

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

ДИДАКТИЧНІ МАТЕРІАЛИ
ДО ЛЕКЦІЙНИХ ЗАНЯТЬ З КУРСУ «ФІЗИКА»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ПРИСКОРЕНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Частина 3. Термодинаміка

2018

Дидактичні матеріали до лекційних занять з курсу «Фізика» для студентів денної прискореної форми навчання. Частина 3. Термодинаміка / Укладач: О.А. Лозовенко. — Запоріжжя, ЗНТУ, 2018. — 42 с.

Укладач: О.А. Лозовенко, доцент, к.пед.н.

Рецензент: О.І. Іваницький, професор, д.пед.н.

Відповідальний

за випуск: О.А. Лозовенко, доцент, к.пед.н.

Затверджено на засіданні кафедри фізики
Протокол № 6 від 11.05.2018

Рекомендовано до видання НМК
електротехнічного факультету
Протокол №10 від 31.05.2018

ЗМІСТ

Вступ	4
<i>Лекція 7. Температура</i>	5
Питання, що розглядаються.....	5
Рекомендовані для читання матеріали.....	5
Обов'язкове домашнє завдання №7.....	6
<i>Лекція 8. Перший закон термодинаміки</i>	11
Питання, що розглядаються.....	11
Рекомендовані для читання матеріали.....	11
Обов'язкове домашнє завдання №8.....	12
<i>Лекція 9. Механізми передачі енергії в термодинамічних процесах</i>	16
Питання, що розглядаються.....	16
Рекомендовані для читання матеріали.....	16
Обов'язкове домашнє завдання №9.....	17
<i>Лекція 10. Молекулярно-кінетична теорія ідеального газу</i>	21
Питання, що розглядаються.....	21
Рекомендовані для читання матеріали.....	21
Обов'язкове домашнє завдання №10.....	22
<i>Лекція 11. Молярна теплоємність ідеального газу та адіабатний процес</i>	26
Питання, що розглядаються.....	26
Рекомендовані для читання матеріали.....	26
Обов'язкове домашнє завдання №11.....	27
<i>Лекція 12. Розподіли молекул за енергією, висотою та швидкістю</i>	31
Питання, що розглядаються.....	31
Рекомендовані для читання матеріали.....	31
Обов'язкове домашнє завдання №12.....	32
<i>Лекції 13-14. Теплові двигуни, ентропія та другий закон термодинаміки</i>	36
Питання, що розглядаються.....	36
Рекомендовані для читання матеріали.....	36
Обов'язкове домашнє завдання №13.....	37
Список рекомендованої літератури	42

ВСТУП

Головною метою даного навчального посібника є надання студентам максимально докладної інформації щодо організації їхньої самостійної роботи протягом вивчення курсу фізики, а саме — термодинаміки, у другій половині першого семестру. Посібник містить декілька типів дидактичних матеріалів, робота з якими є для студентів вкрай необхідною для засвоєння принаймні основного теоретичного матеріалу курсу.

До кожної лекції надається список *рекомендованих для читання матеріалів*: як правило, це параграфи навчальних посібників та підручників, які нескладно отримати в електронному або паперовому варіанті, звернувшись до бібліотеки університету.

Звертаємо увагу на наявність семи *обов'язкових домашніх завдань*, тексти яких містяться у посібнику після матеріалів до кожного лекційного заняття. Передбачається, що студент самостійно роздруковує бланк завдання, виконує його та здає викладачу.

Якщо читачі помітять у даному посібнику помилки або інші недоліки, то буде більш ніж доречним повідомити про це електронною поштою (loks@zntu.edu.ua).

ЛЕКЦІЯ 7. ТЕМПЕРАТУРА

Питання, що розглядаються

- Тепло та енергія.
- Теплова рівновага.
- Термометри.
- Абсолютний нуль температури.
- Теплове розширення рідин та твердих тіл
- Лінійний та об'ємний коефіцієнти розширення.
- Біметалічна пластина.
- Аномальна поведінка води.
- Експериментальні закони ідеального газу.

Рекомендовані для читання матеріали

1. Соколов Є.П. Екзаменаційна фізика (див. [3]).

I.5. Експериментальні газові закони.

I.6. Температурні шкали.

I.7. Рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва-Клапейрона).

2. Савельєв І.В. Курс загальної фізики (див. [2]).

§85. Температура.

§86. Рівняння стану ідеального газу.

3. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики (див. [1]).

§14.4. Температура.

§14.6. Рівняння стану ідеального газу.

§14.7. Основні закони ідеального газу.

§18.5. Тепловий рух у твердих тілах. Теплове розширення твердих тіл.

ОБОВ'ЯЗКОВЕ ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ №7

П.І. студента

група

1. Два тіла з різними масами, розмірами та температурами знаходяться у тепловому контакті один з одним. У якому напрямку буде відбуватися передача тепла?

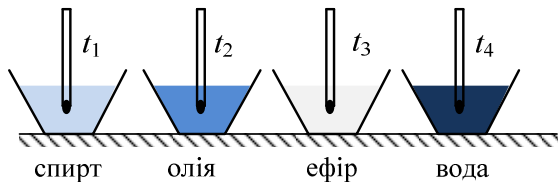
- А) від більшого за розмірами тіла до меншого;
- Б) від тіла з більшою масою до тіла з меншою масою;
- В) від тіла з більшою температурою до тіла з меншою температурою.

Відповідь: _____

2. Повітря складається із суміші газів: водню, кисню, азоту, водяних парів, вуглекислого газу та інших. Який з фізичних параметрів є однаковим для всіх цих газів у стані теплової рівноваги?

Відповідь: _____

3. В однакових скляних посудинах, де містяться різні рідини (див. рис.), встановлено термометри. Покази якого з термометрів найнижчі?



Посудини достатньо довгий час знаходяться в кімнаті.

Відповідь: _____

4. Розгляньте такі пари речовин:

- А) вода, що кипить при 100°C та вода в стакані при 50°C ;
- Б) вода, що кипить при 100°C та метан у твердому стані при -50°C ;
- В) шматок льоду при -20°C та полум'я при 233°C .

Про яку з пар можна сказати, що температури речовин відрізняються приблизно у два рази?

