



**Міністерство освіти і науки України**  
**Мукачівський державний університет**  
Кафедра інженерії, технологій та професійної освіти



## **ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА:**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ ТА ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання спеціальностей  
014.15 «Середня освіта (Природничі науки)»,  
131 «Прикладна механіка»,  
182 «Технології легкої промисловості»

УДК 53(076.1)(075.8)

*Розглянуто та рекомендовано до друку  
науково-методичною радою Мукачівського державного  
університету протокол № 6 від 30 січня 2025р.*

*Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інженерії, технологій  
та професійної освіти протокол № 5 від 26 грудня 2024р.*

**Укладач:** Кабацій В.М.

**Рецензент:** Жигуц Ю.Ю., д.т.н., професор, зав. кафедри технології  
машинобудування ДВНЗ «Ужгородський національний  
університет»

**З-14**

**Загальна фізика:** Методичні вказівки до розв'язування задач та тестові завдання для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання спеціальностей 014.15 «Середня освіта (Природничі науки)», 131 «Прикладна механіка», 182 «Технології легкої промисловості» / укладач: В.М. Кабацій. – Мукачево: МДУ, 2024.– 40с. ( 1,03др. арк.)

Видання містить методичні вказівки до розв'язування задач, задачі для самоаналізу та тестові завдання з курсу «Загальна фізика». Призначено для здобувачів денної форми навчання спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки)», а також для інженерно-технічних та педагогічних фахівців інших спеціальностей.

© В.М. Кабацій, 2025  
© Мукачівський державний  
університет, 2025

# ЗМІСТ

## Вступ

### I. Модуль – 1

- 1.1. Змістовний модуль 1.1. *Механіка*
- 1.2. Змістовний модуль 2.1. *Робота та енергія в механіці*
- 1.3. Задачі для практичних занять.
- 1.4. Задачі для самоконтролю.
- 1.5. Приклади розв'язування задач.
- 1.6. Тестові завдання.

### II. Модуль – 2

- 2.1. Змістовний модуль 2.1. *Молекулярна фізика. Термодинаміка*
- 2.2. Змістовний модуль 2.2. *Колтвання та хвилі. Оптика.*
- 2.3. Задачі для практичних занять.
- 2.4. Задачі для самоконтролю.
- 2.5. Приклади розв'язування задач.
- 2.6. Тестові завдання.

### III. Модуль – 3

- 3.1. Змістовний модуль 3.1. *Електрика*
- 3.2. Змістовний модуль 3.2. *Магнетизм.*
- 3.3. Задачі для практичних занять.
- 3.4. Задачі для самоконтролю.
- 3.5. Приклади розв'язування задач.
- 3.6. Тестові завдання.

### IV. Модуль – 4

- 4.1. Змістовний модуль 4.1. *Квантова і атомна фізика*
- 4.2. Змістовний модуль 4.2. *Конденсований стан речовини*
- 4.3. Задачі для практичних занять.
- 4.4. Задачі для самоконтролю.
- 4.5. Приклади розв'язування задач.
- 4.6. Тестові завдання.

### V. Рекомендована література

## Вступ

У вищому навчальному закладі курс «Загальна фізика» є одним із основних і визначальних як для всього процесу навчання, так і подальшої практичної діяльності здобувачів та належить до дисциплін циклу природничо-наукової та загальноєкономічної підготовки і забезпечує вивчення загальнонаукових та спеціальних дисциплін.

Основою метою методичних вказівок до розв'язування задач, задач для самоаналізу та тестові завдання є така теоретична та практична підготовка здобувачів спеціальності 014.15 «Середня освіта (Природничі науки)» за допомогою якої б вони могли детально засвоїти основні фізичні закономірності, а також пройти високоякісну практичну підготовку.

Теоретичний матеріал і практична робота повинні поглибити їхні знання та розуміння фізичних явищ з позицій сучасної фізики, показати взаємозв'язок різних галузей фізики (науки і техніки) незалежних на перший погляд, але з'єднаних між собою і скласти єдину картину світу.

Опрацювання методичних вказівок до розв'язування задач забезпечить формування у здобувачів системи компетентностей, які є критеріями оцінки якості знань з курсу «Загальна фізика»:

### **Загальні компетентності:**

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

ЗК 6. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 10. Здатність проводити дослідження на сучасному науковому рівні.

### **Фахові компетентності:**

ФК 2. Здатність розкривати загальну структуру природничих наук на основі взаємозв'язку біологічних, географічних, екологічних, фізичних та хімічних учень про сучасну природничо-наукову картину світу.

ФК 7. Здатність чітко і логічно відтворювати основні теорії і закони природничих наук, оцінювати нові відомості та інтерпретації в контексті формування цілісної природничо-наукової картини світу.

### **Програмні результати навчання:**

РН 2. Знає та розуміє основні закони, концепції, фундаментальні природничі теорії та загальну структуру природничих наук.

РН 15. Володіє інформаційно-комунікаційними технологіями навчання.

РН 17. Застосовує знання сучасних теоретичних основ природничих наук для пояснення будови, властивостей і класифікації об'єктів природи.

Викладення принципів теоретичних та практичних питань не повинно виключати у здобувачів необхідності самостійно працювати над підручниками та іншою науковою літературою.

# I. МОДУЛЬ – 1

## 1.1. Змістовий модуль 1.1. *Механіка*

**ТЕМА 1. *Предмет та метод фізики. Основні поняття та визначення механіки.***

Вступ до курсу фізики. Основні моделі фізики. Фізичні величини та їх вимірювання. Системи одиниць СІ. Поняття простір-час. Основні теорії похибок. Методика розрахунку похибок.

**ТЕМА 2. *Кінематика поступального руху.***

Інерціальні та неінерціальні системи відліку. Кінематика матеріальної точки. Кінематика абсолютно твердого тіла.

**ТЕМА 3. *Кінематика обертального руху.***

Основні характеристики обертального руху. Кут повороту, кутова швидкість та кутове прискорення. Аналогія між характеристиками поступального та обертального руху.

**ТЕМА 4. *Динаміка поступального руху.***

Основна задача механіки. Поняття сили. Інерціальні системи відліку. Виникнення сил інерції при русі тіл по поверхні Землі. Закони Ньютона. Сила Коріоліса. Маятник Фуко. Поняття імпульсу тіла. Закон збереження імпульсу тіла. Імпульс сили.

**ТЕМА 5. *Сили в класичній механіці. Закон всесвітнього тяжіння.***

Фундаментальні та не фундаментальні сили.. Сили пружності та сили тертя і їх природа. Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційне поле. Закони Кеплера. Фізичні основи космічних польотів.

**ТЕМА 6. *Динаміка обертального руху твердого тіла.***

Поняття моменту сили відносно точки та осі. Вектор моменту сили. Основне рівняння динаміки обертального руху. Момент сили, момент імпульсу і момент інерції як аналоги сили, імпульсу і маси. Основний закон динаміки обертального руху.

## 1.2. Змістовий модуль 1. 2. *Робота та енергія в механіці*

**ТЕМА 7. *Робота та енергія в механіці.***

Робота при поступальному русі. Потужність. Поле сил. Кінетична і потенціальна енергія. Робота зовнішніх сил при обертанні тіла. Кінетична енергія обертального руху. Повна механічна енергія тіла. Закон збереження енергії в механіці. Умова рівноваги тіла.

**ТЕМА 8. *Закони збереження імпульсу і моменту імпульсу.***

Закони збереження як відображення властивостей однорідності і ізотропності простору. Центр інерції, його координата, швидкість, прискорення, рівняння руху. Реактивний рух. Закон збереження моменту імпульсу.

### ТЕМА 9. *Релятивістська механіка* .

Постулати СТВ. Перетворення Лоренца та їх наслідки, скорочення рухомих масштабів, сповільнення руху, закон складання швидкостей. Релятивістський вираз для імпульсу та енергії. Взаємозв'язок маси та енергії.

### ТЕМА 10. *Механіка суцільних середовищ.*

Поняття тиску. Гідростатичний парадокс. Закон Архімеда. Рух рідин і газів. Ламінарна та турбулентна течії. Рівняння Бернуллі. Сили опору та піднімальна сила.

## 1.3. Задачі для практичних занять

1. За який час камінь, який почав своє падіння без початкової швидкості, подолає шлях 80 м?

2. Пішохід за перші 10 хв пройшов шлях 240 м, за наступні 10 с – 18 м. Визначити швидкість руху пішохода на кожній ділянці та середню швидкість.

3. Турист пройшов 3 км на захід, а потім ще 4 км на північ. Яке переміщення здійснив турист протягом усього маршруту?

4. Дерев'яний брусок масою 2 кг тягнуть рівномірно по дерев'яній дошці, розташованій горизонтально, за допомогою пружини жорсткістю 100 Н / м. Коефіцієнт тертя дорівнює 0,3. Знайти подовження пружини.

5. Дівчинка, катаючись на каруселі, яка робить 6 обертів за 1 хв, сидить на відстані 3 м від осі обертання каруселі. Визначте період обертання та лінійну швидкість руху дівчинки.

6. Рух матеріальної точки описується рівнянням  $x=20+2t-t^2$ . Знайти імпульс точки через 4 с, вважаючи, що її маса дорівнює 4 кг.

7. Рухи двох автомобілів описуються рівняннями:  $x = 5t + 2t^2$  і  $x = 80 - 7t$ . Визначте координату і місце зустрічі тіл. Початкова швидкість першого автомобіля  $V_0=5\text{м/с}$ , прискорення  $a = 4\text{м/с}^2$ .

8. Рівняння обертання твердого тіла  $\varphi = 3t^2 + t$ . Визначити число обертів, кутове прискорення через 10 с після початку обертання.

9. Тіло обертається рівномірно з початковою швидкістю  $5\text{ с}^{-1}$  і кутовим прискоренням  $1\text{ с}^{-1}$ . Скільки обертів зробить тіло за 10 с ?

10. М'яч, кинутий під кутом  $30^\circ$  до горизонту з висоти 5 м, упав на землю. Визначити кінцеву швидкість м'яча і дальність польоту, якщо початкова його швидкість 22 м/с.

11. У скільки разів зменшиться сила тяжіння ракети на висоті 2000 км від поверхні Землі ?

12. Штучний супутник Землі рухається по круговій орбіті на висоті 300 км відносно поверхні Землі. Знайти доцентрове прискорення, з яким супутник рухається по орбіті.

13. Тролейбус масою 12 тон рушає з місця з прискоренням  $1,5\text{ м/с}^2$ . Якої кінетичної енергії набуває тролейбус на перших 20 м шляху?

14. Момент сили, яка діє на тіло,  $9,8\text{ Н}\cdot\text{м}$ . Через 10 с після початку обертання тіло досягло кутової швидкості  $4\text{ с}^{-1}$ . Знайти момент інерції тіла.

15. Тіло рухалось з швидкістю 3 м/с. Потім на протязі 5 с на нього діяла сила в 4 Н. За цей час кінетична енергія збільшилася на 100 Дж. Знайти швидкість тіла в кінці дії сили та його масу.

#### 1.4. Задачі для самоконтролю

1. Матеріальна точка рухається по колу діаметром 40 м. Залежність шляху від часу руху точки визначається рівнянням  $s = t^3 + 4t^2 - t + 8$ . Визначити шлях, швидкість, нормальне, тангенціальне і повне прискорення рухомої точки за 4 с після початку руху.

2. Рівняння обертання твердого тіла  $\varphi = 3t^2 + t$ . Визначити число обертів, кутове прискорення через 10 с після початку обертання.

3. Камінь кинуте з вишки в горизонтальному напрямку з швидкістю 20 м/с. Визначити швидкість, тангенціальне і нормальне прискорення каменя в кінці другої секунди після початку руху.

4. Найбільша висота підйому тіла, кинутого під кутом до горизонту з швидкістю 20 м/с, дорівнює 10 м. Під яким кутом воно кинуте ?

5. З башти висотою 49 м в горизонтальному напрямку кинуте важке тіло з швидкістю 5 м/с. Визначити тангенціальне і нормальне прискорення тіла в точці, яке відповідає половині всього часу падіння тіла. Визначити, на якій відстані від башти воно впало.

