

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

## **ФІЗИКА**

**Методичні рекомендації**  
**до самостійної роботи**  
**для слухачів підготовчого відділення**

**Харків**  
**ХНЕУ ім. С. Кузнеця**  
**2020**

УДК 53(07.034)  
Ф50

**Укладачі:** В. Г. Кобзін  
Т. Б. Белікова

Затверджено на засіданні кафедри природоохоронних технологій,  
екології та безпеки життєдіяльності.

Протокол № 1 від 21.08.2019 р.

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

**Фізика** [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до са-  
Ф50 мостійної роботи для слухачів підготовчого відділення / уклад.  
В. Г. Кобзін, Т. Б. Белікова. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. –  
58 с.

Подано методичні рекомендації до самостійної роботи з навчальної дис-  
ципліни, що спрямована на закріплення у слухачів підготовчого відділення  
знань та навичок, необхідних для їхнього ефективного використання у підготовці  
до вступного іспиту з фізики до закладів вищої освіти.

Рекомендовано для всіх слухачів – іноземних громадян підготовчого  
відділення.

**УДК 53(07.034)**

© Харківський національний економічний  
університет імені Семена Кузнеця, 2020

## Вступ

Самостійна робота з фізики – це педагогічно керований процес самостійної діяльності слухачів, що забезпечує реалізацію цілей і завдань з оволодіння необхідними компетентностями, досвіду творчої роботи та розвитку професійних інтелектуально-вольових, моральних якостей майбутнього фахівця.

Наведені рекомендації розроблені відповідно до рекомендацій з планування та організації самостійної роботи слухачів – іноземних громадян підготовчого відділення.

Формування умінь самостійної роботи слухачів – важливе завдання всіх викладачів, зокрема й для викладачів фізики.

На кожному занятті викладачеві поряд з плануванням навчального матеріалу необхідно продумувати та питання про те, які компетенції самостійної роботи отримують на занятті слухачі.

Якщо слухач навчиться самостійно вивчати новий матеріал, користуючись підручником або якимись спеціально підібраними завданнями, то буде успішно вирішена задача свідомого оволодіння знаннями. Знання, які засвоїв слухач сам, значно міцніше тих, які він отримав після пояснення викладача. І в подальшому слухач зможе самостійно ліквідувати прогалини в знаннях, розширювати знання, творчо застосовувати їх у вирішенні практичних завдань.

**Мета** наведених методичних рекомендацій – ознайомити з загальними положеннями про самостійну роботу слухачів з фізики, з методикою організації самостійної роботи слухачів у ході вивчення нового матеріалу та закріплення його на занятті, виконання дослідів і спостережень у домашніх умовах, вирішення завдань, виконанні самостійної роботи позааудиторно.

## Загальні положення про самостійну роботу слухачів навчальної дисципліни "Фізика"

Виділяють два види самостійної роботи:

- *аудиторна* – виконується на заняттях під керівництвом викладача і за його завданням;
- *позааудиторна* – виконується слухачем за завданням викладача, але без його безпосередньої участі.

Основні види аудиторної самостійної роботи слухачів під час вивчення навчальної дисципліни "Фізика":

- відповіді на проблемні питання викладача;
- формулювання питань слухачам, викладачеві;
- виконання письмових завдань, тестування;
- виконання творчих робіт;
- виступ з повідомленням за новим матеріалом;
- конспектування, робота з книгою;
- виконання лабораторних робіт.

Основні види позааудиторної самостійної роботи слухачів під час вивчення навчальної дисципліни "Фізика":

- робота з підручником;
- конспектування окремого питання вивченої теми;
- робота з довідковою літературою;
- підготовка повідомлень до виступу на семінарі;
- підготовка есе;
- складання кросвордів;
- вирішення завдань;
- виготовлення наочних посібників, приладів;
- використання інтернету.

Самостійна робота слухачів проводиться з метою:

- систематизації та закріплення отриманих знань і практичних умінь та навичок слухачів;
- поглиблення та розширення теоретичних знань;
- формування умінь використовувати спеціальну, довідкову літературу, інтернет;

- розвитку пізнавальних здібностей і активності слухачів, творчої ініціативи, самостійності, відповідальності й організованості;
- формування самостійності мислення, здібностей до саморозвитку, самовдосконалення та самореалізації;
- розвитку дослідницьких знань.

Ліміт часу для проведення самостійної роботи слухачів аудиторно відводиться викладачем безпосередньо на заняті. Для кожного виду роботи ліміт часу різний.

Час на позааудиторну самостійну роботу слухачів береться в розрахунку 30 % від усього навчального часу відведеного на вивчення дисципліни. Це становить 81 година. Аудиторна самостійна робота слухачів переважає над позааудиторною самостійною роботою.

Основною формою контролю за самостійною роботою слухачів є семінарські, практичні та лабораторні заняття, захист творчих робіт і есе на заняттях.

Контрольні роботи, що проводяться відповідно до робочої програми навчальної дисципліни, є важливим засобом перевірки рівня знань, умінь і навичок.

Масовою формою контролю є іспит.

Критеріями оцінювання результатів позааудиторної самостійної роботи слухачів є:

- рівень освоєння слухачами навчального матеріалу;
- вміння слухачів використати теоретичні знання під час вирішення завдань;
- обґрунтованість і чіткість викладу відповіді;
- оформлення матеріалу відповідно до вимог.

## **Самостійна робота слухачів під час вирішення завдань**

У процесі вивчення фізики поряд з деякими теоретичними відомостями слухачі опановують певні прийоми вирішення завдань. Зазвичай з такими прийомами знайомить сам викладач, показуючи рішення завдань нового зразку. Найбільш ефективним при цьому є такий підхід, за якого викладач розкриває перед слухачами технологію рішення завдання, показує, чим мотивоване застосування деякого методу рішення, ніж обумовлений вибір того чи іншого шляху.

Робота над завданням теж може бути повністю самостійною роботою слухачів. Вона має декілька цілей:

- продовжити формування вмінь самостійно вивчати текст, який у заданому випадку є завданням;
- навчити процесу міркування;
- навчити оформленню рішень завдань.

Неодмінною умовою засвоєння нових теоретичних відомостей та оволодіння новими прийомами вирішення завдань є виконання слухачами тренувальних вправ, у ході яких набуті знання стають повним надбанням слухачів. Як відомо, існують дві форми організації такої тренувальної роботи – фронтальна робота і самостійна робота. Фронтальна робота на уроках фізики – це традиційна, давно сформована форма. Схематично її можна описати так: один зі слухачів виконує завдання на дошці, інші виконують це саме завдання в зошитах. Самостійна робота слухачів на уроці полягає у виконанні без допомоги викладача та товаришів деякого завдання.

Великі можливості для підготовки слухачів до творчої праці та самостійного поповнення знань має самостійне виконання завдань. У цьому випадку слухач без будь-якої допомоги має намітити шляхи вирішення, правильно виконати всі побудови, перетворення, обчислення і т. п. У такому випадку думка слухача працює найбільш інтенсивно. Він набуває практичну навичку роботи в ситуації, з якою йому неодноразово доводиться стикатися в подальшій трудовій діяльності.

Водночас самостійна робота слухачів на заняттях з фізики має і свої недоліки. Зусилля слухача можуть виявитися марними, якщо він недостатньо підготовлений до вирішення поставленого завдання. Слухач не чує коментарів до вирішення, а міркування, які він проводить подумки, можуть бути не завжди правильними і досить повними, причому можливості виявити це слухач не має.

Загалом за самостійного виконання завдань розумові процеси не можуть бути проконтрольовані викладачем. Тому навіть правильна відповідь може виявитися випадковим. виправлення помилок, допущених при самостійній роботі, відбувається в ході її перевірки після закінчення всієї роботи. Тому, виконуючи вправу самостійно, слухач, який не засвоїв матеріал, може повторювати одну і ту саму помилку від завдання до завдання та мимоволі закріпити неправильний алгоритм.

## **Досліди та спостереження в домашніх завданнях з фізики**

Спостереження й експеримент є важливими методами дослідження в науковому пізнанні. Вміння ставити досліди та вести спостереження необхідні фахівцям самих різних професій.

Експеримент є засобом дослідження та використання нових приладів, машин, матеріалів, найважливішим засобом перевірки придатності технічних проектів і вдосконалення технологічних процесів. Тому формуванню у слухачів вміння вести спостереження і ставити досліди приділяється велика увага на заняттях з фізики в ХНЕУ ім. С. Кузнеця.

Організація спостережень і дослідів слухачів у процесі навчання має такі цілі: розвиток у слухачів спостережливості як риси особистості; ознайомлення слухачів з особливостями спостереження і експерименту як методом наукового дослідження – розвиток пізнавальних здібностей.

Значна частина роботи з фізики виконується слухачами вдома. Вони, користуючись записами в своїх робочих зошитах, підручником, задачником, науково-популярною літературою, вирішують завдання, викреслюють графіки та діаграми, готують есе, складають звіти до проведених лабораторних робіт. Нерідко пропонується слухачам і самостійно, за підручником, без попередніх пояснень викладача, вивчити будь – яке питання, самостійно ознайомитися з будь-якої технічної установкою.

Виконання слухачами дослідів і спостережень у домашніх умовах є важливим доповненням до всіх видів експериментальних та практичних робіт, що проводяться ними на заняттях.

Особливе значення домашні досліди і спостереження мають для розвитку пізнавального інтересу та творчих здібностей слухачів, для формування у них експериментальних умінь і навичок.