Відповідь: _____

5. Температура тіла зросла на 20% від її початкового значення 27°C . Якою стала температура тіла?

Відповідь: _____

6. Температура тіла зменшилася від 0°C до -27°C . На скільки відсотків зменшилася температура?

Відповідь: _____

7. Абсолютна температура вимірюється у ...

Відповідь: _____

8. Виразить у кельвінах значення температури: 27°C , -23°C ; 370°C .

Відповідь: _____

9. Виразить у градусах Цельсія значення температури: 23 К, 93К; 753 К.

Відповідь: _____

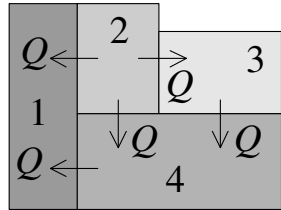
10. Студент, повторюючи експеримент Амонтонна, отримав експериментальну залежність тиску газу від його температури – пряму, що проходить через точки з координатами $t_1 = 0^{\circ}\text{C}$, $p_1 = 760$ мм рт. ст., $t_2 = 100^{\circ}\text{C}$, $p_2 = 1077$ мм рт. ст. Чому дорівнює значення абсолютного нуля температури за цими даними?

місце для розв'язку

Відповідь: _____

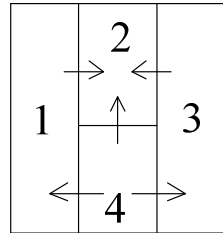
11. На рисунку показано стрілками напрям теплообміну між тілами. Температура якого тіла найбільша?

Відповідь: _____



12. На рисунку стрілками показано напрям теплообміну між тілами. Температура тіл: 350°C , 100°C , 80°C , 50°C . Температура якого з тіл 50°C ?

Відповідь: _____



13. Якщо вас попросили зробити дуже чуттєвий скляний термометр, яку б рідину ви обрали?

А) ртуть; Б) спирт; В) бензин; Г) гліцерин.

Відповідь: _____

Чому?

Відповідь: _____

14. Дві кулі зроблені з однакового матеріалу і мають однаковий радіус, але одна з них є полою, а інша — ні. Температуру обох куль однаково збільшили. Яка з куль збільшить свій розмір сильніше?

Відповідь: _____

15. Стальна залізнодорожна рейка має довжину $30,000\text{ м}$ при температурі $0,0^{\circ}\text{C}$, лінійний коефіцієнт теплового розширення сталі $11 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

• Чому дорівнює її довжина при $40,0^{\circ}\text{C}$?

Відповідь: _____

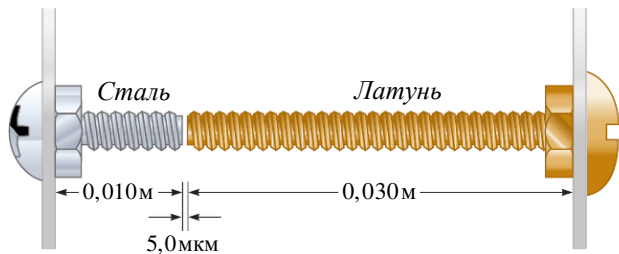
- Припустимо, що кінці рейки бути затиснуті опорами при температурі $0,0^{\circ}\text{C}$ для запобігання розширенню. З якою механічною напругою буде тиснути ця рейка на опори при температурі $40,0^{\circ}\text{C}$? Модуль Юнга сталі $2 \cdot 10^{11}$ Па.

Відповідь: _____

- Чому буде дорівнювати довжина рейки, якщо температури впаде до $-40,0^{\circ}\text{C}$?

Відповідь: _____

16. Погано сконструйований електричний прилад має два болта, що прикріплені до різних частин цього приладу і майже дотикаються один одного (див. рис.). Якщо болти доторкнуться один одного, то відбудеться коротке замикання, що призведе до виходу з ладу цього приладу.



За якої температури болти доторкнуться один одного?

Вважайте, що відстань між болтами дорівнює 5,0 мкм при температурі 27°C . Лінійний коефіцієнт теплового розширення сталі $11 \cdot 10^{-6}$ 1/К, латуні — $19 \cdot 10^{-6}$ 1/К. Тепловим розширенням інших частин приладу знехтуйте.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

17. Маятник годинника зроблений з латуні. Як зміниться період коливань маятника при підвищенні температури?

Відповідь: _____

18. У металевій плиті вирізаний отвір. Як зміниться діаметр цього отвору при збільшенні температури?

Відповідь: _____

19. У мідному листі зроблений квадратний отвір $8,00 \times 8,00 \text{ см}^2$.

● На скільки зміниться площа отвору, якщо температура металу зросте на $50,0 \text{ К}$?

Відповідь: _____

● Збільшиться чи зменшиться площа отвору?

Відповідь: _____

20. Середній коефіцієнт об'ємного теплового розширення певної рідини дорівнює $5,81 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$. При температурі $10,0^\circ\text{C}$ цією рідиною повністю заповнили сталевий контейнер місткістю $4,5 \text{ л}$. Скільки рідини витече з контейнера, якщо температура підніметься до $30,0^\circ\text{C}$?

Відповідь: _____

21. Шматок свинцю має масу $20,0 \text{ кг}$ та густину $11,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ при 0°C .

● Якою буде густина цього свинцю при температурі 90°C ?

Відповідь: _____

● Якою буде маса свинцю при температурі 90°C ?

Відповідь: _____

ЛЕКЦІЯ 8. ПЕРШИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ

Питання, що розглядаються

- Тепло та внутрішня енергія.
- Теплоємність. Питома теплоємність.
- Фаза. Фазова рівновага. Фазові перетворення.
- Питома теплота плавлення і пароутворення.
- Перегріта та переохолоджена рідина.
- Фазова діаграма.
- Потрійна та критична точки.
- Робота в термодинамічних процесах
- Перший закон термодинаміки.

Рекомендовані для читання матеріали

1. Соколов Є.П. Екзаменаційна фізика (див. [3]).

- П.1. Теплові властивості твердих і рідких тіл.
- П.3. Внутрішня енергія. Перший закон термодинаміки.
- П.4. Застосування першого закону термодинаміки до ізопроесів.