6. Під яким кутом до горизонту потрібно кинути тіло з швидкістю 20 м/с, щоб шлях польоту був у чотири рази більший висоти підйому ?

7. Сальний шарик масою 1 г упав з висоти 1 м на сталюну плиту і підскочив після удару на 0,8 м. Визначити зміну кількості руху шарика.

8. З скали висотою 19,6 м в горизонтальному напрямку кинули камінь з швидкістю 36 км/год. Визначити кінетичну і потенціальну енергії каменя через 1,25 с після початку руху. Маса каменя 100 г. Опором повітря нехтувати.

9. Під кутом  $40^\circ$  до горизонту був кинутий м'яч масою 150 г з швидкістю 72 км/год. Знайти його кінетичну і потенціальну енергії через 2 с після початку польоту, а також у вищій точці траєкторії. Опором повітря нехтувати.

10. Тіло масою 2 кг, яке рухається з швидкістю 10 м/с, зустрічається з нерухомим тілом масою 3 кг. Вважати удар центральним і не пружним, знайти кількість теплоти, яка виділяється при ударі.

11. Поїзд піднімається вгору з постійною швидкістю 36 км/год. Уклон гори 1 м на 1000 м шляху. Коефіцієнт тертя 0,0002. Визначити, з якою швидкістю буде рухатись поїзд по горизонтальному шляху при тій же потужності двигуна.

12. Молот масою 600 кг падає з висоти 3 м, забиває стержень в деталь. Знайти середню силу опору, якщо при кожному ударі стержень входить в деталь на глибину 6 см. Удар вважати абсолютно не пружним.

13. Стальний шарик масою 20 г упав з висоти 1 м на плиту, передав їй імпульс сили, рівний 0,17 Н·с. Знайти висоту, на яку після удару піднявся шарик і кількість теплоти, яка виділяється після удару.

14. По похилій площині вгору котиться без ковзання суцільний обруч. Йому надана початкова швидкість 3,14 м/с, паралельно похилій площині. Встановити, який шлях пройде обруч, якщо кут нахилу площини  $30^\circ$ .

15. Циліндр масою 5 кг котиться без ковзання з постійною швидкістю 14 м/с. Визначити: 1) кінетичну енергію циліндра; 2) через який час циліндр зупиниться, якщо сила тертя 50 Н.

16. Момент сили, яка діє на тіло 9,8 Н·м. Через 10 с після початку обертання тіло досягло кутової швидкості  $4 \text{ с}^{-1}$ . Знайти момент інерції тіла.

17. Тіло рухалось з швидкістю 3 м/с. Потім на протязі 5 с на нього діяла сила в 4 Н. За цей час кінетична енергія збільшилася на 100 Дж. Знайти швидкість тіла в кінці дії сили та його масу.

18. У скільки разів швидкість руху Венери більша швидкості руху Марса навколо Сонця? Відстань від Сонця до Венери 108 млн. км., а до Марса 227,8 млн. км.

19. У скільки разів зменшиться сила тяжіння ракети на висоті 2000 км від поверхні Землі ?

20. Штучний супутник Землі рухається по круговій орбіті на висоті 300 км відносно поверхні Землі. Знайти доцентрове прискорення, з яким супутник рухається по орбіті.

## 1.5. Приклади розв'язування задач

### Приклад 1.

Тіло кинуто з початковою швидкістю  $V_0=12 \text{ м/с}$  під кутом  $\alpha = 30^\circ$  до горизонту.

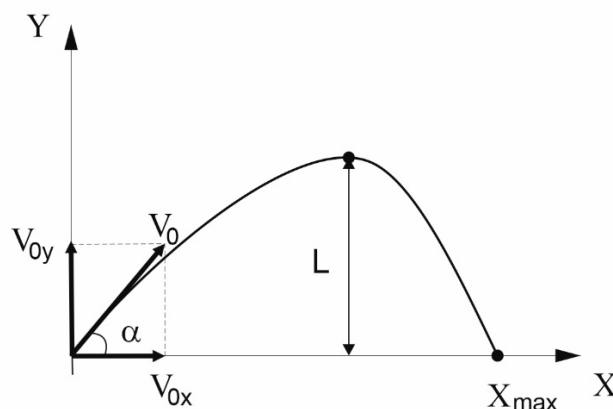
**Визначити** тривалість польоту, шлях польоту тіла. При якому значенні кута  $\alpha$  дальність польоту буде найбільшою.

### Розв'язок.

**Дано:**

$$V_0=12 \text{ м/с}, \alpha=30^\circ$$

1. Виберемо систему координат як показано на малюнку.





2. Знаходимо проекції початкової швидкості  $V_0$ :

$$V_{0x} = V_0 \cos \alpha; \quad (1)$$

$$V_{0y} = V_0 \sin \alpha. \quad (2)$$

3. Координати тіла відповідно до рівнянь руху змінюються наступним чином:

$$y = V_{0y}t + \frac{gt^2}{2} = V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}; \quad (3)$$

$$x = V_{0x}t = V_0 t \cos \alpha. \quad (4)$$

4. Час польоту  $t$  знаходимо з рівняння (3) при умові, що  $y=0$

$$V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 0.$$

Звідси

$$t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

Знаходимо дальність польоту

$$L = V_{0x}t = V_0 \cos \alpha = \frac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}.$$

Одержаний вираз набуває максимального значення при  $\sin 2\alpha = 1$  ( $\alpha = 45^\circ$ ).  
Отже

$$t = \frac{2 \cdot 12 \cdot \sin 30^\circ}{9,81} = 1,22 \text{ (с)};$$
$$L = \frac{v_0^2}{g} = \frac{12^2 \cdot \sin 60^\circ}{9,81} = 12,71 \text{ (м)};$$
$$X_{\max} = \frac{12^2}{9,81} = 14,68 \text{ (м)}.$$

**Відповідь:**  $t = 1.22 \text{ с}; L = 12.71 \text{ м}; X_{\max} = 14.68 \text{ м}.$

### Приклад 2.

Вантаж масою 700 кг падає з висоти 5 м для забивання сваї масою 300 кг. Знайти середню силу опору ґрунту, якщо в результаті одного удару свая входить в ґрунт на глибину 4 см. Удар між вантажем і сваєю вважати абсолютно не пружним.

### Розв'язок.

**Дано:**

$$m_1 = 700 \text{ кг}, h = 5 \text{ м}, m_2 = 300 \text{ кг}, S = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}.$$

**Знайти:**  $F$ .

За умовою задачі удар не пружний і тому вантаж і свая після удару рухаються разом, їх шлях  $S = 4 \text{ см}$ . На систему, яка рухається, діє сила тяжіння і сила опору  $F$  ґрунту, яку можна визначити за формулою роботи сили опору. За законом збереження енергії :

$$T+U=A, \quad (1)$$

де  $T$  – кінетична енергія,  $U$  – потенціальна енергія,  $A$  – робота сил опору, яку можна визначити за формулою

$$A=F \cdot S.$$

При рухові системи на шляху  $S$  змінюються її потенціальна і кінетична енергії:

$$U=(m_1+m_2) \cdot g \cdot S;$$

$$T=\frac{1}{2}(m_1+m_2) \cdot u^2,$$

де  $u$  – загальна швидкість вантажу і сваї після удару. Використовуючи це, формулу (1) можна записати у вигляді:

$$\frac{1}{2}(m_1+m_2) u^2 + (m_1+m_2) \cdot g \cdot S = F \cdot S.$$

Для визначення середньої сили опору знайдемо загальну швидкість вантажу і сваї, використавши закон збереження кількості руху:

$$m_1 \cdot V = (m_1+m_2) \cdot U,$$

де  $V$  – швидкість вантажу в кінці падіння його з висоти  $h$ ;  $m_1 \cdot V$  – кількість руху вантажу в момент удару у сваю;  $(m_1+m_2) \cdot U$  – кількість руху вантажу і сваї після удару.

Швидкість вантажу в кінці падіння з висоти  $h$  визначимо без врахування опору повітря і тертя:

$$V = \sqrt{2gh}.$$

Тоді загальна швидкість вантажу і сваї після удару

$$U = \frac{m_1 \sqrt{2gh}}{m_1 + m_2}$$

Визначимо середню силу опору матеріала:

$$F = \frac{m_1+m_2}{2} \cdot \frac{u^2}{s} + (m_1 + m_2)g;$$

$$F = \frac{m_1^2 gh}{(m_1+m_2)s} + (m_1 + m_2)g;$$

$$F = \frac{(700\text{кг})^2 \cdot 9,81 \cdot 5}{(700 + 300) \cdot 0,04} + (700 + 300) \cdot 9,81 = 6,11 \cdot 10^5 (\text{Н}).$$

**Відповідь:**  $F = 6,11 \cdot 10^5 \text{ Н}.$

## 1.6. Тестові завдання

**1. Які основні одиниці вимірювань Міжнародної системи одиниць (СІ) використовуються в механіці?**

- а) метр, Ньютон, секунда;
- б) метр, кілограм, секунда;
- в) кілограм, секунда, Ньютон;
- г) метр, Ньютон, Джоуль.

**2. Матеріальною точкою називається:**

- а) тіло, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати;
- б) тіло, деформацією якого в умовах даної задачі можна знехтувати;
- в) тіло, яке після припинення зовнішньої силової дії повністю відновлює свої первинні розміри і форму;

**3. Абсолютно твердим тілом називається:**

- а) тіло, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати;
- б) тіло, деформацією якого в умовах даної задачі можна знехтувати;
- в) тіло, яке після припинення зовнішньої силової дії повністю відновлює свої первинні розміри і форму;
- г) тіло, яке після припинення зовнішньої силової дії набуває масу.

**4. Тілом відліку називається:**

- а) тіло, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати;
- б) тіло, відносно якого розглядається рух;
- в) сукупність тіл;
- г) тіло, яке повністю відновлює свої первинні розміри і форму.

**5. Системою відліку називається:**

- а) тіло, розмірами якого в умовах даної задачі можна знехтувати;
- б) тіло, відносно якого розглядається рух;
- в) сукупність тіл, які повністю відновлюють свої первинні розміри і форму;
- г) сукупність тіла відліку, пов'язаної з ним системи координат і годинника, що відлічує час.

**6. Якими способами можна задавати координати тіла в просторі?**

- а) табличним, графічним та інтегральним способами;
- б) радіус вектором та диференціальним способом;
- в) координатним та натуральним способами, радіус-вектором;
- г) всіма переліченими способами.

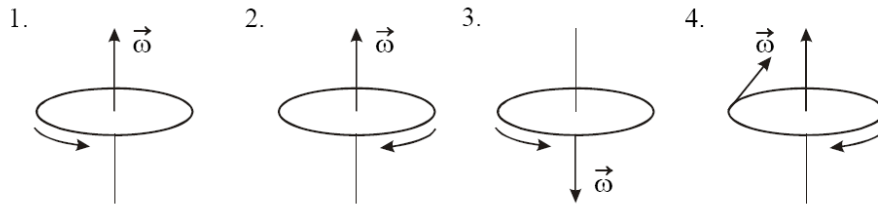
**7. Яка з формул є рівнянням рівномірного руху:**

- а)  $S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$ ; б)  $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ ; в)  $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ ; г)  $S = vt$

**8. Яка з формул є рівнянням рівноприскореного руху:**

- а)  $S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$ ; б)  $S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ ; в)  $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ ; г)  $S = vt$

**9. Матеріальна точка рухається по колу. Вкажіть напрям вектора кутової швидкості.**



**10. Тангенціальне прискорення характеризує...**

- а) зміну положення тіла в просторі;
- б) зміну швидкості за величиною і напрямом;
- в) зміну швидкості за величиною;
- г) зміну швидкості за напрямом.

**11. Нормальне прискорення характеризує...**

- а) зміну швидкості за величиною;
- б) зміну швидкості за величиною і напрямом;
- в) зміну швидкості за напрямом;
- г) зміну положення тіла в просторі.