Роль домашнього експерименту та спостережень особливо велика у процесі формування понять, де необхідна опора на конкретний матеріал, на чуттєве сприйняття предметів і явищ.

Домашні досліди та спостереження, експериментальні завдання слухачі виконують охочіше і з великим інтересом, ніж інші види домашніх завдань. Їхні знання стають більш осмисленими, глибокими, підвищується інтерес до фізики і техніки. Уміння спостерігати, експериментувати, досліджувати та конструювати стають складовою частиною в підготовці слухачів до подальшого творчої праці в різних галузях виробництва.

Дидактичні цілі застосування домашніх дослідів і спостережень полягають у підвищенні якості навчання слухачів, у розвитку творчих здібностей.

Отже, домашній фізичний експеримент сприяє реалізації основних функцій: навчальної, розвиваючої, виховної, контрольної.

Навчальна функція домашніх експериментів і спостережень проявляється в тому, що вони служать засобом придбання нових знань; сприяє більш глибокому розумінню слухачами фізичних явищ, процесів, теорій; сприяє набуттю умінь і навичок у поводженні з приладами, вимірювальними інструментами, таблицями; дозволяє прищепити вміння та навички в складанні плану проведення спостережень і дослідів; розвивають навички вимірювання фізичних величин і аналізу їхнього взаємозв'язку; служать засобом практичного ознайомлення з наглядом та експериментом як методами наукового пізнання.

Розвиваюча функція полягає в тому, що домашній експеримент викликає у слухачів інтерес до фізики і техніки, розвиває здібності до винахідництва та технічної творчості.

Виховна функція домашнього експерименту дозволяє виробити уважність, спостережливість, акуратність, привчає до свідомого цілеспрямованого праці та виховує самостійність як рису особистості.

Контрольна функція полягає в тому, що дозволяє викладачеві судити про якість засвоєння знань слухачами та рівні сформованості умінь застосовувати їх на практиці, а також про розвиток пізнавальних інтересів і їхніх творчих здібностей.

На початковому етапі викладачеві фізики необхідно познайомити слухачів зі структурою та правилами виконання домашніх експериментальних завдань. З цією метою необхідно пояснити порядок виконання завдань, правила запису результатів вимірювань і спостережень; звернути увагу на мету експерименту або спостереження, на її формулювання, висновки, отримані з дослідів, їхній контроль.

На перших заняттях з фізики, коли слухачі ще не отримали необхідних умінь, доцільно дати детальний усний інструктаж, при цьому важливу роль відіграє показ прийомів виконання окремих дій і операцій.

У міру розвитку у слухачів експериментальних умінь усне інструктування скорочується і в подальшому припиняється. Викладач обмежується чітким формулюванням завдання.

Отримавши навички самостійного експериментування, слухачі можуть брати активнішу участь у плануванні проведення дослідів, у цьому випадку



досить поставити перед ними навчальне завдання, а шляхи його вирішення вони знаходять самостійно.

Найчастіше домашні експериментальні завдання проводяться для закріплення та повторення вивченого на уроці матеріалу. Цю функцію виконують експериментальні завдання, для вирішення яких усі дані слухачі отримують з дослідів і вимірювань. У таких завданнях їм пропонується не відтворення вивченого матеріалу, а застосування отриманих знань і умінь у нових ситуаціях.

Далі наведено приклади експериментальних домашніх дослідів, які можна запропонувати слухачам.

### **Завдання 1**

Покладіть на середину столу тонку дерев'яну рейку довжиною 60 – 70 см так, щоб її кінець виступив за край столу на 10 см. На рейку покладіть повністю розгорнуту газету. Якщо газета щільно прилягає до столу, то у разі різкого удару по кінцю рейки вона ламається, причому її протилежний кінець з газетою не піднімається. Поясніть дослід.

### **Завдання 2**

Зваріть яйце круто. Очистіть його від шкарлупи. Візьміть невеликий аркуш паперу (приблизно 0,5 аркуша зошита), поверніть його, підпаліть і опустіть у пляшку. Через 2 – 3 с горло пляшки накрийте яйцем і поспостерігайте, як яйце поступово буде втягуватися в пляшку. Поясніть, чому це відбувається.

### **Завдання 3**

Виріжте гумове кільце, з огляду на внутрішній і зовнішній діаметри склянки, та покладіть його на склянку. В неї опустіть шматочок палаючого паперу і через 1 – 2 с прикрийте його другою склянкою. Через кілька секунд підійміть верхню склянку, за нею підніметься і нижня. Поясніть явище. Навіщо в цьому досвіді потрібно гумове кільце?

### **Завдання 4**

Візьміть капроновий (або з іншої пластмаси) флакон, обполосніть його гарячою водою та закрийте щільно кришкою. Через деякий час спостерігається деформація флакона. Поясніть спостережуване явище.

### **Завдання 5**

Опустіть яйце в посудину, наполовину заповнену насиченим розчином солі. Воно буде плавати на поверхні. Підливайте обережно воду через лійку по стінці посудини до тих пір, поки вона не заповниться. Яйце залишиться на колишньому рівні. Чому?

### **Завдання 6**

Візьміть молочну пляшку, урівноважте на ній дерев'яну рейку довжиною 50 – 70 см, потім піднесіть до неї наелектризовану пластмасову лінійку. Рейка буде притягатися до лінійки і повертатися за нею. Чому?

### **Завдання 7**

На поверхню води покладіть два сірники. Шматком мила торкніться цієї поверхні між ними. Повторіть дослід, торкнувшись води шматочком цукру. Результати дослідів поясніть.

### **Завдання 8**

Намажте маслом горло пляшки та спробуйте відміряти з неї воду краплями. Результати дослідів поясніть.

### **Завдання 9**

На поверхню води обережно покладіть горизонтально лезо безпечної бритви. Чому лезо плаває?

### **Завдання 10**

Визначте коефіцієнт жорсткості гумової нитки та розрахуйте період коливань підвішеного на ній вантажу масою 50 г. Відповідь перевірте на досліді.

### **Завдання 11**

Підвісьте два маятника однакової довжини і, відхиливши їх у різні боки на однакову відстань, приведіть їх у рух. Яка різниця фаз коливань маятників? Чи змінюється вона з часом?

Задаючи слухачам проведення домашніх дослідів і спостережень, викладач не має забувати про контроль за виконанням цих завдань.

Обговорення результатів такої роботи є одним з важливих моментів у проведенні домашніх дослідів. Вимоги переказати зміст досліду та повідомити його результати сприяють розвитку логічного мислення слухачів, привчає їх до аналізу фактів. Тому все це разом коректує отримані результати, направляє їх на формулювання правильних висновків.

Особливістю домашніх дослідів і спостережень є те, що для їх проведення не потрібно спеціального устаткування та приладів. Необхідні предмети та матеріали є в квартирі у кожного слухача.

Під час організації домашніх дослідів і спостережень необхідно дотримуватися таких дидактичних вимог:

1. Досліди мають бути доступні за змістом і методам виконання.
2. Завдання мають будуватися на принципі суб'єктивної новизни і вимагати від слухачів оригінального підходу до постановки досліду та вирішення проблеми.

### **Заняття з використанням відеоуроків з субтитрами рідною мовою слухачів**

Головним завданням іноземних слухачів підготовчого відділення університету є вивчення української та російської мов. Тому проведення занять з фізики з використанням відеоуроків українською та російською мовами з субтитрами на рідній мові слухачів є дуже доречним.

На Youtube у вільному доступі є добре опрацьовані курси відеоуроків з фізики на російській мові з субтитрами рідною мовою слухачів. Для їхнього використання в університеті є добре технічно оснащені класи з комп'ютерами.

Досвід проведення таких видів занять показує, що слухачі, які пропускають з різних причин аудиторні заняття, можуть самостійно відпрацьовувати необхідні теми з фізики, використовуючи відеоуроки. Дуже ефективно з використанням таких відеоуроків відбувається відпрацювання різних завдань з фізики. Водночас іноземні слухачі скоріше і глибше опановують знання з української та російської мов і фізики.

# Змістовий модуль 1

## Механіка та основи молекулярно-кінетичної теорії

### Тема 1. Механіка

*Вивчення теми 1 передбачає розгляд таких питань:*

1. Основні поняття кінематики.
2. Основи динаміки.
3. Статика та динаміка рідин і газів.

**Компетентність, що набуває слухач за темою 1:** здатність обґрунтовувати використання основних законів механіки.

#### Методичні рекомендації щодо вивчення теми 1

Найпростіше рух – це механічний рух, який відбувається, як і всі інші види руху, в просторі та часі.

*Механіка складається з кінематики, динаміки та статyki.*

#### Кінематика

*Кінематика розглядає рух без вивчення причин, які його викликають.*

1. Рівномірний рух:  $s = v \cdot t$ ,  $\vec{a} = 0$ ,  $\vec{v} = \text{const}$ .
2. Рівноприскорений рух:  $\vec{v} \neq \text{const}$ ,  $a = \text{const}$ .

$$a = \frac{dv}{dt} \Rightarrow dv = a dt \Rightarrow \int_{v_0}^v dv = \int_0^t a dt \Rightarrow v - v_0 = at \Rightarrow v = v_0 + at.$$

$$s = \int_0^t v dt = \int_0^t (v_0 + at) dt = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \quad s = v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

3. Криволінійний рух.

Прикладом криволінійного руху є рівномірний рух по колу.