2. Савельєв І.В. Курс загальної фізики (див. [2]).

- §82. Внутрішня енергія системи.
- §83. Перше начало термодинаміки.
- §84. Робота, що здійснюється тілом при змінненні об'єму.
- §121. Випаровування та конденсація.
- §122. Рівновага рідини та насиченої пари.

3. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики (див. [1]).

- §16.2. Перший закон термодинаміки.
- §16.4. Робота ідеального газу при ізопроесах. Політропний процес.
- §21.3. Сублімація, плавлення та кристалізація твердих тіл.
- §21.4. Потрійна точка.

ОБОВ'ЯЗКОВЕ ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ №8

П.І. студента

група

1. В яких одиницях вимірюють теплоємність тіла?

Відповідь: _____

2. В яких одиницях вимірюють питому теплоємність речовини?

Відповідь: _____

3. Яку кількість теплоти треба надати воді масою 100 г, взятій при температурі 15°C, щоб нагріти її до температури 20°C? Вважайте, що питома теплоємність води дорівнює 4200 Дж/(кг·К) .

Відповідь: _____

4. Припустимо, що ви маєте по одному кілограму заліза, скла і води. Кожна з цих речовин має температуру 10°C.

• Розташуйте ці речовини у порядку зростання їхньої температури після того, як кожній з них було надано 100 Дж теплоти.

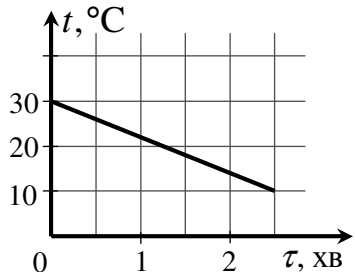
Відповідь: _____

• Розташуйте ці речовини у порядку зростання кількості теплоти, яку необхідно надати кожній з них, щоб підвищити температуру на 20 С.

Відповідь: _____

5. На рисунку зображено залежність температури води ($m = 0,2$ кг) від часу. Яку кількість теплоти віддала вода за 2,5 хв?

Відповідь: _____



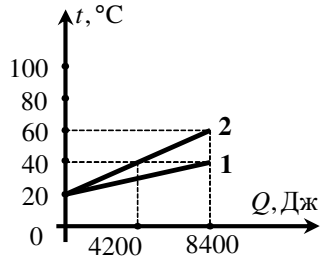
6. На рисунку побудовано графік залежності температури води від кількості теплоти, отриманої нею від нагрівача.

- Який графік відповідає більшій масі води?

Відповідь: _____

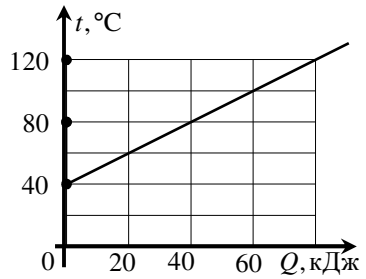
- Знайдіть відношення мас m_2/m_1 .

Відповідь: _____



7. На рисунку зображено графік залежності температури тіла від наданої йому кількості теплоти. Маса тіла 2 кг. Обчисліть питому теплоємність речовини тіла.

Відповідь: _____



8. Шматок металу масою 0,050 кг та нагрітого до $200,0^{\circ}\text{C}$ кинули у калориметр, що містить 0,400 кг води при температурі $20,0^{\circ}\text{C}$. Після встановлення теплової рівноваги температура у калориметрі дорівнювала $22,4^{\circ}\text{C}$. Знайдіть питому теплоємність металу. Теплоємністю калориметра знехтуйте та вважайте, що вода не випаровується.

місце для розв'язку

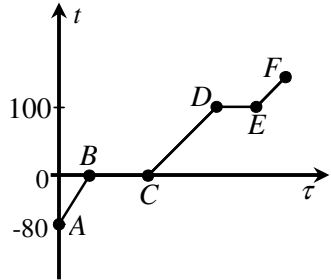
Відповідь: _____

9. Як змінюється середня відстань між молекулами води при її кристалізації?

Відповідь: _____

10. У посудині, яку нагрівають, знаходиться лід (вода). На рисунку зображено графік залежності температури води t від часу її нагрівання τ . На якій ділянці вода випаровується?

Відповідь: _____



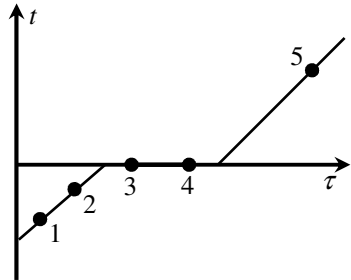
11. Розташуйте у порядку зростання внутрішньої енергії:

- а) 1 кг води при 0°C ; б) 1 кг снігу при -100°C ;
 в) 1 кг льоду при 0°C ; г) 1 кг водяної пари при 100°C ;
 д) 1 кг води при 100°C .

Відповідь: _____

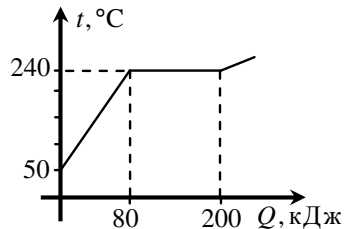
12. Тіло нагрівають нагрівником постійної потужності. На рисунку зображено графік залежності температури тіла від часу. Порівняйте внутрішню енергію тіла у точках, позначених на графіку.

Відповідь: _____



13. На рисунку зображено графік залежності температури тіла ($m = 2 \text{ кг}$) від наданої тілу кількості теплоти (на початку тіло у твердому стані). Яка питома теплота плавлення тіла?

Відповідь: _____



14. Яка кількість теплоти необхідна для того, щоб перетворити 40г льоду, що має температуру -10°C , на водяну пару, що має температуру 110°C ?