**12. Вкажіть формулу запису другого закону Ньютона, справедливу лише тоді, коли  $m = \text{const}$ .**

- а)  $F = ma$ ;
- б)  $dp/dt = F$
- в)  $Fdt = m dv + v dt$
- г)  $F = m(dv/dt) + v(dm/dt)$

**13. Вкажіть формулу запису другого закону Ньютона, справедливу тоді, коли  $m$  змінюється.**

- а)  $F = ma$ ;
- б)  $dp/dt = F$
- в)  $Fdt = m dv + v dt$
- г)  $F = m(dv/dt) + v(dm/dt)$

**14. Що таке вага тіла:**

- а) маса тіла;
- б) сила, яка тисне на горизонтальну опору;
- в) сила тяжіння;
- г) немає правильної відповіді

**15. Імпульсом тіла називається...**

- а) добуток маси тіла на його прискорення;
- б) добуток маси тіла на його швидкість;
- в) добуток маси тіла на його об'єм;
- г) добуток сили, що діє на тіло, на час її дії.

**16. Вкажіть формулу, яка виражає основний закон динаміки обертового руху в тому випадку, якщо момент інерції системи не змінюється.**

- а)  $J\mathcal{E} = M$ ;
- б)  $dp/dt = F$
- в)  $M_i = F_i d_i$
- г)  $L_i = J\omega$

**17. Вкажіть правильне формулювання закону збереження імпульсу.**

- а) імпульс системи тіл є величина стала.
- б) повний імпульс всіх тіл, що входять в систему, не змінюється в часі.
- в) імпульс системи тіл дорівнює нулю.
- г) сумарний імпульс замкнутої системи матеріальних точок залишається сталим.

**18. Вкажіть правильне формулювання закону збереження моменту імпульсу.**

- а) момент імпульсу тіла є величиною сталою.
- б) повний момент імпульсу всіх тіл системи не змінюється з часом.
- в) момент імпульсу замкненої системи матеріальних точок залишається сталим:
- г) момент імпульсу всіх тіл системи постійно змінюється.

**19. Вкажіть формулювання закону збереження механічної енергії.**

- а) енергія системи не виникає і не зникає, вона тільки переходить від одного тіла до іншого.
- б) у неконсервативній системі тіл повна механічна енергія залишається сталою.
- в) повна механічна енергія замкненої системи тіл, між якими діють тільки консервативні сили, залишається сталою.
- г) у замкненої системі енергія всіх тіл не змінюється з часом.

**20. Потужність є:**

- а) роботою сили на ділянці шляху.
- б) роботою змінної сили за кінцевий проміжок часу.
- в) роботою, що виконано за одиницю часу.
- г) зміною кінетичної енергії тіла з часом.

## II. Модуль – 2

### 2.1. Змістовний модуль 2.1. Молекулярна фізика. Термодинаміка

**ТЕМА 1. Молекулярна будова речовини.**

Тепловий рух. Основні положення МКТ. Розмір та маса молекул. Статистичний метод. Тиск газу з точки зору МКТ. Молекулярно-кінетичний зміст температури.

**ТЕМА 2. Закон рівнорозподілу.**

Середня кінетична енергія молекул. Ступінь вільності молекул. Зв'язок теплоємності газу зі ступенями вільності. Недостатність класичної теорії теплоємності.

**ТЕМА 3. Молекулярно-кінетична теорія газу.**

Стан системи. Параметри стану. Процес. Рівняння стану ідеального газу. Основні газові закони. Зворотні і не зворотні процеси. Внутрішня енергія.

**ТЕМА 4. Явища переносу.**

Поняття про фізичну кінетику. Довжина вільного пробігу та ефективний переріз молекул. В'язкість газів. Коефіцієнт в'язкості. Явища переносу в рідині. В'язкість, дифузія, теплопровідність рідин.

**ТЕМА 5. Термодинаміка.**

Основні поняття та визначення термодинаміки. Перший принцип термодинаміки. Робота при зміні об'єму газу. Адіабатний газовий процес.

Робота в ізопроцесах. Цикл Карно та його ккд. Другий та третій принципи термодинаміки.

**ТЕМА 6. Статистичний зміст проинципів термодинаміки.**

Закон зростання ентропії. Сили і потенціальна енергія взаємодії між молекулами. Рівняння Ван-дер-Вальса і його аналіз. Критичний стан.

**Змістовий модуль 2.2. Коливання та хвилі. Оптика.**

**ТЕМА 7. Коливні процеси.**

Рівняння гармонічних коливань. Амплітуда, частота, період, фаза коливань. Швидкість, прискорення тіла, що коливається. Енергія гармонічних коливань. Математичний та фізичний маятники, періоди їх коливання. Вільні незгасаючі та згасаючі коливання. Вимушені коливання. Додавання коливань. Явище резонансу.

**ТЕМА 8. Хвильові процеси в однорідних та неоднорідних середовищах.**

Утворення та поширення механічних і електромагнітних хвиль. Основні характеристики хвиль. Хвилі. Одномірне хвильове рівняння. Рівняння хвилі. Фазова швидкість, довжина хвилі, хвильове число. Звукові хвилі. Ефект Доплера.

**ТЕМА 9. Елементи лінійної оптики.**

Поширення світла в однорідних та неоднорідних середовищах. Оптичні елементи та пристрої. Закон відбиття та заломлення світла з точки зору хвильової природи світла. Показник заломлення. Швидкість світла. Явище повного внутрішнього відбиття.

**ТЕМА 10. Оптичні явища.**

Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Інтерференція, дифракція світла. Поляризація, дисперсія світла. Звичайне та поляризоване світло. Оптично активні середовища.

**2.3. Задачі для практичних занять**

1. Суміш 40г водню і 80г неону знаходяться в посудині ємністю  $0,8\text{м}^3$  при тискові  $0,5\text{МПа}$ . Визначити температуру газу.

2. В суміші газу міститься 30% кисню і 70% гелію. Визначити густину газу при температурі  $300\text{К}$  і тискові  $0,1\text{МПа}$ .

3. Знайти число молекул в  $1\text{м}^3$  і середню кінетичну енергію поступального руху однієї молекули газу, який знаходиться під тиском  $0,2\text{МПа}$  і температурі  $127^\circ\text{C}$ .

4. Визначити масу газу в балоні ємністю 90л при температурі  $295\text{К}$  і тискові  $5 \cdot 10^5\text{ Па}$ , якщо його густина при нормальних умовах  $1,3\text{кг}/\text{м}^3$ .

5. Ідеальна теплова машина, яка працює за циклом Карно, передає холодильнику  $288\text{МДж}$  теплоти за годину. Температура нагрівника  $377^\circ\text{C}$ , холодильника  $27^\circ\text{C}$ . Визначити потужність установки.

6. Ідеальний двоатомний газ здійснює цикл, який складається з двох ізотерм і двох ізохор, причому, найбільша температура газу 500К. а найменша – 300К, найбільший об'єм 12 л, а найменший – 3 л. Знайти КПД циклу.

7. На пружині підвішене тіло масою 2 кг. Який коефіцієнт пружності, якщо тіло коливається з частотою 6 Гц?

8. Період коливання математичного маятника 10с. Довжина цього маятника дорівнює сумі довжин двох інших маятників, один із яких має частоту коливань 1/6 Гц. Чому дорівнює період коливань другого із цих маятників?

9. Чому рівна різниця фаз коливань двох точок, якщо вони віддалені одна від другої на відстані 3м і лежить на прямій, перпендикулярно фронту хвилі, а період коливань 0,02с. швидкість поширення хвилі 600м/с.

10. Початкова фаза коливання точки 15°. Через який час від початку руху зміщення точки перший раз набуде величини, рівної половині амплітуди. Період коливань 12с.

11. Знайти кутову відстань другого мінімуму на екрані в досліді Юнга, якщо екран віддалений від когерентних джерел на 1 м, а п'ятий максимум розміщений на відстані 2 мм від центру інтерференційної картини.

12. На дифракційну решітку, яка містить 600 штрихів на 1 мм, паде нормально монохроматичне світло з довжиною хвилі 0,546 мкм. Визначити зміну кута відхилення променів другого дифракційного максимуму, якщо взяти решітку з 100 штрихами на 1 мм.

13. Знайти кут між площинами поляризації двох поляроїдів, якщо інтенсивність світла, що пройшло через обидва поляроїда, зменшилась у 6,5 разів. Коефіцієнт поглинання світла в поляроїдах 0,3.

14. Знайти період дифракційної решітки, якщо в напрямі  $\varphi=35^\circ$  співпадають дві лінії неону: яскраво-червона (0,640 мкм) та зелена (0,533 мкм).

15. На щілину шириною 0,1 мм паде нормально паралельний пучок білого світла (0,4-0,8 мкм). Знайти ширину третього максимуму на екрані, який віддалений від щілини на 2 м.

## 2.4. Задачі для самоконтролю

1. Скільки молекул кисню знаходиться в посудині об'ємом 33,8м<sup>2</sup> при температурі 27<sup>0</sup>С і тискові 1,2 МПа?

2. таз займає об'єм 12 л при 100 кПа. Обчислити кінетичну енергію поступального руху молекул газу.

3. Сучасні прилади допускають розрідження газу до 1,33 нПа. Скільки молекул знаходиться в 1 см<sup>3</sup> такого газу при 17<sup>0</sup>С? знаходиться при температурі 400К?

4. Обчислити середню довжину і середню тривалість вільного пробігу молекул кисню при температурі 300<sup>0</sup>К і тискові 10,2 Па.

5. При якому тискові довжина вільного пробігу молекул водню, який знаходиться при температурі 127<sup>0</sup>С, дорівнює 0,1 мм, якщо при нормальних

умовах він складає  $1,6 \cdot 10^{-7}$  м?

6. Вуглекислий газ, який знаходиться при температурі 450К і тискові 0,5Мпа, розширяється адіабатно до потрібного об'єму. Знайти температуру і тиск газу після розширення.

7. Ідеальна теплова машина, яка працює за циклом Карно, передає холодильнику 288 МДж теплоти за годину. Температура нагрівника  $377^{\circ}\text{C}$ , холодильника  $27^{\circ}\text{C}$ . Визначити потужність установки.

8. Швидкість звуку в кисні при деякій температурі 640м/с. Визначити швидкість звуку, в гелії при тій же температурі газу.

9. Знайти ефективний діаметр молекули  $\text{CO}_2$ , якщо його критична температура  $31^{\circ}\text{C}$  і критичний тиск 73 атм.

10. На пружині підвішено тіло масою 2 кг. Який коефіцієнт пружності, якщо тіло коливається з частотою 6 Гц?

11. Монохроматичне світло з довжиною хвилі 0,5750 мкм паде нормально на дифракційну решітку з періодом 2,4 мкм. Визначити найбільший порядок спектру та загальне число головних максимумів у дифракційній картині.

12. Постійна дифракційної решітки дорівнює 2,8 мкм. Визначити найбільший порядок спектру для червоної лінії з довжиною хвилі  $7 \cdot 10^{-7}$  м, загальне число максимумів і кут відхилення останнього максимуму для одержаної дифракційної картини.

13. Визначити відношення площ зон і різницю радіусів п'ятої і шостої зон Френеля для плоского хвильового фронту з довжиною хвилі 0,5 мкм, якщо екран розташований на відстані 1м від фронту хвилі.

14. Природне світло падає на діелектрик під кутом повної поляризації. Знайти показник заломлення діелектрика, якщо інтенсивність заломленого променя складає 91,7% інтенсивності природного світла.

15. Два захисних шари, однакової товщини послаблюють інтенсивність монохроматичного світла. Перший шар послаблює інтенсивність у два рази при коефіцієнті поглинання  $0,05 \text{ см}^{-1}$ . Другий шар послаблює інтенсивність у п'ять разів. Який коефіцієнт лінійного поглинання цього шару ?

## 2.5. Приклади розв'язування задач

### Приклад 1.

В резервуарі об'ємом  $1,2 \text{ м}^3$  знаходиться суміш 10 кг азоту і 4 кг водню при температурі 300 К.

