Формування і танення сніжного покриву.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕПЛОТА

2 Дослідження енергії і потужності тепловиділення

4.1 Дослідження потужності теплового потоку акваторії Азовського моря

Акваторія Азовського моря складає $38 \times 10^3 \text{ км}^2$. Встановимо, у скільки разів потужність теплового потоку, який передається водою в атмосферу, перевищить потужність електростанції в 10^6 кВт , якщо море покрите шаром льоду товщиною 200 мм , а температура на нижній і верхній поверхні льоду $t_1 = 0^\circ \text{C}$ і $t_2 = -15^\circ \text{C}$.

Позначивши потужність теплового потоку, який проходить через шар льоду N_e , і потужність електростанції N_E , знайдемо:

$$n = \frac{N_e}{N_E}, \quad (4.1)$$

або

$$n = \frac{qS}{N_E}, \quad (4.2)$$

де q – кількість теплоти, яка передається через дві паралельні ізотермічні площини в перпендикулярному до них напрямку і віднесені до одиниці площі і одиниці часу.

Значення q визначається за законом Фур'є:

$$q = -\frac{kdT}{dx}, \quad (4.3)$$

Коефіцієнт пропорційності k називається коефіцієнтом теплопровідності. Поширення теплового потоку q протилежно напрямку температурного градієнту $\frac{dT}{dx}$, що у формулі вказує знак мінус.

Кількість теплоти, переданої через площу S за час τ , якщо відстань між площинами d , а різниця температур між ними ΔT , розраховується за формулою:

$$Q = \frac{k}{d} \Delta T \tau S, \quad (4.4)$$

Тепловий потік q при таких умовах:

$$q = \frac{k}{d} \Delta T, \quad (4.5)$$

І в нашому випадку

$$n = \frac{k(t_1 - t_2)S}{dN_E}, \quad (4.6)$$

Таким чином

$$n = \frac{2,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}} (0^\circ - (-15^\circ)) \cdot 38 \cdot 10^9 \text{ м}^2}{0,2 \text{ м} \cdot 10^9 \text{ Вт}} = 7125 \text{ разів},$$

При цьому враховано, що $1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$, а $1 \text{ км}^2 = 1000000 = 10^6 \text{ м}^2$; k – температура в Кельвінах.

4.2 Дослідження енергії потужності тепловиділення від злиття крапель під час дощу

У місті площею 400 км^2 за 10 хвилин під час липневого дощу випало 20 мм води. Встановимо енергію і потужність тепловиділення від злиття крапель під час дощу, якщо краплі, які дісталися поверхні Землі, мали діаметр 3 мм , а утворилися вони із мілких крапель діаметром $3 \times 10^{-3} \text{ мм}$.

Енергія, яка виділяється при утворенні однієї великої краплі із n малих, дорівнює:

$$\Delta E = \alpha \Delta S, \quad (4.7)$$

або

$$\Delta E = \alpha(S_1 - S_2), \quad (4.8)$$

де поверхня n малих крапель S_1

$$S_1 = 4\pi r^2 n, \quad (4.9)$$

А поверхня однієї великої краплі S_2

$$S_2 = 4\pi R^2, \quad (4.10)$$

α – коефіцієнт поверхневого натягу.

Так як об'єм великої краплі дорівнює об'єму n малих, то:

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = n \frac{4}{3}\pi r^3,$$

Звідки

$$n = \frac{R^3}{r^3}, \quad (4.11)$$

тоді

$$\Delta E = \alpha \left(4\pi r^2 \frac{R^3}{r^3} - 4\pi R^2 \right),$$

або

$$\Delta E = \alpha 4\pi R^2 \left(\frac{R}{r} - 1 \right), \quad (4.12)$$

Так як кількість великих крапель N у повному об'ємі води, яка випала, обернено пропорційна об'єму однієї великої краплі

$$N = \frac{3FH}{4\pi R^3}, \quad (4.13)$$

при цьому об'єм води $V_{\text{води}}$ буде

$$V_{\text{води}} = FH, \quad (4.14)$$

де $H = 0,02 \text{ м}$ – висота товщі води; $F = 4 \times 10^8 \text{ м}^2$ – площа.

Повне виділення енергії складе

$$E = N\Delta E, \quad (4.15)$$

або

$$E = \frac{3FH\alpha 4\pi R^2 \left(\frac{R}{r} - 1\right)}{4\pi R^3},$$

звідки

$$E = \frac{3FH\alpha \left(\frac{R}{r} - 1\right)}{R}, \quad (3.16)$$

Приймаючи до уваги те, що діаметр дорівнює двом радіусам, а відношення $\frac{R}{r} = \frac{D}{d}$, отримаємо:

$$E = \frac{3 \cdot 400 \cdot 10^6 \text{ м}^2 \cdot 0,02 \text{ м} \cdot 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{0,5 \cdot 0,003 \text{ м}} \left(\frac{0,003 \text{ м}}{3 \cdot 10^{-6} \text{ м}} - 1 \right) = 1,168 \cdot 10^{12} \text{ Н} \cdot \text{м} = 1,168 \cdot 10^{12} \text{ Дж},$$

де об'єм води, яка випала, розраховується за формулою (3.14).

Потужність тепловиділення W за час τ , протягом якого пройшов ливень, розрахуємо за формулою:

$$W = \frac{E}{\tau}, \quad (4.17)$$

Приймаючи до уваги те, що $\tau = 10 \text{ хвилин} = 10 \cdot 60 \text{ секунд} = 600 \text{ с}$, отримаємо:

$$W = \frac{1,168 \cdot 10^{12} \text{ Дж}}{600 \text{ с}} = 1,95 \cdot 10^9 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = 1,95 \cdot 10^9 \text{ Вт} = 1,95 \cdot 10^6 \text{ кВт}.$$

4.3 Встановлення умов підвищення температури

Представляє інтерес встановити при цьому, яке підвищення температури води у великих краплях буде в порівнянні з малими краплями.