місце для розв'язку

Відповідь: _____

15. Завдання про фазову діаграму води:

• Впишіть назви фаз у прямокутники;

• Продовжить фрази:

процес *A* — це _____;

процес *B* — це _____;

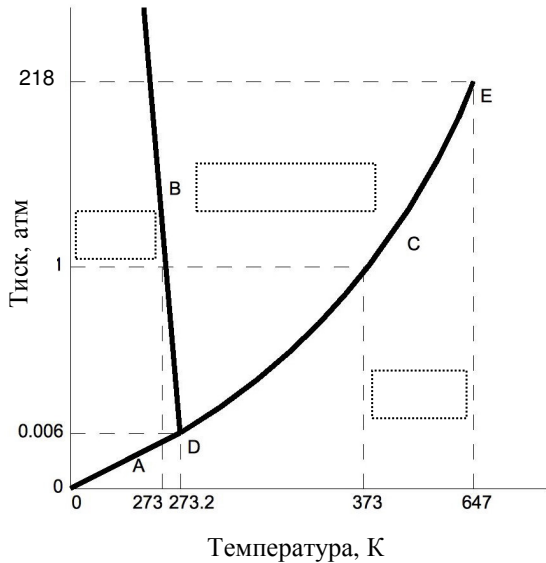
процес *C* — це _____;

точка *D* — це _____,

в цій точці _____

_____;

точка *E* — це _____, в цій точці _____.



ЛЕКЦІЯ 9. МЕХАНІЗМИ ПЕРЕДАЧІ ЕНЕРГІЇ В ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Питання, що розглядаються

- Види теплообміну.
- Теплопровідність. Закон теплопровідності.
- Конвекція.
- Випромінювання.
- Закон Стефана-Больцмана.

Рекомендовані для читання матеріали

1. Савельєв І.В. Курс загальної фізики (див. [2]).

§128. Явища переносу.

§131. Теплопровідність газів.

2. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики (див. [1]).

§15.3. Теплопровідність газів.

ОБОВ'ЯЗКОВЕ ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ №9

П.І. студента

група

1. Перенесення речовини відбувається при:

- 1) теплопровідності; 2) конвекції; 3) випромінюванні.

А) тільки 1; Б) тільки 2; В) тільки 3; Г) 1 і 2; Д) 2 і 3.

Відповідь: _____

2. Яким чином у прасці здійснюється теплопередача від внутрішньої, гарячої частини, до зовнішньої поверхні?

- 1) випромінюванням; 2) теплопровідністю; 3) конвекцією.

А) тільки 1; Б) тільки 2; В) тільки 3; Г) 1 і 2; Д) 2 і 3.

Відповідь: _____

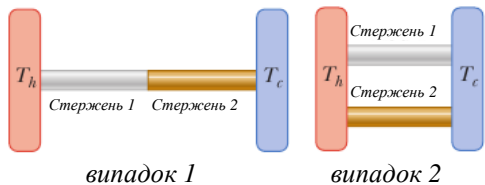
3. Яким способом відбувається передача енергії від Сонця до Землі?

- 1) конвекцією; 2) теплопровідністю; 3) випромінюванням.

А) тільки 1; Б) тільки 2; В) тільки 3; Г) 1 і 2; Д) 2 і 3.

Відповідь: _____

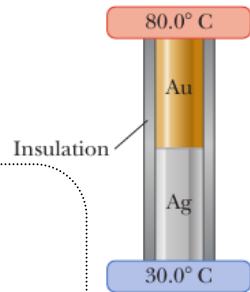
4. Два стержні, що мають однакові розміри, але зроблені з різних матеріалів, використовують для передачі тепла від гарячого об'єкту до холодного (див. рис.). Втрат тепла через бокові поверхні стержнів немає.



• У якому з двох випадків потужність тепла, що передається, буде більшою? Чому?

Відповідь: _____

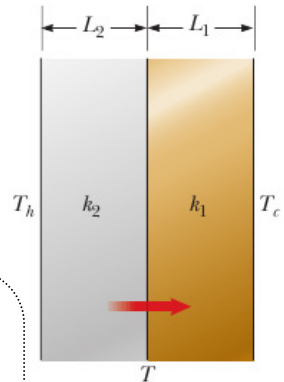
5. Стержень із золота знаходиться у тепловому контакті зі стержнем із срібла такого самого розміру (див. рис.). Температура на одну кінці цієї конструкції $80,0^{\circ}\text{C}$, а на іншому — 30°C . Якою буде температура у місці з'єднання стержнів?



місце для розв'язку

Відповідь: _____

6. Дві пластини з товщиною L_1 та L_2 і коефіцієнтами теплопровідності k_1 і k_2 знаходяться у тепловому контакті одна з однієї (див. рис.). Температури зовнішніх сторін пластин дорівнюють T_c і T_h ($T_c < T_h$). Знайдіть:



- Температуру внутрішніх сторін пластин;

місце для розв'язку

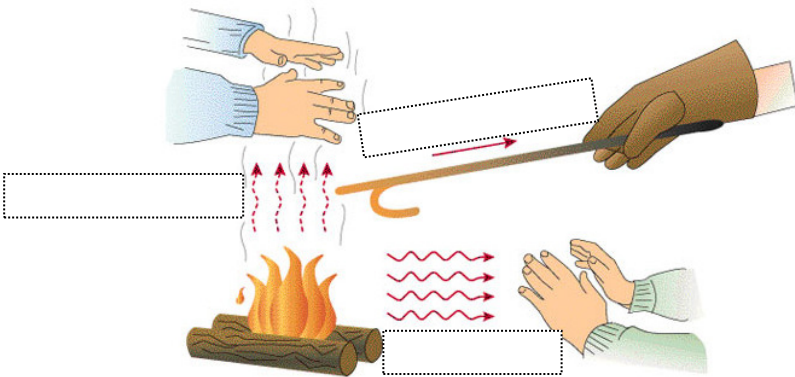
Відповідь: _____

- Потужність тепла, яке передається від одної пластини до іншої, якщо площа поверхонь, що знаходяться у контакті, дорівнює S .

місце для розв'язку

Відповідь: _____

7. Впишіть у прямокутники відповідні назви видів теплообміну (див. рис.).



8. У якому з перелічених випадків може відбуватися зміна внутрішньої енергії тіла?

- А) у випадку зміни потенціальної енергії тіла.
- Б) у випадку зміни швидкості руху тіла;
- В) у випадку зміни кінетичної енергії тіла;
- Г) у випадку теплопередачі.

Відповідь: _____

9. Продовжить фразу, використовуючи позначення, наведені нижче:
«Газ стиснули при постійній температурі. При цьому його...»