**Визначити** тиск і молекулярну масу суміші газів.

### Розв'язок

**Дано:**

$V=1,2 \text{ м}^3$ ,  $m_1=10 \text{ кг}$ ,  $\mu_1= 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ,  $m_2 = 4 \text{ кг}$ ,  $\mu_2 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ,  
 $T = 300 \text{ К}$ .

Для розв'язування задачі використаємо рівняння Клапейрона-Менделєєва, використавши його для азоту і водню:



$$p_1 \cdot V = m_1 \cdot R \cdot T / \mu_1; \quad (1)$$

$$p_2 \cdot V = m_2 \cdot R \cdot T / \mu_2, \quad (2)$$

де  $p_1$  – парціальний тиск азоту;  $m_1$  – маса азоту;  $\mu_1$  – молекулярна маса азоту;  $V$  – об'єм резервуара;  $T$  – температура газу;  $R = 8,31$  Дж/(моль·К) – молярна газова постійна;  $p_2$  – парціальний тиск водню;  $\mu_2$  – молярна маса водню.

Під парціальним тиском  $p_1$  і  $p_2$  розуміємо той тиск, який спричинював би газ, якщо він один знаходився в посудині.

За законом Дальтона тиск суміші:

$$p = p_1 + p_2 \quad (3)$$

З рівняння (1) і (2) виразимо  $p_1$  і  $p_2$  і підставимо в рівняння (3):

$$p = \frac{m_1 RT}{\mu_1 V} + \frac{m_2 RT}{\mu_2 V} = \left( \frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) \frac{RT}{V} \quad (4)$$

Знаходимо молярну масу суміші газів за формулою:

$$\mu = (m_1 + m_2) / (n_1 + n_2), \quad (5)$$

де  $n_1$  – кількість молей азоту;  $n_2$  – кількість молей водню.

Кількість молей азоту і водню  $n_1$  і  $n_2$  знаходимо за формулою:

$$n_1 = m_1 / \mu_1 \quad (6)$$

$$n_2 = m_2 / \mu_2 \quad (7)$$

Підставивши (6) і (7) в (5), знайдемо

$$\mu = \frac{m_1 + m_2}{m_1 / \mu_1 + m_2 / \mu_2} \quad (8)$$

Підставивши числові значення у формули (4) і (8), одержимо:

$$p = \left( \frac{10}{28 \cdot 10^{-3}} + \frac{4}{2 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot \frac{8,31 \cdot 300}{1,2} = 4,9 \cdot 10^4 \text{ Па};$$

$$\mu = \frac{10 + 4}{\frac{10}{28 \cdot 10^{-3}} + \frac{4 \text{ кг}}{2 \cdot 10^{-3}}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ (кг/моль)}$$

**Відповідь:**  $p = 4,9 \cdot 10^4$  Па ;  $\mu = 6 \cdot 10^{-3}$  (кг/моль).

## Приклад 2.

Ідеальна теплова машина, яка працює за циклом Карно, здійснює за один цикл роботу  $1,5 \cdot 10^5$  Дж. Температура нагрівника 400К, температура холодильника 260К.

**Знайти** К.К.Д. машини, кількість теплоти, яку одержує машина за один цикл від нагрівника, і кількість теплоти, яку віддає за один цикл холодильнику.

## Розв'язок

**Дано:**

$A = 1,5 \cdot 10^5$  Дж;  $T_1 = 400$  К;  $T_2 = 260$  .

**Знайти:**  $\eta$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$ .

К.К.Д. циклу Карно визначається формулою:

$$\eta = (T_1 - T_2) / T_1, \quad (1)$$

де  $T_1$  – температура нагрівника;  $T_2$  – температура холодильника.

З другого боку, термічний К.К.Д. виражається формулою:

$$\eta = A / Q_1, \quad (2)$$

де  $A$  – робота, виконана робочим тілом теплової машини;  $Q_1$  – теплота, одержана від нагрівника. З (1) і (2) маємо:

$$Q_1 = A / \eta = A T_1 / (T_1 - T_2) \quad (3)$$

Робота, виконувана робочим тілом теплової машини, визначається різницею одержаної від нагрівника теплоти  $Q_1$  і відданого холодильнику теплоти  $Q_2$ :

$$A = Q_1 - Q_2. \text{ Звідси } Q_2 = Q_1 - A, \text{ або з урахуванням} \quad (3)$$

$$Q_2 = A T_1 / (T_1 - T_2) - A = A T_2 / (T_1 - T_2) \quad (4)$$

Підставимо числові значення в (1), (3) і (4), знаходимо:

$$\eta = (400 \text{ К} - 260 \text{ К}) / 400 \text{ К} = 0,35 = 35\%;$$

$$Q_1 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж} \cdot 400 \text{ К} / (400 \text{ К} - 260 \text{ К}) = 430 \text{ кДж.}$$

$$Q_2 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Дж} \cdot 260 \text{ К} / (400 \text{ К} - 260 \text{ К}) = 280 \text{ кДж.}$$

**Відповідь:**  $\eta = 35\%$ ;  $Q_1 = 430 \text{ кДж}$ ;  $Q_2 = 280 \text{ кДж}$ .

### Приклад 3.

На дифракційну решітку з періодом 2 мкм нормально падає світло від розрядної трубки, наповненої гелієм.

**Знайти:**

1) яку різницю довжин хвиль може розрішити ця решітка в області червоних променів ( $\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм}$ ), в спектрі другого порядку, якщо ширина решітки 2,5 см;

2) на яку довжину хвилі в спектрі другого порядку накладається синя лінія ( $\lambda_2 = 0,447 \text{ мкм}$ ) спектра третього порядку.

**Розв'язок.**

**Дано:**

$K_2 = 2$ ;  $K_3 = 3$ ;  $l = 2,5 \text{ см} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ ;  $c = 2 \text{ мкм} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ ;  $\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм} = 7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ ;  
 $\lambda_2 = 0,447 \text{ мкм} = 4,47 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ .

**Знайти:**  $\Delta\lambda$ ,  $\lambda_3$ .

$$\text{Роздільна здатність дифракційної решітки } R = \lambda / (\Delta\lambda) = K \cdot N, \quad (1)$$

де  $N$  – загальне число щілин решітки;  $K$  – порядок спектру.

Період решітки  $c = 1/N_0$ , де  $N_0$  – число щілин на 1 м довжини. Знаючи ширину  $l$  дифракційної решітки, знаходимо число щілин решітки:

$$N = N_0 \cdot l = l / c \quad (2)$$

З формули (1) з урахуванням (2) знаходимо

$$\Delta\lambda = \lambda / (K \cdot N) = \lambda \cdot c / (K \cdot l) \quad (3)$$

$$\Delta\lambda = 7 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ м} / (2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}) = 0,28 \cdot 10^{-10} \text{ (м)}$$

Напрями на головні максимуми дифракційної решітки визначається умовою  $c \cdot \sin\varphi = K \cdot \lambda$ , де  $K = 0, 1, 2, 3, \dots$  – порядок спектру;  $\varphi$  – кут між напрямом на

дифракційний максимум і нормаллю до решітки.

При накладенні спектральних ліній виконується умова:

$$c \cdot \sin \varphi = K_2 \cdot \lambda_2; \quad c \cdot \sin \varphi = K_3 \cdot \lambda_3 \quad \text{або} \quad K_2 \cdot \lambda_2 = K_3 \cdot \lambda_3, \quad \text{звідки} \quad \lambda_3 = K_2 \cdot \lambda_2 / K_3;$$
$$\lambda_3 = 2 \cdot 4,47 \cdot 10^{-7} / 3 = 2,98 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}$$

**Відповідь:**  $\Delta \lambda = 0,28 \cdot 10^{-10}$  м;  $\lambda_3 = 2,98 \cdot 10^{-6}$  м.

#### Приклад 4.

У скільки разів збільшиться потужність випромінювання абсолютно чорного тіла, якщо максимум енергії випромінювання переміститься від червоної границі видимого спектра до його фіолетової границі?

#### Розв'язок

**Дано:**

$$\lambda_{\text{ч}} = 0,76 \text{ мкм}; \quad \lambda_{\text{ф}} = 0,38 \text{ мкм.}$$

**Знайти:**  $n = N_{\text{ф}} / N_{\text{ч}}$

Довжина хвилі, на яку припадає максимум енергії випромінювання абсолютно чорного тіла, визначається за законом зміщення Віна:

$$\lambda_{\text{макс}} = C_1 / T, \quad (1)$$

де  $T$  - температура випромінювача;  $C_1 = 2,89 \cdot 10^{-3}$  м·К – постійна закону зміщення Віна.

За формулою (1) визначаємо температуру, яка відповідає червоній і фіолетовій границям видимої області спектру:

$$T_{\text{ч}} = C_1 / \lambda_{\text{ч}}; \quad T_{\text{ф}} = C_1 / \lambda_{\text{ф}}.$$

Потужність випромінювання абсолютно чорного тіла:

$$N = Re \cdot S,$$

де  $Re$  – енергетична світимість абсолютно чорного тіла;  $S$  – площа поверхні випромінюваного тіла.

У відповідності з законом Стефана-Больцмана:

$$Re = \sigma \cdot T^4, \quad (2)$$

де  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт / (м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) – постійна Стефана-Больцмана.

Для червоної і фіолетової границь видимої області спектру:

$$N_{\text{ч}} = \sigma \cdot T_{\text{ч}}^4 \cdot S; \quad N_{\text{ф}} = \sigma \cdot T_{\text{ф}}^4 \cdot S.$$

З формул (1) і (2) маємо:

$$\frac{N_{\text{ф}}}{N_{\text{ч}}} = \frac{\sigma \cdot S (C_1 / \lambda_{\text{ф}})^4}{\sigma \cdot S (C_1 / \lambda_{\text{ч}})^4}; \quad \frac{N_{\text{ф}}}{N_{\text{ч}}} = \left( \frac{\lambda_{\text{ч}}}{\lambda_{\text{ф}}} \right)^4.$$

Відношення  $N_{\text{ф}} / N_{\text{ч}} = n$  показує, у скільки разів збільшується потужність випромінювання абсолютно чорного тіла:

$$n = (0,76 / 0,38)^4 = 16.$$

**Відповідь:** потужність випромінювання збільшиться у 16 разів.

## Тестові завдання

**1. Найменша частинка, яка є носієм властивостей хімічного елемента, називається ... :**

А) молекулою;    Б) протоном;    В) атомом;    Г) електроном.

**2. Що визначають формулою  $\nu = N/N_A$ ?**

А– кількість молекул в 1 кг речовини;  
Б– кількість молів частинок речовини;  
В– кількість бімолів частинок речовини;  
Г– кількість молів в одному кілограмові речовини.

**3. Фізична модель газу, молекули якого приймають за матеріальні точки, що не взаємодіють одна з одною на відстані та пружно взаємодіють у моменти зіткнення, називають ...**

А– матеріальним газом;    Б – рідким газом;  
В – ідеальним газом;    Г – ідеалістичним газом

**4. Яке рівняння описує наступна формула:  $p = m_0 n V^2 / 3$**

А– основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу.  
Б– основне рівняння молекулярно-теоретичної теорії ідеального газу.  
В– основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії кристалічного газу.  
Г– основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії реального газу.

**5. За допомогою рівняння Менделєєва- Клапейрона можна встановити...**

А– динамічну рівновагу  
Б– зв'язок між тиском, об'ємом та температурою  
В– тиск ідеального газу  
Г– зв'язок між енергією та температурою

**6. Ізобаричний процес відбувається при сталому параметрі...**

А– тиск    Б– об'єм    В– температура    Г– робота

**7. Броунівський рух це:**

А – тепловий рух молекул;  
Б – взаємодія молекул однієї речовини з молекулами іншої;  
В – рух одного тіла відносно іншого;  
Г – тепловий рух частинок рідини в газі.

**8. Що являє собою наступна формула:  $p = 2nE_k / 3$**

А– формула потужності ідеального газу;  
Б– формула основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу  
В– формула прискорення молекул;  
Г– формула енергії молекул газу.