Кутова швидкість  $\omega$ :  $\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ ,  $[\omega] = \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Час, протягом якого тіло робить один повний оберт, називається періодом  $T$ ,  $[T] = \text{с}$ .

Величина, зворотна періоду, називається *частотою*  $\nu = \frac{1}{T}$ . Вона визначає кількість обертів протягом 1 с:  $[\alpha \nu] = \frac{1}{\text{с}} = \text{Гц}$ .

Зв'язок між цими величинами такий:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \nu = \frac{1}{T}, \omega = 2\pi\nu, \nu = \omega \cdot R.$$

Під час рівномірного руху по колу:

$$|\vec{v}| = \text{const}, |\vec{a}| = \text{const}, a_\tau = 0, a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R.$$

**Завдання 1.** Поїзд довжиною 120 м рухається по мосту рівномірно зі швидкістю 18 км/год. Необхідно знайти, за скільки часу поїзд пройде міст, якщо довжина мосту 480 м.

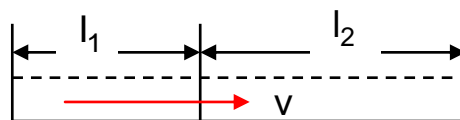
*Дано:*

$$l_1 = 120 \text{ м}$$

$$l_2 = 480 \text{ м}$$

$$v = 18 \frac{\text{км}}{\text{час}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t = ?$$



*Розв'язання*

$s = l_1 + l_2$  – повна відстань, яка пройдена початковою (або кінцевою) точкою по мосту.

$$t = \frac{s}{v} = \frac{120 + 480}{5} = \frac{600}{5} = 120 \text{ с} = 2 \text{ хв}.$$

**Завдання 2.** Автомобіль рухається з прискоренням  $3 \text{ м/с}^2$  і за 10 с проходить відстань 300 м. Необхідно знайти початкову швидкість автомобіля.

Дано:

$$a = 3 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$t = 10 \text{ с}$$

$$s = 300 \text{ м}$$

$$v_0 = ?$$

Розв'язання

Скористаємося формулою для шляху під час рівноприскореного руху:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}, \text{ тоді:}$$

$$300 = 10 v_0 + \frac{3 \cdot 100}{2} \Rightarrow 300 - 150 = 10 v_0,$$

$$v_0 = 15 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

**Завдання 3.** Тіло кинули вертикально вниз зі швидкістю  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Необ-

хідно визначити, за скільки часу тіло впаде на землю, якщо за вільного падіння воно падає за 3 с.

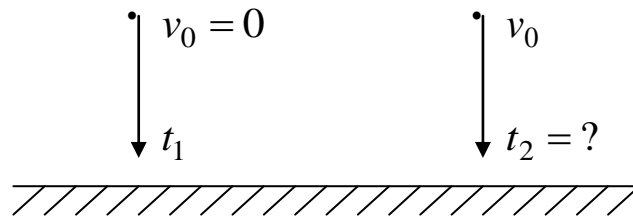
Дано:

$$v_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$t_1 = 3 \text{ с}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \approx 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$t_2 = ?$$



Розв'язання

Вільне падіння тіла – це приклад рівноприскореного руху з прискоренням  $g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ . Відстань, пройдена тілом під час вільного падіння

$h = \frac{gt_1^2}{2} \approx \frac{10 \cdot 9}{2} = 45 \text{ м}$ , а під час руху з початковою швидкістю –

$$h = v_0 t_2 + \frac{gt_2^2}{2}.$$

Вирішимо це рівняння щодо  $t_2$ :

$$g \frac{t_2^2}{2} + v_0 t_2 - h = 0;$$

$$5t_2^2 + 10t_2 - 45 = 0;$$

$$t_2' = \frac{-10 \pm \sqrt{100 + 4 \cdot 5 \cdot 45}}{2 \cdot 10} = 1,2 \text{ с}, \quad t_2'' = \frac{-10 - \sqrt{1000}}{2 \cdot 10} = -2,1 \text{ с};$$

*Відповідь:* 1,2 с.

$t_2'' = -2,1 \text{ с}$  не підходить, оскільки  $t < 0$ .

**Завдання 4.** Тіло, що вільно падає за останню секунду падіння пройшло половину шляху. Необхідно знайти час падіння тіла.

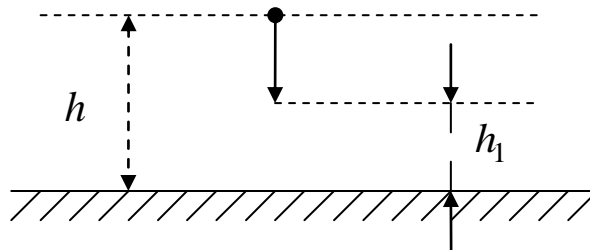
*Дано:*

$$t_1 = (t - 1)$$

$$h_1 = \frac{h}{2}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

$$t = ?$$



*Розв'язання*

Записуємо рівняння руху тіла за весь час руху і за останню секунду та вирішуємо систему рівнянь:

$$\left. \begin{array}{l} h = \frac{gt^2}{2} \\ \frac{h}{2} = \frac{g(t-1)^2}{2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{gt^2}{4} = \frac{g(t-1)^2}{2} \Rightarrow 2g(t-1)^2 = gt^2.$$

Вирішуємо квадратне рівняння:

$$2t^2 - 4t + 2 = t^2 \Rightarrow t^2 - 4t + 2 = 0;$$

$$t_{1,2} = 2 \pm \sqrt{4 - 2} = 2 \pm \sqrt{2};$$

$t_1 = 3,4 \text{ с}; t_2 = 0,6 \text{ с}$  не підходить, оскільки  $t < 1 \text{ с}$ .

*Відповідь:* 3,4 с.

**Завдання 5.** Необхідно обчислити доцентрове прискорення штучного супутника Землі, який рухається по круговій орбіті зі швидкістю  $8 \frac{\text{км}}{\text{с}}$  на відстані 620 км від поверхні Землі.

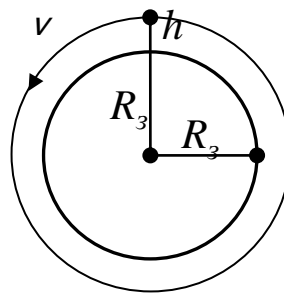
Дано:

$$v = 8 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 8 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$h = 620 \text{ км} = 6,2 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$R_3 = 6380 \text{ км} = 63,8 \cdot 10^5 \text{ м}$$

$$a_{\text{ц}} = ?$$



Розв'язання

$$\text{Згідно з рисунком: } a = \frac{v^2}{R_3 + h} = \frac{(8 \cdot 10^3)^2}{7 \cdot 10^6} = 9,1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

## Динаміка

*Динаміка*, на відміну від *кінематики*, вивчає рух тіл з урахуванням причин, що викликають цей рух. Найчастіше причиною руху тіл є їхня взаємодія. Кількісною мірою взаємодії тіл є фізична векторна величина, яка називається силою. Одиниця виміру сили – Ньютон  $[\vec{F}] = \text{Н}$ .

$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  – закон універсального тяжіння (гравітаційна сила).

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$  – гравітаційна постійна.

Сила тяжіння прикладена до центру тіла (центру тяжіння). Якщо на тіло діє тільки сила тяжіння, то воно вільно падає. Прискорення вільного падіння можна знайти, застосувавши другий закон Ньютона:

$$F = G \frac{M \cdot m}{(R + h)^2} = ma = mg, \text{ звідки прискорення вільного падіння на поверхні}$$

$$\text{Землі } g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Сила тертя прямо пропорційна силі нормальної реакції опори:  $F_{\text{тр}} = \mu N$ , де коефіцієнт пропорційності;  $\mu$  – це коефіцієнт тертя, який визначається експериментально.

Сила пружності  $\vec{F}_{\text{упр}}$  під час дії пружної деформації прямо пропорційна зміщенню  $x$ :  $\vec{F}_{\text{упр}} = -k\Delta\vec{x}$  і спрямована протилежно зміщенню  $\Delta x = x - x_0$ .



**Завдання 6.** Тіло масою 0,3 кг падає вертикально вниз з прискоренням  $9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ . Необхідно знайти силу опори повітря.

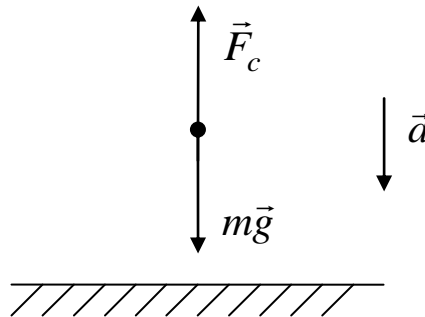
Дано:

$$m = 0,3 \text{ кг}$$

$$a = 9,1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

$$F_c = ?$$



*Розв'язання*

Записуємо рівняння руху тіла:  $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_c$  та проектуємо його на напрямок руху:

$$ma = mg - F_c \Rightarrow F_c = mg - ma = m(g - a) = 0,3 \cdot 0,7 = 0,21 \text{ Н.}$$

**Завдання 7.** Автомобіль важить 1 т. Під час руху на автомобіль діє сила тертя, яка дорівнює 0,1 його ваги. Необхідно знайти силу тяги, що розвивається двигуном автомобіля, якщо автомобіль рухається з постійною швидкістю по похилій площині в гору (кут нахилу  $\alpha = 14^\circ$ ).