Позначення:

m – маса,

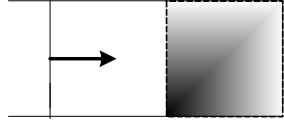
ρ – густина,

\downarrow – зменшились,

V – об'єм,

\uparrow – збільшились,

\leftrightarrow – не змінились).



- А) $m \uparrow, V \uparrow, \rho \downarrow$; Б) $m \downarrow, V \downarrow, \rho \leftrightarrow$; В) $m \leftrightarrow, V \downarrow, \rho \uparrow$;
Г) $m \leftrightarrow, V \downarrow, \rho \downarrow$; Д) $m \leftrightarrow, V \uparrow, \rho \leftrightarrow$.

Відповідь: _____

10. Установіть відповідність «характеристика теплового процесу — повна назва або приклад процесу».

- | | |
|---|--|
| 1. Тіло отримує тепло, його температура не змінюється | А) Вода при 0°C замерзає |
| 2. Тіло охолоджується, не віддаючи тепла | Б) Газ адіабатно розширюється |
| 3. Тіло нагрівається, не отримуючи тепла | В) кристалічне тверде тіло плавиться |
| 4. Тіло віддає тепло, його температура не змінюється | Г) Гальмівні колодки автомобіля зазнають тертя |
| | Д) Складув охолоджує готовий виріб |

Відповідь: 1 — ____, 2 — ____, 3 — ____, 4 — ____.

11. Оцініть температуру, до якої б нагрілася поверхня Землі, якщо б вона поглинала сонячне випромінювання як абсолютно чорне тіло. Вважайте, що в результаті добового обертання Землі температура на її поверхні всюди однакова.

Відповідь: _____.

ЛЕКЦІЯ 10. МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНА ТЕОРІЯ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ

Питання, що розглядаються

- Ідеальний газ.
- Основне рівняння МКТ ідеального газу.
- Зв'язок середньої кінетичної енергії поступального руху молекул газу і температури.
- Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності.

Рекомендовані для читання матеріали

1. Соколов Є.П. Екзаменаційна фізика (див. [3]).

I.1. Основні положення МКТ. Маса та розмір молекул.

I.2. Одиниця кількості речовини — 1 моль.

I.3. Два методи дослідження в молекулярній фізиці. Структура молекулярної фізики.

I.4. Вивід основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії.

I.8. Фізичний зміст абсолютної температури. Швидкість теплового руху молекул.

2. Савельєв І.В. Курс загальної фізики (див. [2]).

§96. Тиск газу на стінку.

§97. Середня енергія молекул.

3. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики (див. [1]).

§14.2. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії газів.

§14.3. Тиск газу. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів.

ОБОВ'ЯЗКОВЕ ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ №10

П.І. студента

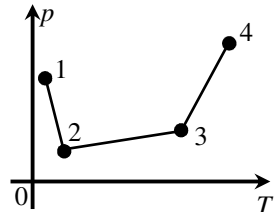
група

1. Установіть відповідність «назва газового процесу — математичний вираз закону».

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| 1. Ізотермічний процес | А) $\frac{V}{T} = \text{const}$ |
| 2. Ізохорний процес | Б) $pV = \text{const}$ |
| 3. Адіабатний процес | В) $\frac{p}{T} = \text{const}$ |
| 4. Ізобарний процес | Г) $pV^\gamma = \text{const}$ |
| | Д) $\frac{p}{V} = \text{const}$ |

Відповідь: 1 — ____, 2 — ____, 3 — ____, 4 — ____.

2. У посудині, закритій рухомих поршнем, міститься ідеальний газ. На рисунку зображено залежність тиску газу від температури. У якому стані об'єм газу є ...



- ...найбільшим?

Відповідь: _____

- ... найменшим?

Відповідь: _____

3. Балон містить кисень при температурі 12°C і тиску $2,53 \cdot 10^6$ Па. При якій температурі виникне небезпека вибуху балона, якщо балон може витримати тиск не більше $3,04 \cdot 10^6$ Па?

Відповідь: _____

4. Запишіть фізичною формулою фразу:

<i>Фраза</i>	<i>Формула</i>
«Середня квадратична швидкість руху молекул газу дорівнює кореню квадратному з відношення потроєного добутку універсальної газової сталої та термодинамічної температури до молярної маси цього газу»	
«Середня квадратична швидкість руху молекул газу дорівнює кореню квадратному з відношення потроєного добутку сталої Больцмана та термодинамічної температури до маси однієї молекули цього газу»	
«Тиск молекул ідеального газу дорівнює одній третині від добутку густини газу та середнього квадрату швидкості руху його молекул»	

5. Вкажіть позначення та значення фізичних констант:

універсальна газова стала: _____;

стала Авогадро: _____;

стала Больцмана: _____.

6. Відновіть пропущений символ та вкажіть, що він означає в даній формулі.

$$p = (_)kT, \underline{\hspace{10em}}$$

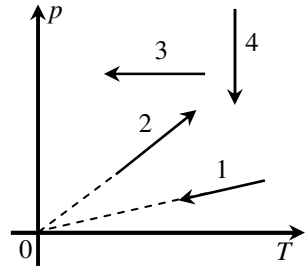
$$V = \frac{\nu R(_)}{p}, \underline{\hspace{10em}}$$

$$p = \frac{1}{3} m_0(_) \langle v^2 \rangle, \underline{\hspace{10em}}$$

$$m_0 = \frac{(_)}{N_A}, \underline{\hspace{10em}}$$

$$p = \frac{2}{3} n(_), \underline{\hspace{10em}}$$

9. На рисунку в координатах p, T зображені графіки процесів, що відбуваються з ідеальним газом постійної маси. Опишіть словами кожен з процесів (наприклад, *ізотермічне стисання*).



№1 — _____,

№2 — _____,

№3 — _____,

№4 — _____.