**9. Ізохоричний процес відбувається при сталому параметрі...**

А– тиск    Б– об'єм    В– температура    Г– робота

**10. Найменша частинка речовини, яка має хімічні властивості цієї речовини, називається ...**

А– молекулою    Б– протоном    В– атомом    С– електроном

**11. Що визначають цією формулою :  $M = m_0 \cdot NA$  ?**

- А– масу 1 кг речовини;                    Б– масу одного моля речовини;  
В– масу, яку мають молекули чи атоми у кількості сталої (числа) Авогадро;  
С– масу, яку мають молекули чи атоми у кількості  $6,02 \cdot 10^{23}$

**12. Що являє собою наступна формула:  $p=2nEk/3$**

- А– Один із видів формули основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу;  
Б– Формула потужності ідеального газу;  
В– Формула прискорення молекул;  
Г– Формула енергії молекул газу;

**13. Температура, за якої зупиняється рух молекул..**

- А– 0 °К                                    Б– 0 °С                                    В– 273 °К                                    Г– 0°F

**14. Ізотермічний процес відбувається при сталому параметрі...**

- А– тиск                    Б– об'єм                    В– температура                    Г– робота

**15. За нормального атмосферного тиску температура кипіння води за шкалою Кельвіна дорівнює:**

- А– 100К                                    Б– 0К                                    В– 273К                                    Г– 373К

**16. Суму кінетичної і потенціальної енергії називають:**

- А– загальною енергією  
Б– механічною енергією  
В– повною енергією  
Г– внутрішньою енергією

**17. Як зміниться внутрішня енергія при кристалізації**

- А– зменшиться;                    Б– збільшиться;                    В– не зміниться;                    Г– рівна нулю.

**18. В яких одиницях вимірюють теплоємність речовини?**

- А– Дж/кг                    Б– Дж/К                    В– Дж/моль К                    Г– Дж/кгК

**19. Фізична модель газу, молекули якого приймають за матеріальні точки, що не взаємодіють одна з одною на відстані та пружно взаємодіють у моменти зіткнення, називають ...**

- А– матеріальним газом;                    Б – рідким газом;  
В – ідеальним газом;                    Г – ідеалістичним газом.

**20. Який вид теплопередачі можливий у твердих тілах?**

- А– теплопровідність;                    Б– випромінювання;  
В– конвекція;                    Г– можливі всі види теплопередачі

**21. Який вид теплопередачі неможливий у твердих тілах?**

- А– теплопровідність;                    Б– випромінювання;  
В– конвекція;                    Г– можливі всі види теплопередачі

**22. Які види теплових машин дозволяють передавати тепло від менш нагрітого тіла до більш нагрітого:**

- А– парові машини;                    Б– вічні двигуни;  
В– холодильники;                    Г– газові та парові турбіни;

23. За якою формулою можна обчислити кількість теплоти, необхідну для нагрівання тіла масою  $m$ ?

А –  $Q = r m$                       Б –  $Q = cm\Delta T$                       В –  $Q = cm$                       Г –  $Q = \lambda m$

24. Формула  $A = p(V_2 - V_1)$  справедлива для визначення роботи при...

А – ізобаричному розширенні;                      Б – ізохоричному процесі;  
В – ізотермічному розширенні;                      Г – адіабатичному розширенні

25. Для якого процесу перший закон термодинаміки має вигляд  $\Delta U = A$ ?

А – адіабатного      Б – ізобарного                      В – ізохорного      Г – ізотермічного

## МОДУЛЬ 3

### Змістовий модуль 3.1. Електрика

#### ТЕМА 1. Статичне електричне поле.

Предмет і фізичні моделі електромагнетизму. Електростатика. Закон Кулона. Діелектрики і провідники в електричному полі. Принцип суперпозиції полів. Електрична ємність. Конденсатори. Потенціал. Робота і енергія електростатичного поля.

#### ТЕМА 2. Електричний струм у металах.

Умови існування струму. Густина і сила струму. Закон Ома для ділянки кола. Е.Р.С. Закон Ома для замкнутого кола. Правила Кірхгофа.

#### ТЕМА 3. Електричний струм у рідинах і газах.

Струм у рідинах і газах. Закони Фарадея для електролітів. Електричні розряди у газах. Закон Джоуля-Ленца. Використання електричних явищ в електротехніці.

Електричне коло змінного струму. Індуктивний, ємнісний та повний опір дільниці кола змінного струму.

#### ТЕМА 4. Електромагнітні хвилі.

Хвильове рівняння електромагнітної хвилі. Основні властивості електромагнітних хвиль. Потік енергії електромагнітної хвилі. Вектор Пойнтінга.

### Змістовий модуль 3.2. Магнетизм

#### ТЕМА 5. Магнітостатика.

Індукція і напруженість магнітного поля. Закон Біо–Савара–Лапласа. Магнітна проникливість. Взаємодія провідників зі струмом. Сила Ампера.

#### ТЕМА 6. Магнітне поле в речовині.

Магнітна проникність речовини. Діа-, пара та ферромагнетика. Магнітний гістерезис. Температура Кюрі ферромагнетиків. Використання ферромагнетиків в техніці. Контур зі струмом в магнітному полі. Енергія контуру зі струмом в магнітному полі. Робота по переміщенню провідника і контуру зі струмом в магнітному полі.

### ТЕМА 7. *Рух заряджених частинок у магнітному полі.*

Сила Лоренца, Фарадея і Ленца для електромагнітної індукції. Вихрове електричне поле. Теорема Гауса. Взаємна індукція і самоіндукція. Індуктивність.

### ТЕМА 8. *Змінне електромагнітне поле.*

Вихрові струми, електроструми при вмиканні і вимиканні кіл. Взаємоіндукція. Трансформатори. Енергія магнітного поля. Взаємна індукція і самоіндукція. Магнітна індукція.

### **3.3. Задачі для проведення практичних занять**

1. Два точкових заряди, які знаходяться у воді на відстані  $l$  один від другого, взаємодіють з деякою силою. У скільки разів необхідно змінити відстань між ними, щоб вони взаємодіяли з такою ж силою у повітрі?

2. В елементарній теорії атома водню приймають, що електрон обертається навколо протона по круговій орбіті. Яка швидкість обертання електрона, якщо радіус орбіти прийняти рівним  $0,53 \cdot 10^{-10}$  м.

3. Дві кульки масами по 0,5 г підвішені на шовкових нитках довжиною по 1 м в одній точці. Кулькам надали зарядів і вони розійшлися на 4 см. Визначити заряд кожної кульки та силу електростатичного відштовхування.

4. Кульки масами 1 і 10 г заряджені. Заряд першої дорівнює  $3 \cdot 10^{-14}$  Кл, а заряд другої потрібно визначити, якщо відомо, що сила їх кулонівського відштовхування врівноважується силою взаємного тяжіння.

5. У вершинах рівностороннього трикутника із сторонами 4 см знаходяться рівні заряди по  $3 \cdot 10^{-9}$  Кл. Визначити напруженість поля в точці, яка лежить на середині сторони трикутника.

6. Куля з зарядом  $2 \cdot 10^{-6}$  Кл має потенціал 1800 В. Її опустили в керосин ( $\epsilon=2$ ). Знайти напруженість, індукцію і потенціал в точці поля, віддаленої від поверхні кулі на 10 см.

7. Два заряди  $1 \cdot 10^{-7}$  і  $1 \cdot 10^{-8}$  Кл знаходяться на відстані 40 см один від одного. Яку роботу потрібно виконати, щоб зблизити їх до відстані 15 см?

8. Конденсатор ємністю 3 мкФ зарядили до різниці потенціалів 300В, а конденсатор ємністю 2мкФ – до 200В. Після зарядки, конденсатори з'єднали паралельно. Знайти різницю потенціалів на обкладинках конденсатора після їх з'єднання.

9. Відстань між пластинами слюдяного конденсатора 2,2 мм, а площа кожної пластини  $6 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>. Пластинки притягуються з силою 0,04 Н. Визначити різницю потенціалів між пластинами та електричну ємність конденсатора.

10. Скільки електронів містить заряд пилінки з масою  $10^{-11}$  кг, якщо вона утримується в рівновазі в горизонтальному плоскому конденсаторі?

Відстань між обкладками конденсатора 1 см, різниця потенціалів на обкладках 100 В.

11. В однорідному горизонтальному магнітному полі знаходиться в рівновазі горизонтальний прямолінійний алюмінієвий провідник силою 10 А, розташований перпендикулярно до поля. Визначити індукцію поля, якщо радіус провідника дорівнює 2 мм.

12. По двом паралельним провідникам проходять струми силою 70 А і 80 А. Відстань між провідниками 1,4 см. З якою силою діють провідники на кожний метр довжини?

13. Провідник довжиною 20 см з струмом силою 10 А знаходиться у магнітному полі, індукція якого 0,03 Тл. Напрямок струму складає з напрямком індукції поля кут  $60^\circ$ . Визначити силу, яка діє на провідник.

14. Відстань між довгими паралельними провідниками зі струмом силою 5 А і 10 А дорівнює 0,16 м. Струми ідуть в протилежних напрямках. Як розташована лінія, в кожній точці якої напруженість рівна нулю? На якій відстані знаходиться ця лінія від провідника з струмом 5 А?

15. Рамка діаметром 6 см містить 100 витків. Площина витків співпадає з напрямком напруженості однорідного магнітного поля, яка рівна 15 А/м. Який обертовий момент діє на рамку при струмові в ній 10 А?

16. По двом довгим провідникам, розташованим паралельно один до одного на відстані 10 см. ідуть струми в одному напрямку силою 3,14 А і 6,28 А. Визначити напруженість поля в точці, розташованій на відстані 0,1 м від першого провідника і 0,1 м від другого.

17. Прямий довгий провідник зігнутий у виді кута, рівного  $60^\circ$ . По провіднику тече струм силою 10 А. Визначити індукцію магнітного поля при  $\mu=1$  на бісектрисі в середині кута на відстані 20 см від вершин.

18. Провідник довжиною 50 см, по якому тече струм силою 1 А, рухається з швидкістю 1,4 м/с перпендикулярно індукції магнітного поля напруженістю 20 А/м. Визначити роботу переміщення провідника за 1 год. руху.

19. Знайти силу струму, яку потрібно підтримати в соленоїді, щоб він створив магнітний потік  $2 \cdot 10^{-4}$  Вб. Індуктивність соленоїда 0,3 Гн, число витків 750.

20. В соленоїді сила струму рівномірно зростає від 0 до 50 А протягом 0,5 с, при цьому соленоїд накопичує енергію 50 Дж. Яка ЕРС індукується в соленоїді?

### 3.4. Задачі для самоконтролю

1. На кінцях провідника довжиною 3 м підтримується різниця потенціалів 1,5 В. Який питомий опір провідника, якщо густина струму  $5 \cdot 10^5$  А/м<sup>2</sup>?

2. Маємо моток мідного провідника, площею поперечного перерізу 0,1 мм<sup>2</sup>. Маса всього провідника 0,3 кг. Визначити опір провідника.

3. Яку напругу можемо дати на котушку, що має 1000 витків мідного провідника з середнім діаметром витків  $d=6$  см, якщо допустима густина струму  $j=2$  А/мм<sup>2</sup>.

4. ЕРС батареї дорівнює 18 В. ККД батареї складає 0,9 при силі струму 4,5 А. Чому дорівнює внутрішній опір батареї?



5. Обмотки електромагнітів в динамо машині виготовлена з мідної проволочки і при температурі  $10^{\circ}\text{C}$  має опір  $14,2\ \Omega$ . При роботі опір обмотки збільшився до  $16,5\ \Omega$ . Якою стала температура обмотки?

6. Електрична піч повинна випаровувати за 5 хв. 1 л води, взятої при  $20^{\circ}\text{C}$ . Якою повинна бути довжина ніхромового провідника з перерізом  $0,5\ \text{мм}^2$ , якщо піч працює під напругою  $120\ \text{В}$  і її ККД  $80\%$

7. На кінцях провідника довжиною 6 м підтримується різниця потенціалів  $120\ \text{В}$ . Який питомий опір провідника, якщо густина струму в ньому  $5 \cdot 10^{-8}\ \text{А/м}^2$ .