Дано:

$$m = 10^3 \text{ кг}$$

$$p = mg = 10^4 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр}} = 10^3 \text{ Н}$$

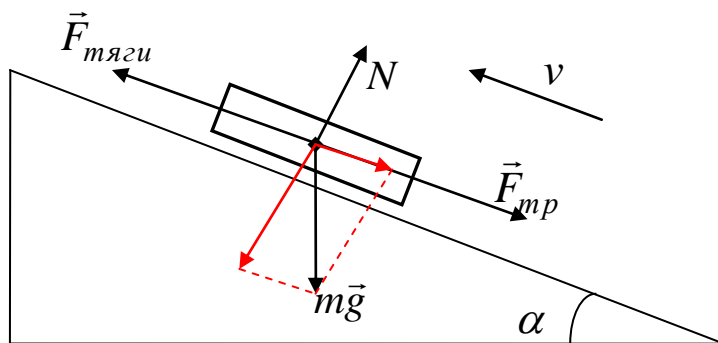
$$\alpha = 14^\circ$$

$$\sin \alpha = 0,24$$

$$v = \text{const}$$

$$\vec{a} = 0$$

$$F_{\text{тяги}} = ?$$



*Розв'язання*

Записуємо рівняння руху автомобіля:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тяги}} + \vec{F}_{\text{тр}}$$

та проєкуємо його на напрямок руху автомобіля:

$$0 = -mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} + F_{\text{тяги}} \Rightarrow F_{\text{тяги}} = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тяги}} = mg \sin \alpha + F_{\text{тр}} = 10^4 \cdot 0,24 + 10^3 = 3\,400 \text{ Н.}$$

## Статика

*Статика* – це частина механіки, яка вивчає умови рівноваги матеріальної точки або тіла під дією прикладених сил. Матеріальна точка знаходиться в рівновазі, тобто в стані спокою або рівномірного прямолінійного руху, якщо геометрична сума всіх сил, прикладених до точки, дорівнює нулю:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0.$$

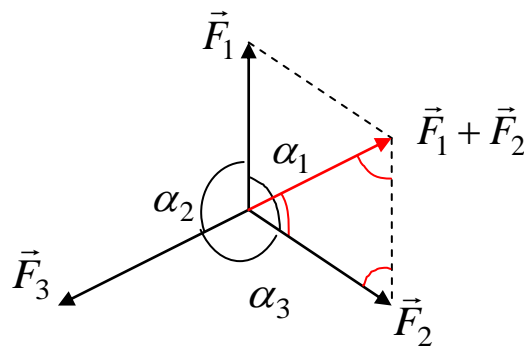
**Завдання 8.** На матеріальну точку діють в одній площині три однакові за величиною сили, кут між якими дорівнює  $120^\circ$ . Необхідно знайти рівнодіючу цих сил.

Дано:

$$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2| = |\vec{F}_3|$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 120^\circ$$

$$\vec{F}_{\text{равн}} = ?$$



### Розв'язання

$$\vec{F}_{\text{равн}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3.$$

Знайдемо векторну суму сил  $\vec{F}_1$  і  $\vec{F}_2$  за правилом паралелограма, яка дорівнюватиме його діагоналі. Діагональ паралелограма буде дорівнювати стороні паралелограма, оскільки трикутники, що складають паралелограм, будуть правильними, так як всі кути рівні  $60^\circ$ . Отже,  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_3$ , тоді  $\vec{F}_{\text{равн}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$ .

### **Завдання для самостійного опрацювання за темою 1**

1. Складіть блок-вижимку за темою "Механіка".
2. Складіть кросворд "Система СІ".
3. Підготуйте есе за темою "І. Ньютон".
4. Підготуйте конспект за темою "Перша космічна швидкість".
5. Підготуйте конспект за темою "Динаміка рідин і газів".

### **Питання для самодіагностики за темою 1**

1. Поняття фізики.
2. Предмет і завдання фізики.
3. Історія розвитку фізики.
4. Закони Ньютона.
5. Закон Паскаля.
6. Методи досліджень, які застосовуються в фізиці.

**Література за темою 1:** основна [1 – 6]; додаткова [7 – 13; 16].

## **Тема 2. Енергія та робота. Закон збереження в механіці**

*Вивчення теми 2 передбачає розгляд таких питань:*

1. Імпульс тіла та системи тіл. Імпульс сили. Другий закон Ньютона у вигляді імпульсів. Закон збереження імпульсу. Реактивний рух.
2. Механічна робота. Консервативні сили. Робота сил тяжіння та пружності. Потужність. Енергія. Механічна енергія системи тіл. Зв'язок роботи з енергією.
3. Кінетична та потенціальна енергії. Закон збереження енергії в механічних системах.

**Компетентності, що набуває слухач за темою 2:** здатність обґрунтовувати використання законів збереження енергії; здатність розраховувати енергію, потужність, роботу.

### **Методичні рекомендації до вивчення теми 2**

*Механічна робота (A)* – це скалярна фізична величина, яка дорівнює, скалярному добутку вектора сили на вектор переміщення:

$$A = |\vec{F}| \cdot |\Delta\vec{r}| \cdot \cos \alpha .$$

Якщо траєкторія руху є прямою лінією, то модуль переміщення дорівнює пройденому шляху  $s$ , і тоді робота сили дорівнює  $A = F \cdot s \cdot \cos \alpha$ . Одиницею вимірювання роботи в системі СІ є джоуль:

$$[A] = [F] \cdot [s] = \text{Н} \cdot \text{м} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2} = \text{Дж}.$$

Слід зазначити, що якщо сила направлена перпендикулярно до напрямку руху  $\left(\alpha = \frac{\pi}{2}\right)$ , то така сила роботу не виконує  $A = 0$ , оскільки  $\cos \frac{\pi}{2} = 0$ . Прикладом такого руху є рух по колу.

Швидкість виконання роботи, яка виконується в одиницю часу, називається *потужністю*:

$$N = \frac{A}{t}.$$

Одиницею вимірювання потужності є Ват:  $[N] = \frac{[A]}{[t]} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \text{Вт}.$

Якщо тіло під дією сили рухається рівномірно, то потужність визначають за формулою:

$$N = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v.$$

Скалярна фізична величина, що є загальною мірою різних форм руху матерії, називається *енергією*. У фізиці розглядають механічну, теплову, електричну, магнітну, ядерну та інші енергії, які відповідають руху певних видів матерії.

Повну механічну енергію тіла можна уявити як суму двох функцій, одна з яких залежить тільки від швидкості та називається кінетичної енергією, друга функція залежить тільки від координат і називається потенційною енергією:

$$W = f(v) + f(x, y, z) = W_{\text{кін}} + W_{\text{пот}} = \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

Енергією називається здатність тіла виконувати роботу. Якщо над тілом здійснюють роботу зовнішні сили, то його енергія збільшується:

$$\Delta W = W_2 - W_1 = A_{\text{зовн}} > 0.$$

Якщо ж саме тіло здійснює роботу, то його енергія зменшується:

$$\Delta W = W_2 - W_1 = A_{\text{внутр}} < 0.$$

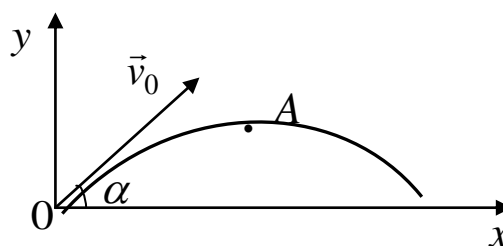
*Кінетична енергія* – це енергія руху. *Потенційна енергія* – це енергія, яка визначається взаємодією тіл і їх взаємним розташуванням. *Потенційна енергія* тіла в полі тяжіння  $W_{\text{пот}} = mgh$ . Потенційна енергія пружно деформованої пружини  $W_{\text{пот}} = \frac{kx^2}{2}$ , де  $k$  – коефіцієнт пружності,  $x$  – величина деформації.

**Завдання 1.** Яку роботу необхідно зробити, щоб змусити поїзд масою 30 т збільшити свою швидкість від  $v_1 = 36 \frac{\text{км}}{\text{год}}$  до  $v_2 = 72 \frac{\text{км}}{\text{год}}$ , не враховуючи опір?

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>m = 30 \text{ т} = 3 \cdot 10^4 \text{ кг}</math></p> <p><math>v_1 = 36 \frac{\text{км}}{\text{час}} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}</math></p> <p><math>v_2 = 72 \frac{\text{км}}{\text{час}} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>A = ?</math></p>	<p style="text-align: center;"><i>Розв'язання</i></p> <p>Робота зі збільшенню швидкості поїзда йде на збільшення його кінетичної енергії:</p> $A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2) = \frac{m}{2}(v_2 - v_1)(v_2 + v_1).$ $A = \frac{3 \cdot 10^4}{2}(20 - 10)(20 + 10) = \frac{3 \cdot 10^4}{2} \cdot 300 = 4,5 \cdot 10^6 \text{ Дж}$
---	---

**Завдання 2.** Тіло кинули під кутом  $\alpha = 60^\circ$  до горизонту. Кінетична енергія тіла в момент кидання  $W_0 = 20 \text{ Дж}$ . Необхідно знайти потенційну енергію у верхній точці траєкторії.

<p><b>Дано:</b></p> <p><math>W_0^{\text{кін}} = 20 \text{ Дж}</math></p> <p><math>\alpha = 60^\circ</math></p> <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/> <p><math>W_{\text{пот}}^A = ?</math></p>	
--	--



### Розв'язання

У точці А  $v = v_0 \cos \alpha$ . У початковій точці траєкторії  $W_0^{\text{кін}} = \frac{m v_0^2}{2}$ .