10. В посудині знаходиться газ під тиском $6 \cdot 10^5$ Па. Який встановиться тиск, якщо з посудини випустити $3/8$ газу? Температуру вважайте незмінною.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

11. Тиск суміші в циліндрі двигуна внутрішнього згорання перед тактом стиснення дорівнює $8 \cdot 10^4$ Па, а температура 50°C . Визначте температуру суміші в кінці такту стиснення, якщо об'єм суміші в процесі стиснення зменшився в 5 разів, а тиск став $7 \cdot 10^5$ Па.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

ЛЕКЦІЯ 11. МОЛЯРНА ТЕПЛОЄМНІСТЬ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ ТА АДІАБАТНИЙ ПРОЦЕС

Питання, що розглядаються

- Молярні питомі теплоємності C_V і C_p для одноатомного газу.
- Рівняння Майера.
- Молярні питомі теплоємності для багатоатомних газів.
- Адіабатний процес. Рівняння Пуассона.

Рекомендовані для читання матеріали

1. Соколов Є.П. Екзаменаційна фізика (див. [3]).

П.5. Адіабатний процес.

2. Савельєв І.В. Курс загальної фізики (див. [2]).

§87. Внутрішня енергія та теплоємність ідеального газу.

§88. Рівняння адіабати ідеального газу.

3. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики (див. [1]).

§16.3. Адіабатний процес. Рівняння Пуассона.

§16.5. Теплоємність ідеального газу.

ОБОВ'ЯЗКОВЕ ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ №11

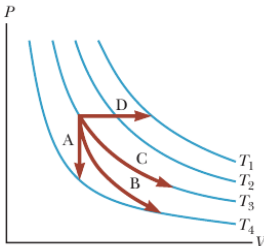
П.І. студента

група

1. Заповніть таблицю (газ вважайте ідеальним одноатомним, символом A позначена робота, виконана **над** газом):

Процес	Формула	ΔU	A	Q
<i>адіабатний</i>		$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$		
<i>ізотермічний</i>	$T = \text{const}$			
			$A = -p\Delta V$	
<i>ізохорний</i>				$Q = \Delta U$

2. Назвіть процеси, вказані на рисунку, врахувавши, що для процесу **B** $Q = 0$:



процес **A** — _____;

процес **B** — _____;

процес **C** — _____;

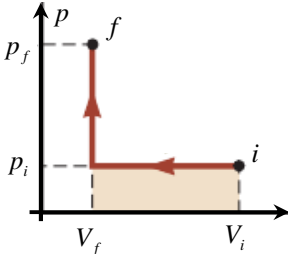
процес **D** — _____.

3. При розширенні деякої маси ідеального газу об'єм збільшився на 25%, а тиск зменшився на 20%. Як і на скільки відсотків змінилася внутрішня енергія газу?

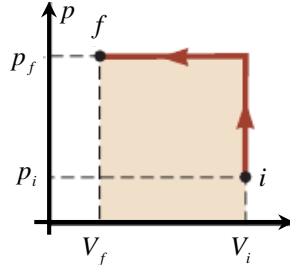
Відповідь: _____

4. Знайдіть роботу, виконану **над** газом у вказаних на рисунку випадках.

- Вважайте, що $V_f = 25 \text{ см}^3$, $V_i = 4V_f$, $p_i = 1,0 \text{ атм}$, $p_f = 3,5 p_i$.

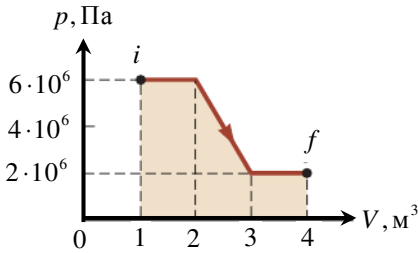


Відповідь: $A = \underline{\hspace{2cm}}$,

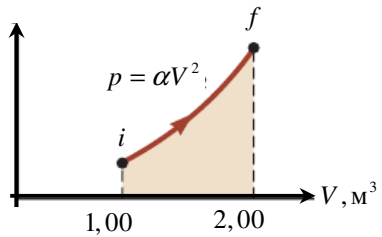


$A = \underline{\hspace{2cm}}$

- В останньому випадку $\alpha = 5,00 \text{ атм/м}^6$.



Відповідь: $A = \underline{\hspace{2cm}}$,



$A = \underline{\hspace{2cm}}$,

5. Один моль ідеального газу знаходився при $0,0^\circ\text{C}$ увесь час розширення від 3,0 л до 10,0 л.

- Яку роботу виконав газ за час розширення?

Відповідь: $\underline{\hspace{2cm}}$

- Скільки теплоти отримав газ у цьому процесі?

Відповідь: $\underline{\hspace{2cm}}$

6. Вода масою 1,00 г випаровується при атмосферному тиску $1,013 \cdot 10^5$ Па, а пара потім розширюється ізобарично до об'єму 1671 см^3 . Нехтуючи процесом перемішування пари та оточуючого повітря, знайдіть відповіді на такі запитання:

- Чому дорівнює робота, виконана системою під час розширення? Початковий об'єм пари вважайте рівним об'єму води.

Відповідь: _____

- Чому дорівнює повна зміна внутрішньої енергії системи?

Відповідь: _____

7. Шматок міді масою 1,0 кг нагріли від 20°C до 50°C при атмосферному тиску. Лінійний коефіцієнт теплового розширення міді дорівнює $17 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$. Вважайте мідь ізотропним матеріалом.

- Чому дорівнює робота, виконана металом під час розширення?

Відповідь: _____

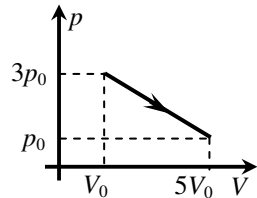
- Яку кількість теплоти було передано металу?

Відповідь: _____

- Чому дорівнює зміна внутрішньої енергії металу?

Відповідь: _____

8. На рисунку зображений процес, що відбувається з V молей ідеального одноатомного газу. Вважаючи усі величини, що позначені на рисунку, відомими, знайдіть температуру газу на початку та в кінці процесу.



Відповідь: _____

9. Циліндричний контейнер містить 3,00 моль газоподібного гелію при температурі 300 К.

● Яка кількість теплоти необхідна для нагрівання цього газу до 500 К, якщо процес буде відбуватися при сталому об'ємі?

Відповідь: _____

● Яка кількість теплоти необхідна для нагрівання цього газу до 500 К, якщо процес буде відбуватися при сталому тиску?