Приймаючи до уваги, що енергія E дорівнює кількості теплоти Q :

$$E = Q \quad (4.18)$$

а

$$Q = mc\Delta t, \quad (4.19)$$

або

$$Q = V\rho c\Delta t, \quad (4.20)$$

і

$$Q = FH\rho c\Delta t, \quad (4.21)$$

звідки

$$\Delta t = \frac{3\alpha \left(\frac{R}{r} - 1\right)}{R\rho c}, \quad (4.22)$$

Вважаючи, що густина води $\rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а питома теплоємність $c = 4187 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, отримаємо:

$$\Delta t = \frac{3 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \frac{H}{M} \left(\frac{0,003 M}{3 \cdot 10^{-6} M} - 1 \right)}{0,5 \cdot 0,003 M \cdot 1 \cdot 10^3 \frac{K^2}{M^3} \cdot 4187 \frac{Дж}{K \cdot K}} = \frac{218,781}{6280,5} = 0,035^{\circ}.$$

Всього за ливень над містом злилося:

$$N = \frac{3FH}{4\pi R^3} = \frac{3 \cdot 4 \cdot 10^8 M^2 \cdot 0,02 M}{4\pi (0,0015 M)^3} = \frac{2,4 \cdot 10^7}{4,24 \cdot 10^{-8}} = 5,66 \cdot 10^{14} \text{ крапель}$$

При цьому температура води нагрілась на

$$t = \Delta t \cdot N = 0,035^{\circ} \cdot 5,66 \cdot 10^{14} = 2,0 \cdot 10^{13} \text{ градусів}$$

Загальний об'єм води, який вилився над містом:

$$V = FH = 4 \cdot 10^8 M^2 \cdot 0,02 M = 8 \cdot 10^6 M^3 = 8 \cdot 10^{12} \text{ см}^3$$

І температура 1 см^3 води склала $\frac{2 \cdot 10^{13} \text{ град}}{8 \cdot 10^{12} \text{ см}^3} = 2,5 \frac{\text{град}}{\text{см}^3}$.

САМОСТІЙНА РОБОТА

Приклади розв'язування задач

Приклад 1. Знайти для сірчаної кислоти H_2SO_4 :

- 1) відносну молекулярну масу M_r ; 2) молярну масу – M .

Розв'язування

Відносна молекулярна маса речовини дорівнює сумі відносних атомних мас усіх елементів, з яких складається молекула і визначається за формулою:

$$M_r = \sum n_i A_{ri}, \quad (2.1)$$

де n_i - кількість атомів i – того елемента; A_{ri} - відносна атомна маса i – того елемента.

Наприклад, відносна молекулярна маса H_2SO_4 визначається з трьох складових елементів Н, S та О, причому

$$n_H = 2, A_H = 1; n_S = 1, A_S = 32; n_O = 4, A_O = 16.$$

Таким чином маємо:

$$M_r = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98$$

2. Знайдемо молярну масу H_2SO_4 за формулою:

$$M = M_r k = 98 \cdot 10^{-3} \text{ кг}, \quad (2.2)$$

де $k = 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Приклад 2. Визначити молярну масу M суміші кисню масою $m_1 = 25\text{г}$ та азоту масою $m_2 = 75\text{г}$

Розв'язування

Молярна маса суміші m до кількості речовини суміші у молях ν :

$$M = m / \nu = \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2}} \quad (2.3)$$

Молярні маси кисню M_1 та азоту M_2 :

$$M_1 = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \quad M_2 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

Виконаємо розрахунки формули (1):

$$M = \frac{(25 + 75) \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-3} / (32 \cdot 10^{-3}) + 75 \cdot 10^{-3} / 28 \cdot 10^{-3}} = 28,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

Приклад 3. Визначити кількість молекул N , які вміщуються у об'ємі $V = 1 \text{ мм}^3$ води, та масу m_1 молекули води. Приймаючи умовно, що молекули води мають вид кульок, які торкаються одна одної, знайти діаметр d молекул.

Розв'язування

Кількість N молекул визначається:

$$N = \nu N_A \quad (2.4)$$

де $\nu = m / M$ - кількість речовини;

$$N = \frac{\rho V N_A}{M} = \frac{10^3 \cdot 10^{-9} \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{-3}} = 3,34 \cdot 10^{19} \text{ молекул}$$

Маса однієї молекули:

$$m_1 = M / N_A = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2,99 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

Оскільки кожна молекула займає об'єм $V_1 = d^3$, визначимо d – діаметр молекули:

$$d = \sqrt[3]{V_1} \quad (2.5)$$

Об'єм, який займає молекула, знаходиться, якщо поділити молярний об'єм V_M на число Авогадро:

$$V_1 = V_M / N_A \quad (2.6)$$

Молярний об'єм знайдеться

$$V_M = \frac{M}{\rho} \quad (2.7)$$

Маючи на увазі (2.5, 2.6, 2.7) знайдемо діаметр молекул:

$$d = \sqrt[3]{M / (\rho N_A)} = \sqrt[3]{18 \cdot 10^{-3} / (10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23})} = 3,11 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

Перевірка розмірності:

$$[d] = \left[\frac{\text{кг} / \text{моль}}{\text{кг} / \text{м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}} \right]^{1/3} = \text{м}$$

Приклад 4. У балоні об'ємом 10л знаходиться гелій під тиском $p_1 = 1\text{МПа}$ при температурі $T_1 = 300\text{К}$. Після того як з балону було вилучено $m = 10\text{г}$ гелію, температура у балоні знизилась до $T_2 = 290\text{К}$. Визначити тиск p_2 гелію, який залишився у балоні.