звідси  $m = \frac{2W_0}{v_0^2}$ . У верхній точці траєкторії  $W_A^{\text{кін}} = \frac{m v_0^2 \cos^2 \alpha}{2} =$   
 $= \frac{2W_0^{\text{кін}} v_0^2 \cos^2 \alpha}{2v_0^2} = W_0^{\text{кін}} \cdot \cos^2 \alpha = 20 \cdot \frac{1}{4} = 5 \text{ Дж}.$

Повна енергія тіла, тобто сума його кінетичної та потенційної енергій у будь-якій точці траєкторії буде дорівнює  $W_0^{\text{кін}}$ . Отже,  $W_A^{\text{пот}} = 20 - 5 = 15 \text{ Дж}.$

**Завдання 3.** Потенційна енергія тіла, що вільно падає в середній точці шляху дорівнює 18 Дж. Необхідно знайти кінетичну енергію в момент падіння тіла на Землю.

*Дано:*

$$W_{\text{п}}\left(\frac{h}{2}\right) = 18 \text{ Дж}$$

---


$$W_{\text{кін}}(0) = ?$$

*Розв'язання*

$$mg \frac{h}{2} = 18 \text{ Дж}, \text{ отже, у верхній точці траєкторії}$$

$mgh = 36 \text{ Дж}.$  Ця потенційна енергія в момент падіння на Землю повністю переходить у кінетичну.

$$W_{\text{кін}} = 36 \text{ Дж}.$$

**Завдання 4.** Граната, яка летіла зі швидкістю  $10 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ , розірвалася на два уламки. Більший уламок, маса якого становить 60 % маси всієї гранати, продовжував рухатися в колишньому напрямі, але зі збільшеною швидкістю, рівній  $25 \frac{\text{М}}{\text{с}}$ . Необхідно знайти швидкість меншого уламка.

*Дано:*

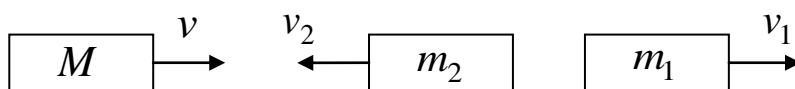
$$v = 10 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

$$m_1 = 0,6 m$$

$$v_1 = 25 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$

---


$$v_2 = ?$$



## Розв'язання

Використовуючи наведений рисунок запишемо закон збереження імпульсу системи:  $MV = 0,6Mv_1 + 0,4Mv_2$ :  $10 = 0,6 \cdot 25 + 0,4v_2$ , звідси:

$$v_2 = \frac{10 - 0,6 \cdot 25}{0,4} = -12,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Знак "мінус" говорить про те, що другий уламок полетить у напрямку, протилежному першому.

### Завдання для самостійного опрацювання за темою 2

1. Складіть блок-вижимку за темою "Енергія".
2. Підготуйте есе за темою "Консервативні сили".
3. Підготуйте есе за темою "Закон збереження енергії в механічних системах".
4. Підготуйте конспект за темою "Закон збереження імпульсу".
5. Підготуйте конспект за темою "Зв'язок роботи з енергією".

### Запитання для самодіагностики за темою 2

1. Що таке "потужність"? У яких одиницях вона вимірюється?
2. Запишіть формулу для потужності через силу та швидкість.
3. Що таке "енергія"? Які види енергії існують?
4. Що спільного між роботою та енергією? Чим вони відрізняються?
5. Чому дорівнює повна механічна енергія тіла?
6. Поясніть фізичний зміст кінетичної та потенційної енергій.
7. Чому дорівнює потенційна енергія тіла в полі тяжіння?
8. Сформулюйте закон збереження енергії.

**Література за темою 2:** основна [1 – 6]; додаткова [9; 11; 14; 15].

## Тема 3. Основи молекулярно-кінетичної теорії

*Вивчення теми 3 передбачає розгляд таких питань:*

1. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії та їхні дослідні обґрунтування. Дифузія та броунівський рух. Маса та розміри молекули. Число Авогадро.
2. Взаємодія атомів і молекул речовини в різних агрегатних станах.

3. Ідеальний газ. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії.
4. Термодинамічна рівновага. Температура – міра середньої кінетичної енергії молекул. Абсолютна температурна шкала. Швидкість молекул газу.
5. Рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва – Клапейрона). Універсальна газова стала. Ізопроцеси в газах.
6. Насичена та ненасичена пара. Залежність температури кипіння рідини від тиску.

**Компетентності, що набуває слухач за темою 3:** здатність обґрунтовувати використання основних положень молекулярно-кінетичної теорії; здатність проводити необхідні розрахунки.

### **Методичні рекомендації до вивчення теми 3**

Молекулярна фізика вивчає властивості речовини, обумовлені його молекулярною будовою на основі молекулярно-кінетичної теорії (МКТ).

Ще задовго до нашої ери виникло вчення про найдрібніших частинках, з яких побудовано будь-яка речовина. Давньогрецький філософ Демокріт вважав, що будь-яка речовина складається з не видимих і не виявлених у міру своєї надзвичайної малості частинок – атомів (атом – не подільний (грец.)). Різноманітність речовин, наявних у природі, пояснюється не різноманітністю різних сортів атомів, але різноманітністю з'єднань цих атомів.

#### *Основні положення молекулярно-кінетичної теорії*

1. Усі тіла складаються з молекул, а молекули – з атомів. Доказом цього служать досліди, проведені за допомогою іонного мікроскопа.
2. Атоми та молекули перебувають у стані безперервного хаотичного руху. Це підтверджує явище дифузії – взаємне самовільне проникнення молекул однієї речовини в проміжки між молекулами іншої речовини.
3. Молекули й атоми взаємодіють між собою силами тяжіння або відштовхування.

**Завдання 1.** У балоні ємністю 15 л знаходиться азот під тиском 100 кПа за температури  $T = 300$  К. Після того, як з балону випустили 14 г азоту, температура стала 290 К. Необхідно визначити тиск азоту, який залишився в балоні.



Дано:

$$V = 15 \text{ л} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$P_1 = 100 \text{ кПа} = 10^5 \text{ Па}$$

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 290 \text{ К}$$

$$\Delta m = 14 \text{ г}$$

$$\mu = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$P_2 = ?$$

Розв'язання

$$\text{Рівняння початкового стану газу: } P_1 V = \frac{m}{\mu} R T_1$$

з нього знаходимо масу:

$$m = \frac{P_1 V \mu}{R T_1} = \frac{10^5 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = 16,8 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

Рівняння стану газу після того, як з нього випустили 14 г азоту:

$$P_2 V = \frac{m - \Delta m}{\mu} R T_2.$$

Звідси знаходимо  $P_2$ :

$$P_2 = \frac{(m - \Delta m) R T_2}{V \mu} = \frac{2,8 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 290}{15 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 10^{-3}} = 1,7 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

**Завдання 2.** У посудині, який має форму сфери радіусом 0,2 м знаходиться 80 г азоту. Необхідно визначити, до якої температури можна нагріти сферу, якщо її стінки витримують тиск  $7 \cdot 10^5$  Па.

Дано:

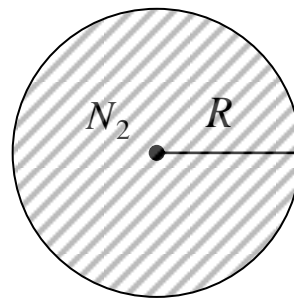
$$R = 0,2 \text{ м}$$

$$m = 80 \text{ г} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$$

$$P = 7 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$\mu_{N_2} = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$T = ?$$



Розв'язання

$$P V = \frac{m}{\mu} R T \Rightarrow T = \frac{P V \mu}{m R} = \frac{7 \cdot 10^5 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot (2 \cdot 10^{-1})^3 \cdot 28 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-2} \cdot 8,31} = 780 \text{ К.}$$

Відповідь:  $T = 780 \text{ К.}$

### **Завдання для самостійного опрацювання за темою 3**

1. Складіть блок-вижимку за темою: "Основи молекулярно-кінетичної теорії".
2. Складіть таблицю "Фази речовини".
3. Підготуйте есе за темою "Термодинамічна рівновага в природі".
4. Підготуйте есе за темою "Приклади проявлення залежності температури кипіння рідини від тиску".
5. Підготуйте есе за темою "Насичена та ненасичена пара. Залежність температури кипіння рідини від тиску".

### **Запитання для самодіагностики за темою 3**

1. Що вивчає молекулярна фізика?
2. Сформулюйте основні положення молекулярно-кінетичної теорії.
3. Який рух здійснюють молекули газів?
4. Як рухаються молекули в рідинах?
5. Що таке "ідеальний газ"?
6. Запишіть рівняння стану ідеального газу та поясніть зміст його параметрів.
7. Який фізичний зміст універсальної газової постійної?
8. Що таке "число Авогадро"?
9. Обчисліть масу атома молекули водню.
10. Які шкали температур використовують у фізиці?
11. Запишіть зв'язок між температурної шкали Кельвіна та шкалою Цельсія.
12. За 10 діб повністю випарувалося з склянки 100 г води. Скільки в середньому вилітало молекул з поверхні води за 1 добу?

**Література за темою 3:** основна [2; 4 – 6]; додаткова [11; 14; 16].

## Змістовий модуль 2

### Термодинаміка та електростатика

#### Тема 4. Основи термодинаміки та електростатики

*Вивчення теми 4 передбачає розгляд таких питань:*

1. Основні закони термодинаміки.