8. Скільки ламп потужністю по  $300\ \text{Вт}$ , призначених для напруги  $110\ \text{В}$ , можна встановити в будинку, якщо проводка від магістралі зроблена мідним проводом довжиною  $100\ \text{м}$ , і перерізом  $9\ \text{мм}^2$ , а напруга в магістралі рівна  $122\ \text{В}$ ?

9. Трамвайний вагон споживає струм  $100\ \text{А}$  при нарузі  $600\ \text{В}$  і розвиває силу тяги  $3000\ \text{Н}$ . Визначити швидкість руху трамвая на горизонтальній ділянці шляху, якщо ККД електродвигуна трамвая  $80\%$ .

10. В іонізаційній камері знаходиться аргон, потенціал іонізації якого  $15,8\ \text{еВ}$ . Яку швидкість повинен мати електрон, щоб іонізувати атом аргону?

11. Яка мінімальна швидкість електронів, які викликали іонізацію атомів неону і літію, якщо потенціали їх іонізації рівні  $21,6$  і  $5,4\ \text{еВ}$  відповідно?

12. Плоский конденсатор заряджений до різниці потенціалів  $500\ \text{В}$ , відстань між його пластинами  $5\ \text{мм}$ . Визначити об'ємну густину енергії поля конденсатора, якщо між пластинами знаходиться: 1) повітря; 2) скло.

13. Знайти число іонів, утворених при рентгенівському опромінюванні в  $1\ \text{м}^3$  повітря за  $1\ \text{с}$ , якщо плоскі електроди знаходяться на відстані  $25\ \text{см}$  один від одного, їх площа  $400\ \text{см}^2$ , струм  $8 \cdot 10^{-8}\ \text{А}$ . Іони вважати одновалентними.

14. Обмотка електромагнітна, індуктивність якої  $0,04\ \text{Гн}$ , знаходиться під постійною напругою. Протягом  $0,02\ \text{с}$  в обмотці його виділяється стільки теплоти, скільки енергії містить магнітне поле. Знайти опір обмотки

15. Максимальна енергія магнітного поля коливного контуру  $1\ \text{мДж}$  при силі струму  $0,8\ \text{А}$ . Чому дорівнює частота коливного контуру, якщо максимальна різниця потенціалів на обкладинках конденсатора  $1200\ \text{В}$ ?

16. Джерело струму, яке підключили до котушки індуктивністю  $1\ \text{Гн}$ , відключили, не розриваючи коло. За  $0,69\ \text{с}$  сила струму в колі зменшилась у  $1000$  разів. Визначити опір котушки.

17. Через  $5\ \text{мс}$  після розмикання кола сила струму в ньому зменшилась у  $5$  разів. Знайти індуктивність кола, якщо його опір  $46\ \Omega$ .

18. Замкнуте електричне коло має опір  $23\ \Omega$ . За  $10\ \text{мс}$  після розмикання кола сила струму в ньому зменшилась у  $10$  разів. Визначити індуктивність кола.

19. По колу опором  $10\ \Omega$ , індуктивністю  $0,03\ \text{Гн}$  тече струм  $10\ \text{А}$ . Знайти силу струму у колі через  $0,5\ \text{мс}$  після відключення джерела.

20. Період коливального контуру, який складається з індуктивності і ємності, складає  $10^{-5}$  с. Чому дорівнює максимальна сила струму в котушці, якщо максимальна різниця потенціалів на обкладинках конденсатора 900 В. Максимальна енергія електричного поля  $9 \cdot 10^{-4}$  Дж.

### 3.5. Приклади розв'язування задач

#### Приклад 1.

Визначити максимальну потужність, яка може виділятися у зовнішньому колі, від батареї з ЕРС 12 В, якщо найбільша сила струму яка може дати батарея, рівна 5А.

#### Розв'язок.

**Дано:**  $E=12\text{В}$ ;  $I_{\text{макс}}=5\text{А}$

**Знайти:**  $N_{\text{макс}}$

Використаємо закон Ома для замкненого кола:

$$I=E/(R+r), \quad (1)$$

де  $R$  – опір зовнішнього кола;  $r$  – внутрішній опір джерела струму.

Потужність  $N$ , яка виділяється у зовнішньому колі, визначається за формулою

$$N=I^2 R.$$

Використавши (1) маємо:

$$N=E^2 R/(R+r)^2 \quad (2)$$

Таким чином, потужність залежить від зовнішнього опору  $R$ . Потужність буде максимальною при такому значенню  $R$ , при якому перша похідна перетвориться в нуль.

Знаходимо першу похідну:

$$\frac{dN}{dR} = \frac{E^2(r^2 - R^2)}{(R + r)^4} \quad (3)$$

Із (3) видно, що  $\frac{dN}{dR} = 0$  при  $R= r$ . Визначимо  $r$ .

Максимальний струм виникне при короткому замиканні кола, тобто коли зовнішній опір  $R= 0$ . Виходячи з цього,  $U_{\text{макс.}} = E / r$ , звідки  $r = E / U_{\text{макс.}}$ , а значить

$$R = E / U_{\text{макс.}} \quad (4)$$

Підставив (4) в (2) і виконав перетворення, одержимо

$$N_{\text{макс.}} = E \cdot U_{\text{макс.}} / 4.$$

Підставляючи відповідні числові значення одержимо

$$N=12 \cdot 5 / 4 = 15 \text{ (Вт)}$$

**Відповідь:**  $N=15\text{Вт}$ .

### Приклад 2.

Густина теплової потужності струму у ніхромовому провіднику рівна  $1,1 \cdot 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ .

**Визначити** густину електричного струму.

### Розв'язок

**Дано:**  $W = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ .

**Знайти**  $j$  – ?

Для розв'язування задачі використаємо закони Ома і Джоуля-Ленца у диференціальній формі:

$$j = \sigma \cdot E; \quad (1)$$

$$W = jE^2, \quad (2)$$

де  $j$  – густина струму;  $E$  – напруженість поля;  $\sigma$  – питома провідність;  $W$  – тепла провідність у провіднику.

Питома провідність пов'язана з питомим опором  $\rho$  співвідношенням

$$\sigma = 1 / \rho \quad (3)$$

Виразимо  $E$  із (2) з урахуванням (3) і, підставивши  $E$  в (1) після перетворень одержимо:

$$j = \sqrt{W / \rho}$$

Значення  $\rho$  для ніхрому беремо з довідника:  $\rho = 1,1 \cdot 10^{-6}$

$$j = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-6} / 1,1 \cdot 10^{-6}} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ (А/м}^2\text{)}$$

Відповідь:  $j = 1 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$ .

### Приклад 3.

Плоский контур площею  $4 \text{ см}^2$  розташований паралельно однорідному магнітному полю напруженістю  $10^4 \text{ А/м}$ . По контуру короткочасно пропустили струм  $2 \text{ А}$ , і контур розпочав вільно обертатись. Вважаючи умовно на початку руху силу струму і обертовий момент незмінним, визначити кутове прискорення контуру, момент інерції якого  $10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

### Розв'язок.

**Дано:**

$S = 4 \text{ см}^2 = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ;  $H = 10^4 \text{ А/м}$ ;  $I = 2 \text{ А}$ ;  $I = 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{Г} \cdot \text{м}^2$ ;

$M_0 = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ Гн/м}$ .

**Знайти:**  $E$ .

На контур із струмом в магнітному полі діє обертовий момент:

$$M = B \cdot I \cdot S \cdot \sin \alpha, \text{ де}$$

$B$  – індукція магнітного поля;  $I$  – сила струму в контурі;  $S$  – площа контуру;  $\alpha$  – кут між напрямом нормалі до площини контуру та індукцією поля.

Магнітний момент контуру  $M_m = I \cdot S$ . За умовою задачі площа рамки співпадає з напрямком індукції поля. На рамку діє максимальний обертовий момент при ( $\alpha = 90^\circ$ )

$$M_{\text{оберт.}} = B \cdot M_m \quad (1)$$

Інерція  $V$  пов'язана з напруженістю поля  $H$  співвідношенням

$$V = \mu \cdot \mu_0 \cdot H,$$

де  $\mu$ –магнітна проникливість середовища (для повітря  $\mu = 1$ );  $\mu_0$ –магнітна постійна.

Тому (1) запишемо у вигляді:

$$M_{\text{оберт.}} = \mu_0 \cdot H \cdot M_m \quad (2)$$

Закон динаміки обертового руху виражається рівнянням:

$$M = J \cdot \varepsilon \quad (3)$$

де  $J$ –момент інерції тіла (у даному випадку –рамки);  $\varepsilon$ –кутове прискорення.

З виразів (2) і (3) знаходимо:

$$\varepsilon = \mu_0 \cdot H \cdot M_m / J$$

Підставляємо числові значення:

$$\varepsilon = \frac{1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^{-4}}{10^{-6}} = 10,1 \text{ c}^{-2}$$

**Відповідь:**  $\varepsilon = 10,1 \text{ c}^{-2}$ .

### 3.6. Тестові завдання

**1. Місця магніту, де магнітна дія виявляється найсильнішою, називають ...:**

- А– полюсами магніту                      Б– середньою лінією магніту  
С– магнітними лініями                    Д– лініями магнітного поля

**2. Однойменні магнітні полюси двох магнітів ...**

- А– притягуються;    Б– відштовхуються;    С– не взаємодіють;    Д– не існують

**3. Навколо будь-якого провідника зі струмом не існує магнітного поля.**

- А– так    Б– ні    С– не завжди    Д– не впевнено

**4. Якщо в котушці електромагніту збільшити силу струму, то магнітна дія електромагніту ...**

- А– зменшиться;    Б– збільшиться;    С– не зміниться;    Д– дорівнює нулю

**5. Напрямок сили Ампера визначають за правилом .....**

- А– лівої руки    Б– правої руки    С– амперметром    Д– вольтметром

**6. Одиниці вимірювання індукції магнітного поля**

- А– Тесла    Б– Вольт    С– Ампер    Д– Ньютон

**7. Одиниці вимірювання потоку магнітного поля**

- А– Ампер    Б– Вебер    С– Вольт    Д– Ньютон

**8. Якщо збільшити кількість витків у котушці електромагніту, то його магнітна дія**

- А– зникне    Б– послабиться    С– не зміниться    Д) не залежить від витків

**9. Якщо напрям струму в провіднику і напрям силових ліній магнітного поля збігаються, то**

А– магнітне поле не діє на провідник

Б– магнітне поле діє на провідник, компенсуючи при цьому дію сили тяжіння Землі

С– магнітне поле максимально діє на провідник

Д– магнітне поле діє на провідник, компенсуючи при цьому дію сили тяжіння Марсу

**10. Уявні замкнені лінії, які виходять з північного полюса магніту й входять у південний, замикаючись усередині магніту, називають ...**

А– полюсами магніту

Б– середньою лінією магніту

С– магнітними лініями

Д– лініями магнітного поля

**11. Різнойменні магнітні полюси двох магнітів ...**

А– притягуються Б– відштовхуються С– не взаємодіють Д– не існують

**12. Навколо будь-якого провідника зі струмом не існує магнітного поля.**

А– не існує

Б– не впевнено

С– не завжди

Д– існує

**13. Якщо в котушці електромагніту збільшити кількість витків, то магнітна дія електромагніту ...**

А– зменшиться Б– збільшиться С– не зміниться Д– дорівнює нулю

**14. Індукційний струм визначають за правилом .....**

А– лівої руки Б– правої руки С– амперметром Д– вольтметром

**15. Укажіть, що саме утвориться, якщо постійний магніт розламати навпіл.**

А– два окремі різнойменні полюси

Б– Два окремі однойменні полюси

С– два магніти

Д– два ненамагнічені шматки металу

**16. Механічна хвиля ...**

А– переносить енергію

Б– переносить речовину

С– може поширюватися у вакуумі

Д– має скінченну швидкість

**17. Джерелом механічної хвилі є:**

А– поле

Б– пружне середовище

С– тіло яке коливається

Д– мотузка

**18. Хвильовий рух супроводжується:**

А– перенесенням речовини

Б– перенесенням енергії

С– напрямленим рухом частинок повітря

Д– перенесенням маси

**19. Процес поширення коливань у середовищі з плином часу – це**

А– довжина хвилі

Б– механічна хвиля

С– період хвилі

Д– фронт хвилі

**20. При переході механічної хвилі з одного середовища в інше змінюється...**

А– довжина хвилі

Б– період хвилі

С– частота хвилі

Д– циклічна частота хвилі

**21. Коливання, які відбуваються під дією внутрішніх сил коливальної системи, називаються ...**

- А– вільними  
Б– вимушеними  
С– автоколиваннями  
Д– незатухаючими

**22. Якої частоти механічну хвилю людина сприймає, як звук?**

- А– 3Гц  
Б– 300Гц  
С– 30кГц  
Д– 300кГц

**23. Від чого не залежить період коливань математичного маятника?**

- А– довжини нитки  
Б– маси тіла  
С– амплітуди коливань  
Д– прискорення

**24. За якою формулою знаходять довжину хвилі?**

Варіанти відповідей:

- А–  $\lambda = v \cdot T$   
Б–  $\lambda = \vartheta \cdot T$   
С–  $\lambda = \vartheta \cdot v$   
Д–  $\lambda = v \cdot \omega$

**25. Які з видів електромагнітних хвиль мають бактерицидну дію?**

Варіанти відповідей:

- А– ультрафіолетові  
Б– інфрачервоні  
С– видиме світло  
Д– ультракороткі

**26. Яка швидкість поширення електромагнітних хвиль у вакуумі?**

- А– 300 км/хв  
Б– 30 000 км/с  
С– 300 000 км/с  
Д– 3 000 000 км/с

**27. Які одиниці вимірювання ємності конденсатора та індуктивності котушки?**

- А– Тл, Гн  
Б– Ф, Вб  
С– В, А  
Д– Ф, Гн

**28. Хто створив теорію електромагнітного поля?**

- А– Д. Максвелл  
Б– Х.Гюйгенс  
С– І. Ньютон  
Д– Г. Герц

**29. Чому в метро радіоприймач замовкає?**

- А– заважає руху поїздів  
Б– Е-М хвилі поглинаються Землею  
С– збільшується дальність від радіостанції  
Д– поверхня Землі відбиває Е-М хвилю

**30. З якою метою для передачі електроенергії на великі відстані напругу значно підвищують?**

- А– тому, що це міжнародний стандарт  
Б– щоб зменшити втрати енергії  
С– так історично склалося  
Д– електричні проводи працюють при високих напругах

## МОДУЛЬ – 4

### Змістовий модуль 4.1. *Квантова і атомна фізика*

#### ТЕМА 1. *Квантова природа випромінювання.*

Характеристики і закони теплового випромінювання. Квантова гіпотеза і формула М. Планка. Стала Планка як фундаментальна константа, квант дії. Закон Енштейна. Зовнішній фотоефект. Ефект Комптона. Тиск світла.

#### ТЕМА 2. *Корпускулярно-хвильовий дуалізм.*

Гіпотеза де Бройля. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Квантування фізичних величин.

#### ТЕМА 3. *Ядро атома*

Склад і квантові характеристика атомного ядра. Досліди Резерфорда. Постулати Бора. Ядерні сили. Моделі ядра. Радіоактивний розпад. Ядерні та термоядерні реакції. Фундаментальні взаємодії.

#### ТЕМА 4. *Елементарні частинки*

Склад і класифікація елементарних частинок. Взаємні перетворення елементарних частинок. Сучасна фізична картина світу.

### Змістовий модуль 4.2. *Конденсований стан речовин*

#### ТЕМА 5. *Квантова теорія твердого тіла.*

Будова кристалів. Квантові статистики. Теорія теплопровідності кристалів. Елементи зонної теорії кристалів. Точкові і лінійні дефекти в реальних кристалах.

#### ТЕМА 6. *Аморфний стан речовини.*

Структура кристалів та експериментальні їх дослідження. Акустичні і оптичні коливання кристалічної ґратки. Дефекти в кристалах. Теплоємність кристалів.

#### ТЕМА 7. *Напівпровідники.*

Напівпровідники. Контактні та термоелектричні явища. *P-n* перехід. Температурна залежність провідності напівпровідників.

#### ТЕМА 8. *Напівпровідникові прилади.*

Робота напівпровідникових приладів. Вплив зовнішніх факторів на роботу напівпровідників. Оптиелектронні елементи. Сучасні досягнення мікро- та нано- електроніки для створення енерго- та ресурсозберігаючих приладів і пристроїв.

### 4.3. *Задачі для проведення практичних занять*

1. Знайти найбільшу і найменшу довжини хвилі спектра атома водню серії Бальмера.

2. При переході електрона в атомі водню з збудженого стану в основний радіус Боровської орбіти електрона зменшився у 25 разів. Визначити довжину

хвилі випроміненого фотона.

3. Обчислити кінетичну енергію електрона, вибитого з другого енергетичного рівня атома водню фотоном, довжина хвилі якого 0,2 мкм.

4. Атом водню знаходиться у збудженому стані з головним квантовим числом 3. Падаючий фотон вибиває з атома електрон, надаючи йому кінетичну енергію 2,5 еВ. Обчислити енергію падаючого фотона.

5. Протон рухається з швидкістю  $1 \cdot 10^7$  м/с. Визначити довжину хвилі де Бройля протона.

6. Лічильник  $\alpha$ -частинок встановлений поблизу радіоактивного препарату, на початку спостережень зафіксував 132 частинки в хвилину, а через 4 доби тільки 100 частинок в хвилину. Визначити період піврозпаду радіоактивного препарату.

7. Радіоактивне ядро, яке складається з 5 протонів і 5 нейтронів, викинуло  $\alpha$ -частинку. Яке ядро утворилось в результаті  $\alpha$ -розпаду? Визначити енергію зв'язку утвореного ядра.

8. Відстань між двома найближчими сусідніми атомами кристалічної решітки свинця дорівнює 0,349 нм. Визначити параметр  $a$  – решітки і густину свинця, якщо решітка гранецентрована кубічна.

9. Визначити теплоту, необхідну для нагрівання двох молей нікеля від 20 до 30 К. Прийняти характеристичну температуру Дебая для нікеля 450 К і умову  $T \ll Q_D$  вважати виконаною.

10. Положення молекули водню і положення електрона визначені з похибкою  $10^{-7}$  м. Якою буде невизначеність в швидкості для молекули водню і електрона.

#### 4.4. Задачі для самоконтролю

1. За півроку розпалися 40% деякого вихідного радіоактивного елемента. Визначити період піврозпаду цього елемента.

2. Енергія збудженого атома водню 0,85 еВ. Обчислити довжину хвилі де Бройля електрона на цій орбіті.

3. Скільки енергії виділиться при утворенні одного грама гелію з протонів і нейтронів?

4. Знайти довжину хвилі де Бройля для протона, який пройшов різницю потенціалів 1000 кВт.

5. Визначити довжину хвилі де Бройля для  $\alpha$ -частиці, що пройшла різницю потенціалів: 1) 200В; 2) 100кВ.

6. Використовуючи співвідношення невизначеностей Гейзенберга, показати, що ядра атомів не можуть містити електронів. Вважати радіус ядра рівним  $10^{-13}$  см.

7. Визначити густину кристала неона і відстань між найближчими сусідніми атомами, якщо відомо, що решітка гранецентрована кубічна.

8. Знайти теплоту, необхідну для нагрівання кристала міді масою 50г від 15 до 25 К. Характеристичну температуру Дебая прийняти рівною 440 К і



умову  $T < Q_D$  вважати виконаною.

9. Літій має об'ємно – центровану кристалічну решітку. Відстань між двома найближчими атомами дорівнює 0,303 нм. Визначити густину літію.

10. Знайти густину хрому, якщо відомо, що кристалічна решітка об'ємно-центрована кубічна. Постійна решітка  $a = 0,288$  нм.

11. Визначити густину вольфраму (решітка об'ємно–центрована кубічна), якщо відстань між найближчими сусідніми атомами дорівнює 0,273 нм.

12. Визначити, як зміниться інтенсивність (вузького) пучка  $\gamma$ - променів при проходженні через екран, який складається з двох плит: алюмінієвої – товщиною 10 см і залізною – товщиною 5 см. Коефіцієнти лінійного послаблення для алюмінію  $\mu = 0,1 \text{ см}^{-1}$ , а для заліза  $\mu = 0,3 \text{ см}^{-1}$ .

13. Платина має гранецентровану кубічну кристалічну решітку. Визначити параметр  $a$ - решітки: відстань між найближчими сусідніми атомами. Густина платини  $21,45 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

14. Постійна радіоактивного розпаду для елемента  ${}_{88}^{228}\text{Ra}$  дорівнює  $3,28 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$ . Визначити, яка частина ядер цього елемента залишиться через 5 років.

15. Період напіврозпаду радіоактивного аргону  ${}_{18}^{41}\text{Ar}$  дорівнює 110 хвилин. Визначити час, протягом якого розпадеться 25% початкової кількості атомів.

#### 4.5. Приклади розв'язування задач

##### Приклад 1.

Обчислити довжину хвилі де Бройля електрона, який рухається з швидкістю  $v = 0,75 c$  ( $c$ - швидкість світла у вакуумі).

##### Розв'язок

Дано:  $v = 0,75 \cdot c$ .

Знайти:  $\lambda$ .

Довжина хвилі де Бройля для частинок визначається формулою:

$$\lambda = h/p \quad (1)$$

де  $h$  – постійна Планка;  $p$ - імпульс частинки.

При русі частинок з швидкостями, близькими до швидкості світла у вакуумі, маса частинки залежить від швидкості. Тому для імпульсу маємо:

$$p = m \cdot v, \quad (2)$$

де  $m$ - маса рухомої частинки. Залежність маси від швидкості виражається співвідношенням

$$m = m_0 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad (3)$$

де  $m_0$  – маса частинки у спокої;  $v$  – швидкість руху частинки. Підставляючи в (1) значення  $p$  і  $m$  із (2) і (3), одержимо:

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (4)$$

За умовою задачі швидкість руху електрона дорівнює  $0,75c$ . Підставимо це значення у формулу (4), маємо:

$$\lambda = \frac{h}{m_0 \cdot 0,75c} \cdot \sqrt{1 - \frac{0,75^2 \cdot c^2}{c^2}} = \frac{h}{m_0 c} \cdot \frac{1}{0,75} \sqrt{1 - 0,75^2},$$

де  $h/(m_0 c)$  – комптонівська довжина хвилі  $\lambda$ . Враховуючи це одержимо:  
 $\lambda = 0,88\lambda$ .

Знаходимо  $\lambda$  з таблиці і обчислюємо, знаючи масу електрона у спокої:  
 $\lambda = 0,88 \cdot 2,42 = 2,24$  (нм).

**Відповідь:**  $\lambda = 2,24$  нм.

### Приклад 2.

Знайти частоту і енергію фотона лінії  $K_\alpha$  характеристичного рентгенівського випромінювання від платинового антикатада.

#### Розв'язок

**Дано:**  $Z=78$ ;  $i=1$ ;  $\alpha=1$ ;  $n=2$ .

**Знайти:**  $\nu$ ,  $E$ .

За формулою Мозлі,

$$1/\lambda = R \cdot (Z - a)^2 \cdot \left[ \frac{1}{i^2} - \frac{1}{n^2} \right],$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі характеристичного випромінювання, яка дорівнює  $\lambda = c / \nu$ ;  $c$  – швидкість світла;  $\nu$  – частота, яка відповідає довжині хвилі;  $R$  – постійна Рідберга;  $Z$  – порядковий номер елемента антикатада, для платини  $Z=78$ ;  $a$  – постійна екранування;  $i$  – номер терма, на який переходить електрон, для  $K_\alpha$  – серії  $i=1$ ;  $n$  – номер терма, якого переходить електрон, для  $K_\alpha$  – серії  $n=2$ .