Розв'язування

Знайдемо тиск p_2 з рівняння Менделєєва-Клапейрона

$$p_2 = m_2 R T_2 / (M V) \quad (2.8)$$

$$m_2 = m_1 - m \quad (2.9)$$

Масу m_1 знайдемо з рівняння Менделєєва-Клапейрона:

$$m_1 = M p_1 V / (R T_1) \quad (2.10)$$

Підставивши (2.10) та (2.9) у (2.8), знайдемо тиск p_2 вважаючи, що для гелію

$$M = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{моль}$$

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 - \frac{m}{M} \frac{R T_2}{V} = \left(\frac{290}{300} 10^6 - \frac{10^{-2}}{4 \cdot 10^{-3}} \frac{8,31 \cdot 290}{10^{-2}} \right) = 3,64 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

Перевірка розмірності:

$$[p_2] = \frac{[m][R][T]}{[M][V]} = \frac{\text{кг} \cdot \text{Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot \text{К}}{\text{кг} / \text{моль} \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \text{Па}$$

Приклад 5. У балоні міститься $m_1 = 80\text{г}$ кисню та $m_2 = 320\text{г}$ аргону. Тиск суміші $p = 1\text{МПа}$, температура $T = 300\text{К}$. Знайти об'єм балона.

Розв'язування

Використовуючи закон Дальтона та рівняння Менделєєва-Клапейрона, знайдемо тиск суміші

$$p = p_1 + p_2 = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{V},$$

звідки знайдемо об'єм балона:

$$V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{p} = \left(\frac{0,08}{32 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,32}{40 \cdot 10^{-3}} \right) \frac{8,31 \cdot 300}{10^6} = 2,62 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$$

Тут враховано, що

$$M_1 = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}; M_2 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

Звідки знайдемо об'єм балона:

$$V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{P} = \left(\frac{0,08}{32 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,32}{40 \cdot 10^{-3}} \right) \frac{8,31 \cdot 300}{10^6} = 2,62 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3.$$

Приклад 6. Знайти середню кінетичну енергію обертального руху однієї молекули кисню при температурі $T = 350\text{К}$, а також кінетичну енергію обертального руху усіх молекул кисню масою $m = 4\text{ г}$.

Розв'язування

На кожну ступінь свободи молекули припадає однакова середня енергія – ε_i :

$$\varepsilon_i = \frac{1}{2} kT, \quad (2.11)$$

де k – стала Больцмана, T – термодинамічна температура газу. Оскільки обертальний рух двохатомної молекули кисню має два ступеня свободи, то середня енергія обертального руху:

$$\varepsilon_{об} = 2 \cdot \frac{1}{2} kT. \quad (2.12)$$

Кінетична енергія обертального руху N молекул:

$$E_k = \varepsilon_{об} \cdot N. \quad (2.13)$$

Кількість молекул визначається за формулою:

$$N = \nu N_A = \frac{m}{M} N_A, \quad (2.14)$$

де ν – кількість речовини у молях;

N_A – стала Авогадро;

m та M – маса молекули та молярна маса.

Підставивши (2.14) у (2.13), знаходимо:

$$E_k = N_A m \varepsilon_{об} / M.$$

Виконаємо обчислення, враховуючи, що для кисню $M = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

$$\varepsilon_{об} = kT = 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 350 = 4,83 \cdot 10^{-21} \text{ Дж},$$

$$E_i = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 4,83 \cdot 10^{-21} = 364 \text{ Дж}.$$

Приклад 7. Обчислити питомі теплоємності C_p та C_v суміші неону та водню, якщо масові частки неону та водню складають $\omega_1 = 80\%$ та $\omega_2 = 20\%$.

Розв'язування

Питомі теплоємності C_p та C_v визначаються як:

$$C_V = \frac{i}{2} \frac{R}{M} \quad C_P = \frac{i+2}{2} \frac{R}{M}, \quad (2.15)$$

де R - універсальна газова стала;
 i - кількість ступенів свободи молекули;
 M - молярна маса.

Питому теплоємність суміші знайдемо з формул теплоти нагрівання суміші:

$$Q = C_V (m_1 + m_2) \Delta T, \quad (2.16)$$

$$Q = (C_{V1} m_1 + C_{V2} m_2) \Delta T, \quad (2.17)$$

де C_V - питома теплоємність суміші;
 C_{V1} та C_{V2} - питома теплоємність неону та водню.

Якщо прирівняти (2) та (3), то можна знайти теплоємність суміші:

$$C_V = C_{V1} \frac{m_1}{m_1 + m_2}, \quad (2.18)$$

або:

$$C_V = C_{V1} \omega_1 + C_{V2} \cdot \omega_2. \quad (2.19)$$

Аналогічно знаходимо:

$$C_P = C_{P1} \omega_1 + C_{P2} \cdot \omega_2. \quad (2.20)$$

Виконаємо розрахунки за формулами (2.15) для неону при $i = 3$ $M_1 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$:

$$C_{V1} = \frac{3}{2} \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 6,24 \cdot 10^2 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)},$$

$$C_{P1} = \frac{5}{2} \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

Для двохатомного водню $i = 5$ $M_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$:

$$C_{V2} = \frac{5}{2} \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^4 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)},$$

$$C_{P2} = \frac{7}{2} \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,46 \cdot 10^4 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