1.1. Внутрішня енергія речовини. Теплопередача (теплообмін). Кількість теплоти. Питома теплоємність речовини. Робота газу. Способи змінування внутрішньої енергії. Перший закон термодинаміки. Застосування цього закону до ізопроцесів. Питомі теплоємності газів за сталого тиску й об'єму. Адіабатичний процес.

1.2. Плавлення та твердіння тіл. Температура плавлення (твердіння). Питома теплоємність плавлення. Випаровування та конденсація. Кипіння. Температура кипіння. Питома теплота пароутворення. Рівняння теплового балансу для найпростіших теплових процесів.

1.3. Другий закон термодинаміки. Незворотність теплових процесів. Принцип дії теплових двигунів. Цикл Карно. Коефіцієнт корисної дії теплового двигуна та його максимальне значення.

2. Електростатика.

2.1. Взаємодія заряджених тіл. Точковий заряд. Закон Кулона. Принцип суперпозиції електростатичних взаємодій.

2.2. Електричне поле. Напруженість. Лінії напруженості. Однорідне електричне поле. Електричне поле точкового заряду.

2.3. Діелектрична проникність середовища.

2.4. Робота електричного поля під час переміщення заряду. Різниця потенціалів. Потенціал. Потенціал поля точкового заряду. Потенціальність електростатичного поля. Еквіпотенціальна поверхня. Зв'язок між напруженістю однорідного поля та різницею потенціалів.

2.5. Електроємність провідника. Конденсатор. Електроємність плоского конденсатора.

2.6. Енергія електричного поля.

**Компетентності, що набуває слухач за темою 4:** здатність обґрунтовувати основні положення термодинаміки та електростатики; вміння проводити необхідні розрахунки.

## Методичні рекомендації до вивчення теми 4

### Термодинаміка

Термодинаміка вивчає аналіз умов і кількісних співвідношень за різних перетворень енергії, що відбуваються в термодинамічній системі. Термодинамічна система – це система з великою кількістю частинок, між якими існує певний зв'язок. Прикладом такої системи є ідеальний газ. Особливістю термодинамічного методу є те, що в ньому не розглядають внутрішню будову досліджуваних тіл і характер руху окремих частинок, тобто система розглядається як ціле.

Основу термодинаміки складають два закони, встановлені дослідним шляхом, які називаються началами. Перший закон, який є законом збереження енергії в термодинаміці, встановлює зв'язок між кількістю теплоти, отриманої системою, зміною її внутрішньої енергії та роботою.

Теплопередачею або теплообміном називається процес передачі енергії від одного тіла до іншого без виконання роботи. Існує три види теплопередачі:

1. Теплопровідність, за якої внутрішня енергія передається від одного тіла до іншого при зіткненні тіл.

2. Конвекція, за якої енергія передається рухомими струменями рідини або газу.

3. Випромінювання, за якого енергія передається світловим потоком.

Енергія, що передається системі зовнішніми тілами шляхом теплообміну, називається кількістю теплоти  $Q$ ,  $[Q] = \text{Дж}$ .

Під час нагрівання однорідного тіла маси  $m$  від температури  $t_1$  до  $t_2$ , кількість теплоти, яке отримало тіло, обчислюють за формулою:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t,$$

де  $c$  – питома теплоємність речовини  $[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ .

*Перший закон термодинаміки:* кількість теплоти  $Q$ , яке отримала система, йде на зміну її внутрішньої енергії  $\Delta U$  і на виконання системою роботи  $A$  над зовнішніми тілами:

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

Існує й інше формулювання першого закону термодинаміки: зміна внутрішньої енергії системи  $\Delta U$  дорівнює кількості тепла  $Q$ , отриманого системою, та роботі, виконаній зовнішніми тілами над системою  $A'$ :

$$\Delta U = Q + A, \text{ де } A' = -A.$$

*Другий закон термодинаміки* встановлює напрямок протікання термодинамічних процесів. Існує кілька формулювань цього закону. Ми розглянемо два формулювання:

1. В ізольованій системі теплота не може самостійно перейти від холодного тіла до гарячого.

2. Коефіцієнт корисної дії будь-якого механізму не може бути більшим за одиницю.

**Завдання 1.** Визначте кількість теплоти, передана 14 г азоту, якщо він був ізобарно нагрітий від  $37^\circ\text{C}$  до  $187^\circ\text{C}$ . Необхідно визначити, яку роботу зробив газ і як змінилася його внутрішня енергія.

*Дано:*  
 $m_{\text{N}_2} = 14 \text{ г} = 14 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$   
 $t_1 = 37^\circ\text{C} = 310 \text{ К}$   
 $t_2 = 187^\circ\text{C} = 460 \text{ К}$   
 $P = \text{const}$   
 $\mu = 28 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$   
 $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

---

$Q = ?$   
 $\Delta U = ?$   
 $A = ?$

*Розв'язання*

$$Q = \frac{m}{\mu} \frac{i+2}{2} R \Delta T,$$

де  $i$  – це кількість ступенів свободи молекули газу, для двоатомних молекули  $i = 5$ .

$$Q = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{5+2}{2} \cdot 8,31 \cdot 150 = 2100 \text{ Дж}.$$

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot 150 = 1500 \text{ Дж}.$$

$$A = PV = \frac{m}{\mu} R \Delta T = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{28 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 150 = 600 \text{ Дж}.$$

Перевіримо справедливість рівності  $Q = \Delta U + A$ :

$$2100 \text{ Дж} = (1500 + 600) \text{ Дж}.$$

**Завдання 2.** За рахунок 1 кДж тепла, отриманого від нагрівача, машина, яка працює за циклом Карно, здійснює роботу 0,5 кДж. Необхідно визначити температуру холодильника, якщо температура нагрівача  $T_1 = 500 \text{ К}$ .

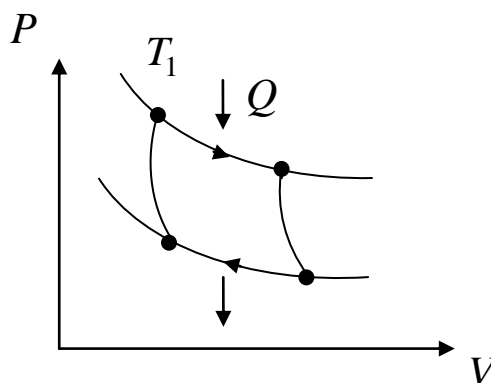
Дано:

$$Q = 1 \text{ кДж} = 10^3 \text{ Дж}$$

$$A = 500 \text{ Дж}$$

$$T_1 = 500 \text{ К}$$

$$T_2 = ?$$



Розв'язання

$$\eta = \frac{A_n}{Q} = \frac{500}{1000} = 0,5.$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{500 - T_2}{500} = 0,5 \Rightarrow 500 - T_2 = 250 \Rightarrow T_2 = 250 \text{ К.}$$

Відповідь:  $T_2 = 250 \text{ К.}$

### Основи електростатики

*Електростатика* – це теорія електростатичного поля нерухомих електричних зарядів. Електричний заряд – це одна з властивостей матерії, яке проявляється в тому, що між зарядженими тілами діють сили відштовхування та притягання. Ці сили в багато разів більше гравітаційних сил.

У природі існують позитивні та негативні заряди. Заряди однакового знака відштовхуються одна від одної, а заряди протилежних знаків притягуються. Точковий заряд – це будь-який заряджене тіло, розмірами якого можна знехтувати в цьому завданні. Одиниця виміру електричного заряду  $q$  – кулон (1 кл).

Сила взаємодії між зарядами визначається законом Кулона: сила взаємодії між двома точковими зарядами  $q_1$  і  $q_2$  в вакуумі прямо пропорційна добутку модулів зарядів, обернено пропорційна квадрату відстані між ними та спрямована вздовж прямої лінії, яка їх з'єднує (рис. 1).

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2},$$

де  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}}$  – це коефіцієнт пропорційності в законі Кулона або електрична постійна.

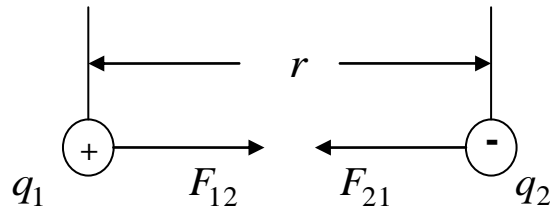


Рис.1. Закон Кулона

Якщо точкові заряди знаходяться не в вакуумі, а в середовищі, то закон Кулона має вигляд:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2},$$

де  $\epsilon$  – діелектрична проникність середовища. Вона показує, у скільки разів сила взаємодії між зарядами в середовищі менше, ніж у вакуумі.

**Завдання 1.** Два заряди знаходяться в вакуумі на відстані 0,3 м і взаємодіють з силою 30 Н. Величина одного заряду в три рази більше іншого. Визначте величину кожного заряду.