Відповідь: _____

10. В результаті вимірювання молярної питомої теплоємності C_V отримали значення $11R/2$. Зі скількох атомів, скоріше за все, складається молекула цього газу?

А) з одного атома; Б) з двох атомів; В) з трьох або більше атомів.

Відповідь: _____

11. Повітря при 20°C у циліндрі дизельного двигуна стискають починаючи з тиску 1,00 атм і об'єму $800,0\text{ см}^3$ до об'єму $60,0\text{ см}^3$. Вважаючи, що повітря є ідеальним газом з $\gamma = 1,40$, а процес стискання — адіабатичним, знайдіть кінцевий тиск і температуру повітря.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

ЛЕКЦІЯ 12. РОЗПОДІЛ МОЛЕКУЛ ЗА ЕНЕРГІЄЮ, ВИСОТОЮ ТА ШВИДКОСТЮ

Питання, що розглядаються

- Розподіл Больцмана.
- Барометрична формула.
- Розподіл Максвелла.
- Дослід Штерна.

Рекомендовані для читання матеріали

1. Савельєв І.В. Курс загальної фізики (див. [2]).

§92. Барометрична формула.

§98. Розподіл Максвелла.

§99. Експериментальна перевірка закону розподілу Максвелла.

§100 Розподіл Больцмана.

2. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики (див. [1]).

§14.8. Швидкість газових молекул та вимірювання їх.

§14.9. Поняття про статистичний розподіл. Функція розподілу. Розподіл молекул за швидкостями (розподіл Максвелла).

§14.10. Експериментальна перевірка закону розподілу Максвелла.

§14.11. Барометрична формула. Розподіл Максвелла-Больцмана.

ОБОВ'ЯЗКОВЕ ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ №12

П.І. студента

група

1. Дев'ять частинок мають швидкості

5,00; 8,00; 12,0; 12,0; 12,0; 14,0; 14,0; 17,0 та 20,0 м/с.

Знайдіть:

- середню швидкість частинок Відповідь: _____
- середньоквадратичну швидкість частинок Відповідь: _____
- найбільш імовірну швидкість частинок Відповідь: _____

2. За допомогою розподілу Максвелла, визначити для газу, що знаходиться у стані рівноваги:

- відсоток молекул, у яких $v_x \geq 0$ Відповідь: _____
- відсоток молекул, у яких $v_x \leq 0$, $v_y \leq 0$, $v_z \geq 0$. Відповідь: _____

3. Водень (H_2) у кількості 0,5 моль знаходиться при температурі 300 К.

- Знайдіть середню швидкість молекул газу, середньоквадратичну швидкість молекул газу та найбільш імовірну швидкість молекул газу.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

- Знайдіть число молекул, швидкість яких знаходиться між 400 та 401 м/с.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

4. У першій посудині знаходиться кисень (O_2), у другій — нітроген (N_2). Якщо молекули цих газів мають однакові середньоквадратичні швидкості, то яке з нижче наведених тверджень є неправильним?

- А) Гази мають різні температури.
- Б) Температура другої посудини менша, ніж першої.
- В) Температура другої посудини більша, ніж першої.
- Г) Середня кінетична енергія молекул нітрогену нижча, ніж середня кінетична енергія молекул кисню.

Відповідь: _____

5. Ідеальний газ знаходиться при сталому тиску. Якщо температура газу зросте від 200 К до 600 К, то що як зміниться середньоквадратична швидкість його молекул?

- А) Зросте у 3 рази.
- Б) Залишиться такою самою, ;
- В) Зменшиться у 3 рази;
- Г) Збільшиться у $\sqrt{3}$ раз;
- Д) Збільшиться у 6 разів.

Відповідь: _____

6. Графічний вигляд розподілу Максвелла за модулем швидкості молекул деякого газу подано на рис. 12.1. Якщо збільшити температуру газу у два рази, то розподіл буде мати вигляд, як на рис. _____. Якщо ж цей газ замінити на інший, молекули якого у два рази важчі, то розподіл буде виглядати так, як на рис. _____.

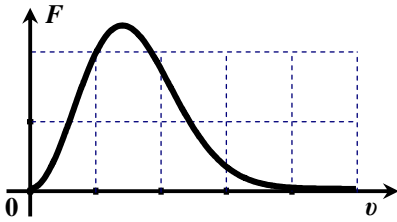
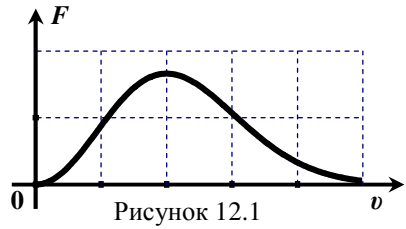


Рисунок 12.2

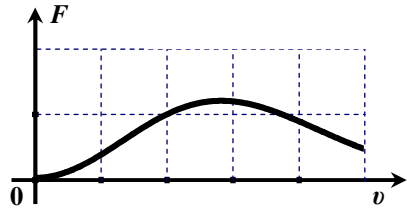


Рисунок 12.3

7. Знайти для газоподібного азоту при $T = 300\text{ K}$ відношення числа молекул з компонентами швидкості вздовж осі x в інтервалі $300 \pm 0,31\text{ м/с}$ до числа молекул з компонентами швидкості вздовж тієї ж осі в інтервалі $500 \pm 0,51\text{ м/с}$.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

ЛЕКЦІЇ 13-14. ТЕПЛОВІ ДВИГУНИ, ЕНТРОПІЯ ТА ДРУГИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ

Питання, що розглядаються

- Оборотні та необоротні процеси
- Принцип роботи теплових двигунів.
- ККД теплового двигуна.
- Другий закон термодинаміки у формулюванні Кельвіна та Планка.
- Теплові насоси і рефрижератори.
- Другий закон термодинаміки у формулюванні Клаузиуса.
- Холодильний коефіцієнт та коефіцієнт трансформації.
- Цикл Карно. Теорема Карно.
- Цикл Отто
- Ентропія як міра хаосу.
- Мікро- та макростани системи.
- Статистичне означення ентропії.
- Термодинамічне означення ентропії.
- Другий закон термодинаміки.