Виконаємо розрахунки теплоємності суміші за (2.19) та (2.20):

$$C_V = 6,24 \cdot 10^2 \cdot 0,8 + 1,04 \cdot 10^4 \cdot 0,2 = 2,58 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)},$$

$$C_P = 1,04 \cdot 10^3 \cdot 0,8 + 1,46 \cdot 10^4 \cdot 0,2 = 3,75 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

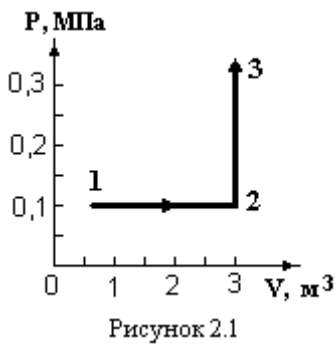
Приклад 8. Кисень масою $m = 2 \text{ кг}$ займає об'єм $V_1 = 1 \text{ м}^3$ та знаходиться під тиском $P_1 = 0,2 \text{ МПа}$. Газ розширюється при сталому тиску до об'єму $V_2 = 3 \text{ м}^3$, а далі йде процес нагріву при сталому об'ємі до тиску $P_1 = 0,5 \text{ МПа}$.

Знайти 1) зміну внутрішньої енергії - Δu , 2) виконану роботу - A та 3) теплоту Q , яка передана газу. Побудувати графік процесу.

Розв'язування

Графік процесу наведено на рис. 2.1. Знайдемо температуру кисню у точках 1, 2, 3 з рівняння Менделєєва-Клапейрона:

$$T = PVM / mR$$



Зміна внутрішньої енергії: $\Delta u = C_V m \Delta T = \frac{i}{2} \frac{R}{M} m \Delta T$

Робота розширення газу при сталому тиску у процесі 1 – 2:

$$A_{1,2} = \frac{m}{M} R (T_2 - T_1),$$

а при сталому об'ємі у процесі 2 – 3 робота дорівнює нулю.

Згідно з першим законом термодинаміки, теплота, яка передана газу дорівнює:

$$Q = \Delta u + A.$$

Виконаємо обчислення маючи на увазі, що для кисню : $M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

$$T_1 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 385 \text{ K}$$

$$T_2 = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 1155 \text{ K}$$

$$T_3 = \frac{5 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 8,31} = 2887 \text{ K}$$

$$A_{1,2} = A = \frac{8,31 \cdot 2(1155 - 385)}{32 \cdot 10^{-3}} = 0,4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$\Delta u = \frac{5}{2} \frac{8,31 \cdot 2(2887 - 385)}{32 \cdot 10^{-3}} = 3,24 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

$$Q = (3,24 + 0,4) \cdot 10^6 = 3,64 \cdot 10^6 \text{ Дж.}$$

Приклад 9. Водень масою $m = 0,02 \text{ кг}$ при початковій температурі $T_1 = 300 \text{ K}$, розширюється у циліндрі адіабатно до п'ятикратного початкового об'єму, а далі стискається ізотермічно до початкового об'єму.

Знайти температуру в кінці адіабатного розширення та роботу газу при цих процесах. Показати графічне зображення процесу.

Розв'язування

Зв'язок температури та об'єму газу у адіабатному процесі має вигляд:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = \frac{1}{n_1^{\gamma-1}},$$

де $\gamma = \frac{i+2}{i} = 1,4$ показник адіабати;

$i = 5$ – кількість ступенів свободи двохатомної молекули H_2 ;

$n_1 = \frac{V_2}{V_1}$ – співвідношення об'ємів.

Робота при адіабатичному стисканні

$$A_1 = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R(T_1 - T_2) = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT_1 \left(1 - \frac{1}{n_1^{\gamma-1}} \right).$$

Робота при ізотермічному стисканні

$$A_1 = \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{V_1}{V_2} = \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{1}{n_2}.$$

Виконаємо обчислення, маючи на увазі, що для водню $M = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль:

$$T_2 = \frac{T_1}{n_1^{\gamma-1}} = \frac{300}{5^{0,4}} = \frac{300}{1,91} = 157 \text{ K};$$

$$A_1 = \frac{0,02 \cdot 5 \cdot 831}{2 \cdot 10^{-2} \cdot 2} (300 - 157) = 29,8 \text{ кДж};$$

$$A_1 = \frac{0,02}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 831 \cdot 157 \cdot \ln \frac{1}{5} = -21 \text{ кДж}.$$

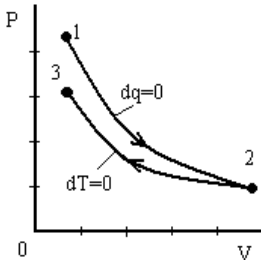


Рис. 2.2.

Графік процесу наведено на рисунку 2.2.

Приклад 10. Знайти додатковий тиск всередині мильної бульбашки діаметром $d=10$ см. Яку роботу треба виконати, щоб створити бульбашку?

Розв'язування

Додатковий тиск всередині мильної бульбашки утворюється силами поверхневого натягу зовні і всередині кульки:

$$p \cdot S = 2\sigma\Pi, \quad (2.21)$$

де $S = \pi r^2$ - площа перерізу кульки;

Π - периметр перерізу радіуса r , $\Pi = 2\pi r$;

p - додатковий тиск всередині кульки;

σ - сила поверхневого натягу.