<p><i>Дано:</i>  <math>F = 30 \text{ Н}</math>  <math>r = 0,3 \text{ м}</math>  <math>q_1 = ?</math>  <math>q_2 = ?</math></p>	<p style="text-align: center;"><i>Розв'язання</i></p> <p>Сила взаємодії зарядів <math>q_1</math> і <math>q_2</math> визначається законом Кулона:</p> $F = \frac{q_1 \cdot 3q_1}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} = \frac{9q_1^2}{4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,09} = 30 \Rightarrow q_1 =$ $= \sqrt{\frac{30 \cdot 4\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,09}{9}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$ $q_2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$
--	---

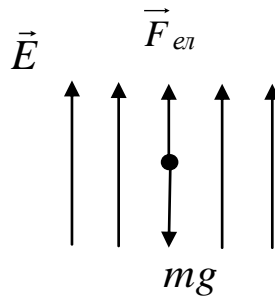
**Завдання 2.** Порошинка масою  $8 \cdot 10^{-15}$  кг утримується в рівновазі в однорідному електричному полі, напруженість якого  $E = 2,4 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ . Знайти заряд порошинки.

Дано:

$$m = 8 \cdot 10^{-15} \text{ кг}$$

$$E = 2,4 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

$$q = ?$$



Розв'язання

Запишемо рівняння статичної рівноваги пилинки:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{\text{ел}} + m\vec{g},$$

$$a = 0, \text{ тоді } \vec{F}_{\text{ел}} = m\vec{g},$$

$$\text{або } qE = m\vec{g},$$

$$q = \frac{mg}{E} = \frac{8 \cdot 10^{-15} \cdot 10}{2,4 \cdot 10^4} = 3,3 \cdot 10^{-18} \text{ Кл.}$$

**Завдання 3.** 125 маленьких крапельок води, заряджених до потенціалу 15 В кожна, з'єднуються в одну краплю сферичної форми. Яким буде потенціал краплі?

Дано:

$$N = 125$$

$$\varphi_1 = 15 \text{ В}$$

$$\varphi_N = ?$$

Розв'язання

Нехай заряд маленької краплі буде  $q$ , тоді заряд сфери  $Q = Nq$ , і відповідно,  $\varphi_1 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$ , а  $F = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ .

Крім заряду за об'єднань крапель:

$Nm = M$  – маса великий краплі з  $N$  крапель масою  $m$  кожна.

$$m = \rho V_1,$$

де  $\rho$  – густина води:

$$\Rightarrow N \cdot \rho \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 \Rightarrow R^3 = Nr^3,$$

$$\text{тобто } R = r^3 \sqrt{N},$$



$$\varphi_n = \frac{N\varphi_1 \cdot 4\pi\epsilon_0 r}{4\pi\epsilon_0 r^3\sqrt{N}} = \varphi_1 \sqrt[3]{N} = 15 \cdot \sqrt[3]{125} = 75 \text{ В.}$$

**Завдання 4.** Плоский повітряний конденсатор з  $S = 10 \text{ см}^2$  та  $d = 5 \text{ мм}$  заряджений до  $100 \text{ В}$ . Знайдіть роботу з розсування його пластин до  $\Delta l = 15 \text{ см}$ .

*Дано:*

$$S = 10 \text{ см}^2$$

$$d = 5 \text{ мм}$$

$$U = 100 \text{ В}$$

$$\epsilon = 1$$

$$A = ?$$

*Розв'язання*

Ємність плоского конденсатора  $c = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \frac{q}{U}$ , звідси

$q = \frac{\epsilon\epsilon_0 S U}{d}$ . Роботу з розсування пластин визначаємо за формулою:

$$A = F\Delta l = qE\Delta l = \frac{\epsilon\epsilon_0 S U}{d} \cdot \frac{U}{d} \Delta l = \frac{\epsilon\epsilon_0 S U^2 \Delta l}{d^2} =$$

$$= \frac{1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-2} \cdot 10^4 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-3}} = 1,8 \cdot 10^{-9} \text{ Дж.}$$

#### **Завдання для самостійного опрацювання за темою 4**

1. Складіть блок-вижимку за темою "Електричне поле".
2. Підготуйте есе за темою "Перший закон термодинаміки".
3. Підготуйте есе за темою "Другий закон термодинаміки".
4. Підготуйте есе за темою "Електричне поле. Напруженість. Лінії напруженості".
5. Підготуйте есе за темою "Конденсатор".

#### **Запитання для самодіагностики за темою 4**

1. У паспорті конденсатора зазначено:  $150 \text{ мкФ}$ ,  $200 \text{ В}$ . Який найбільший припустимий електричний заряд може надати цьому конденсатору?
2. Якщо провіднику надати заряд  $10 \text{ нКл}$ , то його електричний потенціал збільшується на  $100 \text{ В}$ . Визначте електроємність провідника.
3. Конденсатор має електроємність  $5 \text{ пФ}$ . Який заряд знаходиться на кожній з його обкладок, якщо різниця потенціалів між ними дорівнює  $1000 \text{ В}$ ?

4. Поясніть зв'язок між напруженістю однорідного поля та різницею потенціалів.

5. Поясніть суть другого закону термодинаміки.

**Література за темою 4:** основна [1; 3; 4; 6]; додаткова [7; 9; 11; 13; 16].

## **Змістовий модуль 3**

### **Постійний електричний струм. Магнітне поле у вакуумі**

#### **Тема 5. Постійний електричний струм**

*Вивчення теми 5 передбачає розгляд таких питань:*

1. Електричний струм. Сила струму Умови існування електричного струму. Електричний опір. Закон Ома для однорідної ділянки кола.

2. Джерело струму. Електрорушійна сила (ЕРС). Закон Ома для повного кола.

3. Робота і потужність струму. Кількість теплоти, яка виділяється в провіднику зі струмом (закон Джоуля – Ленца).

4. Електричний струм у металах, вакуумі, газах. Надпровідність. Електронна емісія. Несамостійний і самостійний розряди. Поняття плазми.

5. Напівпровідники. Електропровідність напівпровідників та її залежність від температури. Власна і домішкова провідність напівпровідників. Транзистор.

**Компетентність, що набуває слухач за темою 5:** здатність розраховувати фізичні характеристики струму.

#### **Методичні рекомендації до вивчення теми 5**

Електричний струм – це спрямований рух електричних зарядів. Електричний струм у металах викликаний спрямованим рухом електронів, в електролітах – іонів, в іонізованому газі – електронів й іонів. Струм, який виникає в провідниках, називається струмом провідності.

Напрямок струму визначається напрямом руху позитивних зарядів. Якщо струм створюється негативно зарядженими частинками, то напрям струму протилежно напрямку руху частинок.

Усі речовини за здатністю проводити електричний струм поділяють на провідники (метали, електроліти, іонізовані гази), діелектрики і напівпровідники.

Провідники добре проводять електричний струм, діелектрики не проводять струм, а напівпровідники слабо проводять струм.

Основні характеристики електричного струму – це сила струму та щільність струму.

**Завдання 1.** Мідний провідник довжиною 5 м і площею поперечного перерізу  $0,5 \text{ мм}^2$  підключений до джерела з напругою 1,2 В. Скільки електронів проходить за 1 с через поперечний переріз цього провідника?

Дано:

$$l = 5 \text{ м}$$

$$S = 0,51 \text{ мм}^2 = 0,51 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

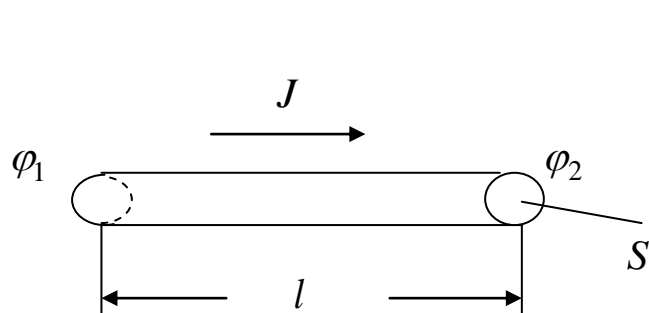
$$U = 1,2 \text{ В}$$

$$t = 1 \text{ с}$$

$$\rho_{\text{си}} = 0,017 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$N = ?$$



*Розв'язання*

Кількість електронів дорівнюватиме повному заряду провідника, поділеного на заряд електрона  $N = \frac{q}{e}$ . Для опору провідника справ-

ведливе співвідношення  $R = \frac{U}{I} = \rho \frac{l}{S}$ , отже  $I = \frac{q}{t} = \frac{US}{\rho l}$ . Тоді  $N = \frac{USt}{\rho l e} =$

$$= \frac{1,2 \cdot 0,51 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{0,017 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,5 \cdot 10^{19} \text{ електронів.}$$

**Завдання 2.** Два однакових джерела з'єднані паралельно, а в іншому випадку – послідовно замкнуті на опір 10 Ом. За якого внутрішнього опору сила струму буде однаковою у зовнішній мережі?

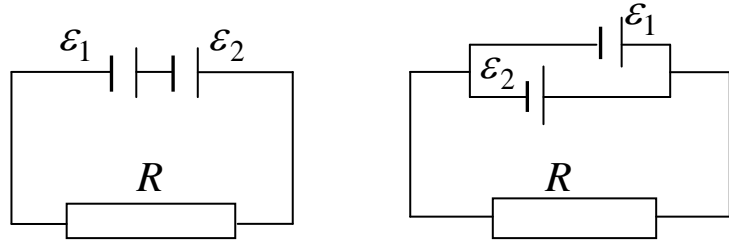
Дано:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2$$

$$r_1 = r_2$$

$$R = 1 \text{ Ом}$$

$$r_1 = ?, \text{ якщо } I_1 = I_2$$



*Розв'язання*

За послідовного з'єднання джерел:

$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R + 2r} = \frac{2\varepsilon}{R + 2r}.$$

За паралельного з'єднання джерел:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{2}}.$$

З умови рівності струмів знаходимо  $r$ :

$$\frac{2\varepsilon}{R + 2r} = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{2}} \Rightarrow 2\left(R + \frac{r}{2}\right) = R + 2r \Rightarrow 2R + r = R + 2r.$$

Отже,  $r = R = 1 \text{ Ом}$ .