Замінюючи у формулі Мозлі  $\lambda$  через  $\nu$ , одержимо:

$$\nu = c \cdot R \cdot (Z - a)^2 \cdot (1/i^2 - 1/n^2),$$

$$\nu = 3 \cdot 10^8 \cdot 1,097 \cdot 10^7 \cdot (78 - 1)^2 \cdot (1/1^2 - 1/2^2) = 14,6 \cdot 10^{18} \text{ Гц.}$$

Енергію фотона визначаємо за формулою Планка:

$$E = h \nu,$$

де  $h$  – постійна Планка

$$E = 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 14,6 \cdot 10^{18} = 96,8 \cdot 10^{-16} = 60,5 \text{ кеВ.}$$

**Відповідь:**  $\nu = 14,6 \cdot 10^{18}$  Гц;  $E = 60,5$  кеВ.

## 4.6. Тестові завдання

**1. Під дією електромагнітної хвилі відбувається зовнішній фотоефект.**

**Які з нижче наведених тверджень, що характеризують цей процес, вірні?**

А– робота виходу електронів залежить від довжини хвилі, що потрапляє на катод;

Б– робота виходу це мінімальна енергія, що потрібна для виходу електрона з катоду;

В– збільшення довжини хвилі, що падає на катод, призведе до збільшення швидкості фотоелектронів, які з нього вилітають;

Г– збільшення частоти хвилі, що падає на катод, спричиняє до збільшення швидкості фотоелектронів, які вилітають.

**2. Метод спектрального аналізу:**

А– дозволяє за спектром випромінювання речовини точно визначити її кількість;

Б– дозволяє за спектром випромінювання речовини визначити її хімічний склад;

В– дозволяє визначити спектр випромінювання речовини за її хімічним складом;

Г– заснований на тому, що всі атоми одного сорту мають однакові енергетичні рівні електронів;

Д– заснований на тому, що заряди, які рухаються з прискоренням, випромінюють електромагнітні хвилі;

Е– заснований на тому, що будь-яку періодичну функцію можна подати у вигляді суми гармонічних сигналів.

Виберіть два правильні твердження з цього переліку.

**3. Явище радіоактивності полягає у тому, що**

А– важкі ядра можуть спонтанно розпадатися на декілька (два і більше) уламків - ядер елементів з меншими атомними номерами;

Б– при дуже високих температурах легкі ядра можуть зливатися, утворюючи ядро елемента з більшим атомним номером;

В– збуджене ядро може випромінювати  $\gamma$ -кванти;

Г– з нестабільного ядра можуть вилітати  $\alpha$ -,  $\beta$ - частинки та  $\gamma$ -випромінювання;

Д– перехід електрона на глибокі рівні може супроводжуватися рентгенівським випромінюванням.

#### 4. Існування ізотопів пов'язане з тим, що

- А– важкі ядра можуть спонтанно розпадатися на декілька (два і більше) уламків - ядер елементів з меншими атомними номерами;
- Б– при дуже високих температурах легкі ядра можуть зливатися, утворюючи ядро елемента з більшим атомним номером;
- В– збуджене ядро може випромінювати  $\gamma$ -кванти;
- Г– з ядра можуть вилітати  $\alpha$ - та  $\beta$ -частинки;
- Д– ядра з однаковими зарядами можуть мати різну кількість нейтронів.

**5. В ядерній реакції ізотоп  ${}^7\text{Li}$  з поглинанням протона перетворюється на ізотоп  ${}^7\text{Be}$ .**

**Яка частинка при цьому випромінюється?**

- А– протон
- Б– електрон
- В–  $\alpha$  частинка
- Г– нейтрон

#### 6. Як пов'язані між собою довжина хвилі та маса фотона?

- А– маса пропорційна квадратові довжини хвилі;
- Б– маса прямо пропорційна довжині хвилі;
- В– маса обернено пропорційна довжині хвилі;
- Г– маса пропорційна експоненті від довжини хвилі;
- Д– маса не залежить від довжини хвилі.

#### 7. Дослід Резерфорда

- А– полягав у тому, що тонку пластинку із золота бомбардували ядрами гелію;
  - Б– полягав у тому, що легенька пластинка опромінювалася потоком світла;
  - В– дозволив виміряти заряд електрона;
  - Г– дозволив запропонувати планетарну модель атома;
- Виберіть два правильні твердження з цього переліку.

#### 8. Термоядерні реакції полягають у тому, що

- А– важкі ядра можуть спонтанно розпадатися на декілька (два і більше) уламків – ядер елементів з меншими атомними номерами;
- Б– при дуже високих температурах легкі ядра можуть зливатися, утворюючи ядро елемента з більшим атомним номером;
- В– збуджене ядро може випромінювати  $\gamma$ -кванти;
- Г– з ядра можуть вилітати  $\alpha$ - та  $\beta$ -частинки;
- Д– ядра з однаковими зарядами можуть мати різну кількість нейтронів.

#### 10. Бета-частинкою називають:

- А– атом водню
- Б– атом гелію
- В– протон
- Г– електрон

**11. Інтенсивність потоку світла збільшилася вдвічі. Як зміниться енергія електронів, що вилітають з поверхні речовини під дією цього світла?**

- А– зросте вдвічі
- Б– зменшиться вдвічі
- В– не зміниться
- Г– зміниться

#### 12. Швидкість фотоелектронів залежить від...

- А– інтенсивності випромінювання
- Б– енергії падаючих фотонів
- В– кількості падаючих фотонів
- Г– швидкості падаючих фотонів

**13. Чому дорівнює маса спокою фотона?**

А– масі електрона    Б– масі нейтрона    В–масі протона    Г– нулю

**14. Термоядерні реакції полягають у тому, що**

А– важкі ядра можуть спонтанно розпадатися на декілька (два і більше) уламків - ядер елементів з меншими атомними номерами;

Б– при дуже високих температурах легкі ядра можуть зливатися, утворюючи ядро елемента з більшим атомним номером;

В– збуджене ядро може випромінювати  $\gamma$ -кванти;

Г– з ядра можуть вилітати  $\alpha$ - та  $\beta$ -частинки;

**15. Явище радіоактивності полягає у тому, що**

А– важкі ядра можуть спонтанно розпадатися на декілька (два і більше) уламків - ядер елементів з меншими атомними номерами;

Б– при дуже високих температурах легкі ядра можуть зливатися, утворюючи ядро елемента з більшим атомним номером;

В– збуджене ядро може випромінювати  $\gamma$ -кванти;

Г– з нестабільного ядра можуть вилітати  $\alpha$ -,  $\beta$ - частинки та  $\gamma$ -випромінювання;

**16. В ядерній реакції ізотоп  ${}^7_3\text{Li}$  з поглинанням протона перетворюється на ізотоп  ${}^7_4\text{Be}$ .**

**Яка частинка при цьому випромінюється?**

А– протон    Б– електрон    В–  $\alpha$  частинка    Г– нейтрон

**17. За типом хімічного зв'язку напівпровідники можна поділити на:**

А– атомні    Б– іонні    В– домішкові    Г– з валентними зв'язками між атомами

**18. У напівпровідниках вільними носіями заряду є:**

А– додатні іони    Б– електрони    В–дірки    Г– атоми

**19. Про питомий опір металів і напівпровідників можна стверджувати, що:**

А– метали мають більший питомий опір ніж напівпровідники;

Б– напівпровідники мають більший питомий опір ніж метали;

В– у більшості металів питомий опір більший ніж напівпровідників;

Г– їхні питомі опори приблизно однакові;

**20. Електропровідність твердих тіл обумовлена електронами, що перейшли з:**

А– зони провідності до валентної зони

Б– валентної зони до зони провідності

В– валентної зони до забороненої зони

Г– зони провідності до забороненої зони

**21. Який елемент потрібно додати до Германію, щоб одержати напівпровідник  $p$ - типу?**

А– Індій    Б– Арсен    В– Силіцій    Г– Фосфор

**22. Який елемент потрібно додати до Силіцію, щоб одержати напівпровідник  $n$ -типу?**

А– Індій    Б– Станум    В– Арсен    Г– Германій

**23. Концентрація дірок в ідеальному кристалі власного напівпровідника:**

А– більша за концентрацію вільних електронів;

Б– менша за концентрацію вільних електронів;

В– дорівнює концентрації вільних електронів;

Г– набагато більша за концентрацію вільних електронів;

**24. Електричний перехід між двома областями напівпровідника, одна з яких має електропровідність  $n$ -типу, а інша  $p$ -типу, називають:**

А–  $n$ - $p$ -переходом    Б–  $p$ - $n$ -переходом

В–  $n$ - $i$ - $p$ -переходом    Г–  $p$ - $n$ - $p$ -переходом

**25.  $p$ - $n$  перехід має властивості:**

А– діелектрика    Б– провідника    В– транзистора    Г– вентиля

## V. Рекомендована література

### Базова

1. Електричні вимірювання : [підруч. для студентів вищих навч. закл.] / Д. І. Блецкан, А. А. Горват, В. М. Кабацій. – Ужгород. : ВАТ «Видавництво «Закарпаття», 2008. – 400 с.

3. Кучерук, І. М. Загальний курс фізики у трьох томах : Навчальний посібник. Т.2 / І. М. Кучерук ; За ред.Кучерука І.М. – Київ : Техніка, 2001. – 452 с.

4. Горват, А. А. Методика розв'язування задач. Молекулярна фізика і термодинаміка : Навч. посібник. Реком. МОНУ для студ. ВНЗ / А. А. Горват, Ю. М. Височанський. – Ужгород : ІВА, 2006. – 160

5. Садовий, А. І. Основи фізики з задачами і прикладами їх розв'язування : Навчальний посібник / А. І. Садовий, Ю. Г. Лега. – 2-ге перероблене і доповнене. – К. : Кондор, 2010. – 384 с.

1. Богацька І.Г., Головка Д.Б., Маляренко Д.А., Ментковський Ю.Л. Загальні основи фізики. Т. 1. Механіка і молекулярна фізика., Т.2. Електродинаміка і атомна фізика. Київ, “Либідь”, 1995.

2. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф. Курс фізики. Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. Т.1. Київ: Либідь, 1997.- 287 с.

### Допоміжна

1. Король А.М., Андрияшин М.В. Фізика. Київ, Фірма «ІНКOS», 2006.

2. Трофимова Т.И. Фізика в таблицях и формулах, 2006.

Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. - М.: ОНИКС, 1990. – 1056 с.

3. Клюс І.І., Пилипів В.І. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу загальної фізики.– 4.1.– Хмельницький ХТІ,– 1993.

4. Косенко, О. Фізика у вищій школі в умовах нанореволюції / О. Косенко // Вища освіта України. – 2013. – №4. – С.59-64.
5. Берклеевский курс физики: [в 5 т.]. – М.: Наука. 1983–
6. Фейнмановские лекции по физике: [в 9 т.]. - М.: “Мир”, 1967.
7. Дущенко В.П., Кучерук І М. Загальна фізика. Фізичні основи механіки, молекулярної фізики і термодинаміки. Київ, “Вища школа”, 1993.
8. Гаркуша І. П., Горбачук І. Т., Курінний В.П., Кучерук І. М. Загальний курс фізики: Збірник задач. К.: Техніка, 2004.
9. Чолпан П.П. Основи фізики.- Київ: Вища школа, 1995.- 315 с.

#### Інформаційні ресурси

1. <http://msu.edu.ua/library/> – бібліотека МДУ
2. <http://moodle.msu.edu.ua> – віртуальне навчальне середовище Moodle

Навчально-методичне видання

**ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА:  
Методичні вказівки до розв'язування задач  
та тестові завдання**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної форми навчання спеціальностей 014.15 «Середня освіта (Природничі  
науки)», 131 «Прикладна механіка», 182 «Технології легкої промисловості»

Укладач: Кабацій В.М.

Тираж 15 пр.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до  
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції ДК № 4916 від 16.06.2015 р.

Редакційно-видавничий відділ МДУ,  
89608, м. Мукачєво, вул. Ужгородська, 26