Підставляючи ці формули у (2.21), знайдемо тиск p :

$$p = \frac{4\sigma}{r} = \frac{8\sigma}{d}.$$

Робота, яку треба виконати, щоб розтягнути плівку площею S дорівнює:

$$A = \sigma S.$$

Загальна поверхня кульки, яка складається з внутрішньої і зовнішньої:

$$S = 2 \cdot 4\pi r^2 = 8\pi r^2 = 2\pi d^2.$$

Виконаємо обчислення при $\sigma = 40 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$:

$$p = \frac{8 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 3,2 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 3,2 \text{ Па}$$

$$A = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$$

САМОСТІЙНА РОБОТА (виконується студентом в окремому зошиті)

Таблиця варіантів

Варіант	Номери задач				
1	100	110	120	130	140
2	101	111	121	131	141
3	102	112	122	132	142
4	103	113	123	133	143
5	104	114	124	134	144
6	105	115	125	135	145
7	106	116	126	136	146
8	107	117	127	137	147
9	108	118	128	138	148
10	109	119	129	139	149

100. У балоні ємністю $V = 3\text{г}$ міститься кисень масою $m = 10\text{г}$. Знайти концентрацію n молекул кисню.
101. Знайти кількість речовини ν водню, який міститься у посудині об'ємом $V = 3\text{ г}$, якщо концентрація молекул у посудині $n = 2 \cdot 10^{18}\text{ м}^{-3}$
102. Знайти концентрацію n молекул кисню у посудині ємністю $V = 2\text{л}$. Кількість речовини кисню $\nu = 0,2$ моль.
103. Вода займає об'єм $V = 1\text{см}^3$ при температурі $t = 4^0\text{С}$. Знайти кількість речовини ν та число молекул води N .
104. Знайти густину водяного пару з температурою $T = 250\text{К}$ та тиском $P = 2,5\text{ кПа}$.
105. Яку масу кисню було випущено з балону ємністю $V = 40\text{л}$ при температурі $T = 300\text{К}$, якщо тиск знизився на $\Delta P = 100\text{ кПа}$.
106. Знайти густину азоту при температурі $T = 400\text{К}$ та тиску $P = 2\text{ МПа}$.
107. Знайти відносну молярну масу M_r газу, якщо при температурі $T = 154\text{К}$ та тиску $P = 2,8\text{ МПа}$ він має густину $\rho = 601\text{ кг/м}^3$.
108. Обчислити густину азоту у балоні під тиском $P = 2\text{ МПа}$ з температурою $T = 400\text{ К}$.
109. В одній посудині тиск кисню $P_1 = 2\text{ МПа}$ та температурі $T_1 = 800\text{ К}$, а у другій посудині такого ж об'єму з киснем: $P_2 = 2,5\text{ МПа}$ $T_2 = 200\text{ К}$. Посудини з'єднали трубкою та охолодили до $T = 200\text{К}$. Знайти тиск, який встановиться.
110. Знайти масу аргону, отриманого з балону об'ємом $V = 15\text{л}$, якщо спочатку тиск та температура дорівнювали $P_1 = 600\text{ кПа}$ $T_1 = 300\text{ К}$, а після виходу газу тиск знизився до $P_2 = 400\text{ кПа}$, а температура $T_2 = 260\text{ К}$.
111. Знайти масу витраченого азоту з балона ємністю $V = 20\text{л}$, якщо при сталій температурі $T = 400\text{К}$ тиск газу знизився на $\Delta P = 200\text{ кПа}$.
112. До якої температури треба нагріти газ у балоні, щоб його тиск збільшився у 1,5 рази, якщо початкова температура дорівнює $T_1 = 400\text{ К}$.
113. Знайти відносну молекулярну масу M_r та молярну масу M газу, якщо різниця його питомих теплоємностей $C_p - C_v = 2,08\text{ кДж/ (кг}\cdot\text{К)}$.
114. Знайти теплоємність двохатомного газу C_v при сталому об'ємі посудини $V = 6\text{ л}$ при нормальних умовах.
115. Знайти показник адіабати γ газу, який при температурі $T = 350\text{К}$ та тиску $P = 0,4\text{МПа}$ займає об'єм $V = 300\text{л}$ та має теплоємність $C_v = 857\text{ Дж/К}$.
116. Знайти середню кінетичну енергію $E_{об}$ обертального руху молекули водню, а також повну кінетичну енергію усіх молекул $\nu = 0,5$ моль водню при температурі $T = 300\text{ К}$.
117. Визначити середню квадратичну швидкість молекули газу у посудині ємністю $V = 2\text{ л}$ під тиском $P = 200\text{ кПа}$. Маса газу $m = 0,3\text{ г}$.
118. Визначити середню кінетичну енергію молекули водяної пари при температурі $T = 500\text{ К}$.
119. Молярна внутрішня енергія двохатомного газу дорівнює $6,02\text{ кДж/моль}$. Визначити середню кінетичну енергію обертального руху молекули цього газу.
120. Одноатомний газ при нормальних умовах займає об'єм $V = 5\text{л}$. Знайти теплоємність цього газу при сталому об'ємі $- C_v$.