Рекомендовані для читання матеріали

1. Соколов Є.П. Екзаменаційна фізика (див. [3]).

П.6. Теплові двигуни.

П. Необоротність теплових процесів.

2. Савельєв І.В. Курс загальної фізики (див. [2]).

§79. Статистична фізика і термодинаміка.

§81. Стан системи. Процес.

§102. Макро- і мікростани. Статистична вага.

§103 Ентропія.

§104. Основні закони термодинаміки.

§105. Цикл Карно.

§107. Приклади на розрахунок ентропії.

3. Кучерук І.М. та ін. Загальний курс фізики (див. [1]).

§16.6. Оборотні та необоротні процеси. Колові процеси (цикли). Цикл Карно та його коефіцієнт корисної дії.

§16.7. Теплові машини.

§16.8. Другий закон термодинаміки. Теорема Карно. Поняття про ентропію. Характеристичні функції.

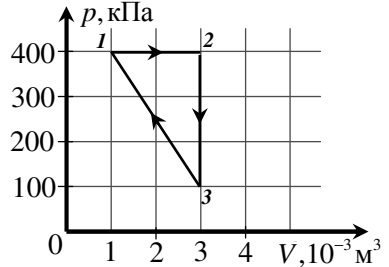
§16.9. Зв'язок ентропії з імовірністю стану системи.

ОБОВ'ЯЗКОВЕ ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ №13

П.І. студента

група

1. На рисунку зображено замкнутий цикл, що відбувався з ідеальним газом. Знайдіть роботу, виконану *над* газом, та роботу, виконану газом на різних ділянках циклу:



Ділянка циклу	Робота, виконана над газом	Робота, виконана газом
1. Ділянка 1—2		
2. Ділянка 2—3		
3. Ділянка 3—1		
4. Повний цикл 1—2—3—1		

2. ККД теплової машини становить 40 %. Робота машини складає 2 кДж.

• Яку кількість теплоти робоче тіло отримує від нагрівача? _____

• Яку кількість теплоти робоче тіло передає холодильнику? _____

3. Кількість теплоти, що отримує тепловий двигун у 4 рази більше за роботу, яку він виконує. Чому дорівнює ККД двигуна?

Відповідь: _____

4. Яку роботу виконав тепловий двигун з ККД 20%, який витратив 10 кг дизельного палива? Питома теплота згоряння дизельного палива 42 МДж/кг.

Відповідь: _____

5. Три теплових двигуни мають такі температури нагрівача та холодильника відповідно:

№1 — 1 000 К і 700 К; №2 — 800 К і 500 К; №3 — 600 К і 300 К.

Розташуйте у порядку зростання максимально можливі ККД цих двигунів.

Відповідь: _____

6. Теплова машина працює за циклом Карно, причому температура холодильника становить 300 К, а температура нагрівача — 500 К. У скільки разів збільшиться ККД такої теплової машини, якщо температура нагрівача збільшиться на 20%?

місце для розв'язку

Відповідь: _____

7. Визначте ККД циклічного процесу, що показаний на рисунку до першого завдання.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

8. У дуже спрощеній моделі газ складається всього лише з чотирьох молекул.

- Скількома способами можна розподілити ці молекули по двом половинам посудини?

Відповідь: _____

- Скільки мікростанів відповідає випадку, коли у кожній половині посудини знаходиться по дві молекули?

Відповідь: _____

9. Які з перелічених нижче процесів є незворотними?

- 1) дифузія;
- 2) розширення газу у вакуум;
- 3) теплообмін при певній різниці температур.

Відповідь: _____

10. Чи правда, що зміна ентропії у адіабатному процесі має дорівнювати нулю, оскільки $Q = 0$.

Відповідь: _____

11. Знайдіть приріст ентропії 1 кг льоду після того, як він розтане.

місце для розв'язку

Відповідь: _____

12. На скільки збільшилася ентропія 250 г води, яку повільно нагріли від $20,0^{\circ}\text{C}$ до $80,0^{\circ}\text{C}$?

Відповідь: _____

13. Ідеальний газ має початкову температуру T_1 і кінцеву — T_2 . Перший раз перехід від початкового стану до кінцевого відбувався при сталому тиску, а другий раз — при сталому об'ємі. Знайдіть:

- зміну ентропії газу у першому процесі:

Відповідь: _____

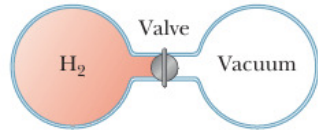
- зміну ентропії газу у другому процесі:

Відповідь: _____

- як співвідносяться між собою ці величини: $\Delta S_A > \Delta S_B$, $\Delta S_A < \Delta S_B$ чи $\Delta S_A = \Delta S_B$?

Відповідь: _____

14 Один моль водню знаходиться у лівій частині посудини (див. рис.). У правій частині — вакуум. Вважаючи газ ідеальним, дайте відповіді на такі запитання:



- Чому дорівнює зміна ентропії газу після відкриття вентилю?

Відповідь: _____

- Чи зміниться при цьому температура газу?

Відповідь: _____

15. Робоче тіло теплової машини, виконавши певну роботу у циклічному процесі, повернулося у початкове становище. Чому дорівнює зміна ентропії робочої речовини?

Відповідь: _____

.....

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Кучерук І.М. Загальний курс фізики: У 3 т.: Навч. посіб. для студ. вищ. техн. і пед. закл. освіти / І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук, П.П. Луцик; за ред. І.М. Кучерука. — Т. 1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. — К.: Техніка, 2006. — 532 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. Пособие для студ. вузов. В 3-х т. Т. 1. Механика. Колебания и волны. Молекулярная физика / И.В. Савельев.— М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1966. — 389 с.
3. Соколов Є. П. Екзаменаційна фізика. Лекції: навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.]: в 2 т. / Є. П. Соколов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – Т.1. – 184 с.

Додаткова

4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб. пособие для вузов / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М.: Высш. школа, 1989. – 607 с.
5. Зельдович Я.Б. Высшая математика для начинающих и ее приложения к физике / Я.Б. Зельдович. — М., 1968. — 576 с.
6. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова — М.: Высшая школа, 1985.— 300 с.