121. Трїохатомний газ під тиском $P = 240$ кПа та температурі $t = 20^{\circ}\text{C}$ займає об'єм $V = 10$ л. Знайти теплоємність C_p цього газу при сталому тиску.
122. Знайти питому теплоємність газу, якщо його молярна маса $M = 4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, а співвідношення теплоємностей $C_p / C_v = 1,67$.
123. Знайти питомі C_p та C_v та молярні C_p та C_v теплоємності азоту та гелію.
124. Знайти молярні теплоємності газу, якщо його питомі теплоємності $C_p = 10,4$ кДж/(кг·К) $C_v = 14,6$ кДж/(кг·К).
125. Знайти відносну молекулярну масу M_r та молярну масу M газу, якщо різниця його питомих теплоємностей $C_p - C_v = 2,08$ кДж/(кг·К).
126. Знайти теплоємність двоатомного газу C_v при сталому об'ємі посудини $V = 6$ л при нормальних умовах.
127. Знайти довжину вільного пробігу в азоті при температурі $T = 250\text{K}$ та тиску $P = 80$ мкПа.
128. Знайти густину водню, якщо середня довжина вільного пробігу молекули дорівнює 2 мм.
129. Знайти довжину вільного пробігу молекул водню масою $m = 0,5$ кг у посудині ємністю $V = 5$ л.
130. При якому тиску середня довжина вільного пробігу молекул азоту дорівнює 1м, якщо температура газу $t = 10^{\circ}\text{C}$.
131. Знайти середню частоту зіткнень молекул кисню при тиску $P = 133\text{Па}$ та температурі $T = 200$ К.
132. Знайти середню арифметичну швидкість молекул кисню при нормальних умовах, якщо середня довжина вільного пробігу молекул дорівнює 100 нм.
133. Знайти діаметр молекули водню, якщо при нормальних умовах довжина вільного пробігу молекули дорівнює 0,160 мкм.
134. Азот масою $m = 0,5$ г має об'єм $V = 5$ л. Знайти середню довжину вільного пробігу молекули азоту.
135. Визначити роботу розширення та зміну внутрішньої енергії азоту при сталому тиску, якщо газу передана кількість теплоти $Q = 21$ кДж.
136. Яка доля ω_1 кількості теплоти – Q переданого двоатомному газу у ізобарному процесі йде на зміну внутрішньої енергії – ΔU , а яка доля ω_2 – на роботу розширення? Розглянути випадки одно-, дво- та трїохатомного газу.
137. Яка робота виконується при ізотермічному розширенні водню масою $m = 5$ г при температурі $T = 290$ К, якщо об'єм газу збільшується у тричі.
138. У кілька разів збільшується об'єм водню кількістю речовини $\nu = 0,4$ моль при ізотермічному розширенні при температурі $T = 300$ К, якщо газ отримує $Q = 800$ Дж теплоти.
139. Визначити роботу розширення, зміну внутрішньої енергії та теплоту, яку отримує азот при ізобарному нагріванні від температури $T_1 = 200$ К до $T_2 = 400$ К.
140. В адіабатному процесі тиск повітря збільшився від $P_1 = 50$ кПа до $P_2 = 0,5$ МПа. Далі температура повітря знизилася до початкової при сталому об'ємі. Знайти тиск газу у кінці процесу.
141. При ізотермічному розширенні азоту масою $m = 0,2$ кг з температурою $T = 280$ К об'єм збільшився вдвічі. Знайти роботу та зміну внутрішньої енергії газу, а також кількість підведеної теплоти.
142. Знайти кількість теплоти, яку треба передати кисню об'ємом $V = 50$ л при ізохорному нагріванні, щоб тиск газу підвищився на $\Delta P = 0,5$ МПа.
143. У циклі Карно газ отримав від нагрівача теплоту $Q_1 = 500$ Дж та виконав роботу $A = 100$ Дж. Температура нагрівача $T_1 = 400$ К. Знайти температуру холодильника T_2 .
144. Газ у циклі Карно отримав теплоту $Q_1 = 84$ кДж. Знайти роботу A газу. Якщо температура нагрівача – T_1 утричі перевищує температуру холодильника – T_2 .
145. Визначити термічний ККД циклу Карно, а також роботу ізотермічного розширення A_1 , якщо при ізотермічному стискуванні газу виконана робота $A_2 = 70$ Дж. Температура нагрівача $T_1 = 500$ К, а температура холодильника $T_2 = 250$ К.
146. У скільки разів збільшиться коефіцієнт корисної дії циклу Карно при підвищенні температури нагрівача від $T_1 = 380$ К до $T_1' = 560$ К, якщо температура холодильника $T_2 = 280$ К.
147. У циклі Карно холодильнику передано 67 % теплоти, отриманої від нагрівача. Знайти температуру холодильника, якщо температура нагрівача. $T_1 = 430$ К.
148. Газ у циклі Карно отримав від нагрівача теплоту $Q_1 = 4,38$ кДж та виконав роботу $A = 2,4$ кДж. Знайти температуру нагрівача, якщо температура холодильника $T_2 = 273$ К.
149. Знайти температуру нагрівача T_1 у циклі Карно, якщо холодильник отримав теплоту $Q_2 = 14$ кДж при температурі $T_2 = 280$ К, а робота циклу дорівнює $A = 6$ кДж.

Питання до поточного контролю

Змістовий модуль II. Молекулярна фізика і термодинаміка

22. Агрегатний стан речовини, параметри стану, рівняння стану, рівноважний стан. Ідеальний газ. Рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва-Клапейрона). Закон Дальтона.
23. Середня та середньоквадратична швидкості молекул. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів.
24. Зв'язок між середньою енергією поступального руху молекул і температурою газу (виведення).
25. Дати визначення функції розподілу молекул за швидкостями. Розподіл Максвелла. Найбільш імовірна швидкість молекул.
26. Барометрична формула. Розподіл Больцмана частинок у потенціальному полі.
27. Середнє число зіткнень та середня довжина пробігу молекул ідеального газу. Явища перенесення та їх коефіцієнти
28. Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
29. Фази та фазові переходи. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.
30. Внутрішня енергія термодинамічної системи. Теплота і робота. Перший закон термодинаміки та його запис для ізопроцесів в ідеальному газі.
31. Робота в ізопроцесах (виведення).
32. Повна, питома і молярна теплоємності. Зв'язок між ними. Теорія теплоємностей ідеального газу. Рівняння Майєра.
33. Адіабатичний процес. Рівняння Пуасона (виведення). Робота газу в адіабатичному процесі.
34. Коловий процес. Чому графічно дорівнює робота в коловому процесі? Оборотні та необоротні процеси. Цикл Карно та його к.к.д. Теорема Карно.
35. Другий закон термодинаміки (усі формулювання).
36. Ентропія. Закон зростання ентропії.

ТЕСТОВІ ПИТАННЯ (ЗРАЗОК)

1. Які з формул визначають основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу?

a) $p = \frac{1}{3} m v_{\text{ср}}^2 \cdot n$; b) $\langle E_{\text{ср}} \rangle = \frac{m v_{\text{ср}}^2}{2}$; c) $p = nkT$; d) $p = \frac{2}{3} n \langle E_{\text{ср}} \rangle$.

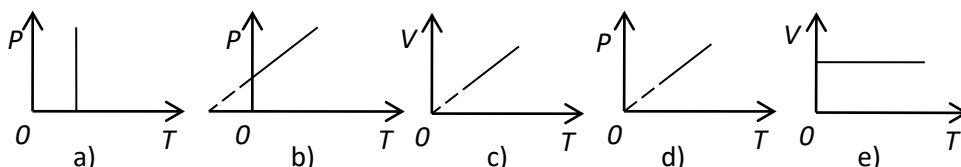
2. Які з наведених рівнянь справджуються для ізобарного процесу?

a) $p = \alpha T$; b) $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$; c) $pV = \text{const}$; d) $V = \alpha T$.

3. Які з наведених рівнянь справджуються для ізотермічного процесу?

a) $pV^\gamma = \text{const}$; b) $p = \alpha T$; c) $p_1 V_1 = p_2 V_2$; d) $pV = \text{const}$.

4. Які з графіків 1-5 відповідають ізохорному процесу?



5. Чому рівне число ступенів вільності молекули двоатомного газу з жорстким зв'язком?

a) $i = 3$; b) $i = 6$; c) $i = 5$; d) $i = 2$.

6. Які з наведених виразів визначають теплоємність ідеального газу в ізохорному та ізобарному процесах?

a) $\frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R$; b) $\frac{i+2}{2} R$; c) $\frac{m}{\mu} \frac{i+2}{2} R$; d) $\frac{i}{2} R$.

7. Які з формул визначають перший принцип термодинаміки для ізохорного процесу? C – теплоємність газу.

a) $\partial Q = \partial A$; b) $\partial A = -\partial U$; c) $\partial Q = dU$; d) $p dV = -C_V dT$; e) $\partial Q = C_V dT$.

8. Які з формул визначають перший принцип термодинаміки для ізобарного процесу? C – теплоємність газу.

a) $\partial Q = dU$; b) $C_p dT = C_V dT + p dV$; c) $\partial Q = p dV$; d) $\partial Q = dU + p dV$.

9. Які з формул визначають перший принцип термодинаміки для ізотермічного процесу? C – теплоємність газу.

a) $\partial A = -dU$; b) $\partial Q = \partial A$; c) $p dV = -C_V dT$; d) $\partial Q = p dV$.

10. Які з формул визначають перший принцип термодинаміки для адіабатичного процесу? C – теплоємність газу.

a) $\partial Q = C_p dT$; b) $p dV = -C_V dT$; c) $\partial A = -dU$; d) $\partial Q = \partial A$.

11. Які з формул є аналітичним виразом другого принципу термодинаміки?

a) $dS \geq 0$; b) $\Delta S_{1-2} = \int_1^2 \frac{\partial Q}{T}$; c) $dS' \geq \frac{\partial Q}{T}$; d) $\oint \frac{\partial Q}{T} \leq 0$; e) $\Delta S_{1-2} \geq \int_1^2 \frac{\partial Q}{T}$.

12. Які з величин залишаться сталими, коли система здійснить оборотний круговий процес?

a) внутрішня енергія; b) робота; c) ентропія; d) кількість теплоти.

13. Що станеться з ентропією замкнутої системи, якщо в ній відбудуться необоротні процеси?

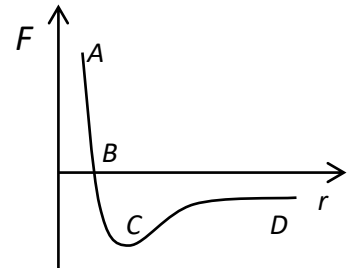
a) зменшиться; b) збільшиться; c) не зміниться.

14. Яка з формул визначає статистичний зміст другого принципу термодинаміки?

a) $\Delta S = \int_A^B \frac{\partial Q}{T}$; b) $dS \geq \frac{\partial Q}{t}$; c) $\Delta w \geq 0$; d) $s = k \ln w$.

15. На рисунку наведено залежність сил взаємодії між двома молекулами від відстані між ними. Які ділянки графіка відповідають силам притягання, а які – силам відштовхування?

a) AB; b) ABC; c) CD; d) BCD.



8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Лопатинський І.Є., Зачек І.Р., Льчук Г.А., Романишин Б.М. Фізика. Підручник. - Львів: Львівська політехніка, 2009. - 385 с. <https://www.twirpx.com/file/2808600/>
2. Карамзін В.В., Семенець В.В. Курс загальної фізики. Навчальний посібник ждя вищих навчальних закладів.- К.: Кондор, 2016. – 786 с.
3. Літнарівич Р.М. Фізика з основами геофізики. Частина 2. Лабораторний практикум. МEGУ, Рівне 2007, 48с.
<https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/2877.pdf>
4. Лопатинський І.Є. Збірник задач з фізики/ Львів: Львівська політехніка, 2003. - 124 с. <https://www.twirpx.com/file/2171246/>
5. Чолпан П.П. Фізика: підручник. – К.: Вища школа, 2003. – 567 с.

Допоміжна література

1. Лабораторний практикум з фізики. Ч. 1. Лабораторія механіки та молекулярної фізики: Навчальний посібник / І.В. Бандрівчак, – 2-ге вид., випр. і доп. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2008. – 188 с. <https://studfile.net/preview/5200979/>
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. Кн. 1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка: навч. посіб. – К.: Вища шк., 2002. – 375 с.
3. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. Кн. 2. Електрика і магнетизм: навч. посіб. – К.: Вища шк., 2003. – 278 с.
4. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: У 3 кн. Кн. 3. Оптика. Фізика атома та атомного ядра: навч. посіб. – К.: Вища шк., 2003. – 311 с.
5. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф. Курс фізики: Навч. Посібник: У 2 кн. Кн. 1. Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. – 2 – ге вид. – К.: Лебідь, 2001. – 446 с.
6. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В. Курс фізики: Навч. Посібник: У 2 кн. Кн. 2. Оптика. Фізика атома і атомного ядра. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Лебідь, 2001. – 424 с.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

- | | | |
|----|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Вища фізика | http://www.acmephysics.narod.ru |
| 7 | Неизвестная физика - электронная версия книги Машкова В.В. | http://www.neofizika.narod.ru |
| 11 | Природа & людина | http://nh.at.ua |
| 14 | Санкт-Петербургская образовательная сеть по физике | http://www.phys.spbu.ru/~monakhov/ |
| 15 | Сборник научно-популярных статей по физике и астрономии | http://www.enlt.narod.ru |
| 16 | Странная физика | http://ph.narod.ru |
| 17 | Физика в анимациях | http://physics.nad.ru |

18	Фізика для всіх	http://fizika-abc.at.ua
20	Энергия ветра Ветроэнергетика	http://windpower.boom.ru
21	Фізика і астрономія	fizika.net.ua
22	Фізична енциклопедія	http://www.phys-encyclopedia.net/index.html
23	Енциклопедія фізики і техніки	http://www.femto.com.ua/
24	Фізикам на допомогу	fizikall.ucoz.ru
25	Фізика і природознавство	http://nh.at.ua/dir/osvitnyo_informaciy_ni_resursy/zikave/9
26	Вся фізика	http://all-fizika.com/

ДОВІДКОВИЙ МАТЕРІАЛ

Фундаментальні фізичні сталі

Гравітаційна стала	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг}\cdot\text{с}^2$
Прискорення вільного падіння	$g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$
Стала Авогадро	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Стала Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}$
Стала Лошмідта	$n_0 = 2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$
Газова стала	$R = 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})$
Молярний об'єм ідеального газу при н.у.	$V_0 = 22,413 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Електрична стала	$\epsilon_0 = 8,885 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}/\text{м}$
Маса електрона	$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Маса протона	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Елементарний заряд	$e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Густина деяких речовин

Речовина	$\rho \cdot 10^3 \text{ (кг/м}^3\text{)}$	Речовина	$\rho \cdot 10^3 \text{ (кг/м}^3\text{)}$
мідь	8,6	вода	1,00
залізо	7,9	гліцерин	1,26
свинець	11,3	масло	
		касторове	0,89
		машинне	0,10
ртуть	13,6	повітря	0,00129

Молярні маси деяких речовин

Речовина	Молекула	$\mu \cdot 10^{-3}, \text{ кг/моль}$	Речовина	Молекула	$\mu \cdot 10^{-3}, \text{ кг/моль}$
Азот	N ₂	28	Гелій	He	4

Аргон	Ar	40	Кисень	O ₂	32
Неон	Ne	20	Повітря	-	29
Вода	H ₂ O	18	Ртуть	Hg	201
Водень	H ₂	2	Кухонна сіль	NaCl	58
Вуглекислий газ	CO ₂	44			

Нормальні умови:

$$T_0 = 273\text{K}; \quad p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Па} = 760\text{мм рт.ст.} = 1\text{атм.}$$

Питомі теплоємності для деяких речовин

Сталь: $c = 460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

Свинець: $c = 126 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

Питома теплота плавлення свинцю $\lambda = 2,26 \cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{кг}.$

Символи і відносні атомні маси деяких хімічних елементів

H	He	C	N	O	Cu	K	Li	Na
1	4	12	14	16	64	39	6	23

Деякі параметри води:

питома теплота пароутворення при 100°C – $r = 2,26 \text{ МДж}/\text{кг};$

питома теплоємність – $c = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$

питома теплота плавлення при 0°C – $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}.$

Критичні параметри

Елемент	$T_{кр}, \text{К}$	$p_{кр}, \text{МПа}$	Елемент	$T_{кр}, \text{К}$	$p_{кр}, \text{МПа}$
азот	126	3,4	кисень	154	5,07

Ефективні діаметри молекул

Елемент	σ , нм	Елемент	σ , нм
азот	0,30	гелій	0,20

$$1\text{л} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3; \quad 1\text{кгс} = 9,8\text{Н}; \quad 1\text{кал} = 4,19\text{Дж}.$$

ЗМІСТ

Стор.

Вступ	
Загальні методичні рекомендації	
Зміст навчальної дисципліни	
Практичні/семінарські заняття	
Теми рефератів	
Тема 1. Дослідження енергії та потужності тепловиділення	
Тема 2. Вода на Землі. Акустика океану	
Самостійна робота	
Приклади розв'язування задач	
Варіанти пропонованих завдань	
Задачі для самостійної роботи	
Рекомендована література	
Довідкові дані	
Зміст	