### **Завдання для самостійного опрацювання за темою 5**

1. Складіть блок-вижимку за темою "Закони постійного струму".
2. Підготуйте есе за темою "Постійний електричний струм".
3. Підготуйте есе за темою "Закон Джоуля – Ленца".
4. Підготуйте есе за темою "Напівпровідники".
5. Підготуйте есе за темою "Транзистор".

### **Запитання для самодіагностики за темою 5**

1. Необхідно вдвічі зменшити силу струму в заданому провіднику. Що для цього треба зробити?
2. До джерела з ЕРС 12 В та внутрішнім опором 1 Ом підключено реостат, опір якого 5 Ом. Знайдіть силу струму в ланцюзі та напругу на зажимах джерела.
3. У яких одиницях вимірюється індукція магнітного поля?
4. Як визначається силова лінія магнітного поля? Чим силова лінія магнітного поля відрізняється від силової лінії електричного поля?

**Література за темою 5:** основна [1 – 6]; додаткова [7; 9; 12; 16; 17].

### **Тема 6. Основи електромагнетизму. Магнітне поле. Електромагнітна індукція**

*Вивчення теми 6 передбачає розгляд таких питань:*

1. Взаємодія провідників зі струмом. Магнітне поле. Магнітна індукція. Однорідне поле. Лінії магнітної індукції. Магнітний потік. Сила Ампера. Сила Лоренца. Рух електричних зарядів в електричному та магнітному полях. Магнітні властивості речовини. Магнітна проникність.
2. Взаємозв'язок електричного та магнітного полів. Спостереження явища електромагнітної індукції. Індукційне електричне поле. ЕРС індукції. Закон електромагнітної індукції. Правило Ленца. Індуктивність. Самоіндукція. Енергія магнітного поля.

**Компетентність, що набуває слухач за темою 6:** здатність обґрунтовувати використання магнітного поля у вакуумі.

### **Методичні рекомендації до вивчення теми 6**

Досвід показує, що під час проходження електричного струму по провіднику відбуваються зміни не тільки всередині провідника, а й поза ним. У просторі поблизу провідника, по якому тече струм, виникає особливий вид матерії – *магнітне поле*.

Магнітне поле створюється рухомими електричними зарядами, провідниками з струмом, постійними магнітами та змінюються в часі електричним

полем. У свою чергу магнітне поле діє на рухомі електричні заряди, провідники зі струмом і постійні магніти.

Силовою характеристикою магнітного поля є вектор магнітної індукції  $\vec{B}$ , одиниця вимірювання – тесла,  $[B] = \text{Тл}$ .

**Завдання 1.** Електрон, прискорений різницею потенціалів 300 В, рухається паралельно дроту на відстані 4 мм. Необхідно знайти силу, яка діє на електрон, якщо сила струму в провіднику 5 А.

Дано:

$$U = 300 \text{ В}$$

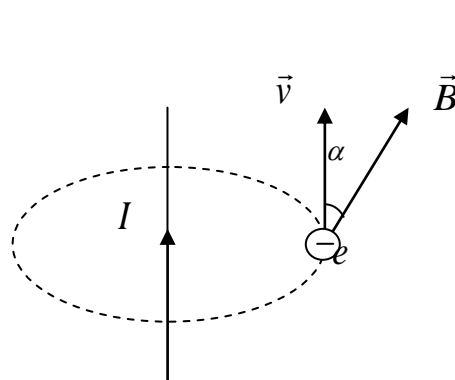
$$r = 4 \text{ мм} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$I = 5 \text{ А}$$

$$q = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$F = ?$$



*Розв'язання*

Робота електричного поля з прискорення електрона йде на збільшення кінетичної енергії електрона:

$$eU = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 300}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 1,1 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Індукція магнітного поля на відстані  $r$  від провідника зі струмом:

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{2I}{r} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 5}{4 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$$

Тоді сила Лоренца, що діє на електрон ( $\alpha = 90^\circ$ ), буде дорівнювати:

$$F = eVB = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,1 \cdot 10^7 \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} = 3,3 \cdot 10^{-16} \text{ Н}$$

**Завдання 2.** Два кругових витка зі струмом лежать в одній площині і мають загальний центр. Радіус більшого витка – 12 см, меншого – 8 см.

Індукція магнітного поля в центрі витків дорівнює  $6,3 \cdot 10^{-5}$  Тл, якщо струми течуть в одному напрямку, і дорівнює нулю, якщо струми течуть у протилежних напрямках. Необхідно знайти сили цих струмів.

Дано:

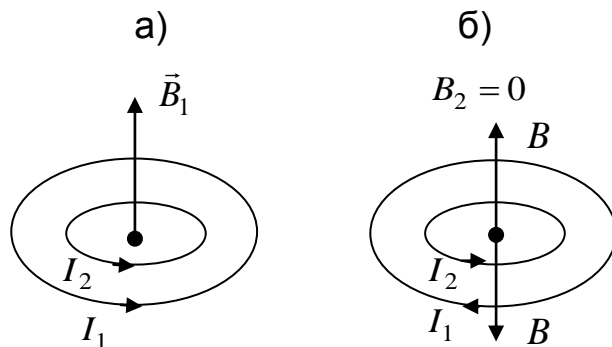
$$R_1 = 12 \text{ см} = 12 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$R_2 = 8 \text{ см} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$B_1 = 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$$

$$B_2 = 0$$

$$I_1 = ? \quad I_2 = ?$$



Розв'язання

Магнітне поле в центрі кругового витка:  $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$ , тоді  $\frac{\mu_0 I_1}{2R_1} - \frac{\mu_0 I_2}{2R_2} = 0$ ,

звідти  $I_1 = \frac{I_2 R_1}{R_2}$  (а).

У разі, коли індукція в центрі не дорівнює 0,  $\frac{\mu_0 I_1}{2R_1} + \frac{\mu_0 I_2}{2R_2} = 6,3 \cdot 10^{-5}$  (б).

Підставивши в останню формулу вираз для  $I_1$ , отримаємо:

$$\frac{\mu_0 I_2 R_1}{2R_1 R_2} + \frac{\mu_0 I_2}{2R_2} = \frac{I_2 \mu_0}{2} \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{I_2 \mu_0}{R_2}, \text{ тоді}$$

$$I_2 = \frac{6,3 \cdot 10^{-5} \cdot 8 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 0,4 \text{ А}, \quad I_1 = \frac{0,4 \cdot 12 \cdot 10^{-2}}{8 \cdot 10^{-2}} = 0,6 \text{ А}.$$

**Завдання 3.** В однорідному магнітному полі з індукцією  $4 \cdot 10^{-4}$  Тл обертається стрижень довжиною 0,3 м з постійною кутовою швидкістю  $100 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ . Необхідно знайти електрорушійну силу індукції, що виникає на кінцях стержня, якщо вісь обертання проходить через кінець стержня паралельно лініям індукції поля.

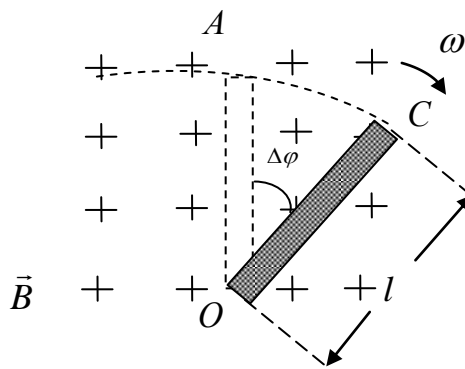
Дано:

$$B = 4 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$$

$$l = 0,3 \text{ м}$$

$$\omega = 100 \frac{\text{р}}{\text{с}}$$

$$\varepsilon = ?$$



Розв'язання

Під час руху провідника в магнітному полі на його кінцях виникає електрорушійна сила, яка дорівнює:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t},$$

де  $\Delta \Phi$  – магнітний потік, який перетинає провідник за час  $\Delta t$ . Знак "мінус" у цій формулі можна не враховувати, оскільки треба визначити тільки модуль електрорушійної сили.

У цьому завданні за час  $\Delta t$  провідник повертається на кут і площа, яку він перетинає за цей час, дорівнює площі сектора АОС:

$$\Delta S = \frac{\Delta \varphi l^2}{2}.$$

Відповідно, магнітний потік дорівнює  $\Delta \Phi = \frac{1}{2} B \Delta \varphi l^2$ .

З огляду на те, що  $\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ , отримаємо:

$$\varepsilon = \frac{Bl^2 \omega}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,09 \cdot 100}{2} = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ В.}$$

**Завдання 4.** Сила струму в соленоїді рівномірно зростає від 0 до 10 А за 1 хв, водночас соленоїд накопичує енергію 20 Дж. Необхідно визначити, яка електрорушійна сила активується у соленоїді.



Дано:

$$\Delta I = 10 \text{ А}$$

$$\Delta t = 60 \text{ с}$$

$$W = 20 \text{ Дж}$$

$$\varepsilon = ?$$

Розв'язання

Магнітна енергія контуру зі струмом  $W = \frac{LI^2}{2}$ ,

звідки:  $L = \frac{2W}{I^2}$ .

Тоді електрорушійну силу в соленоїді знайдемо з закону Фарадея:

$$\varepsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{2WI}{I^2 t} = \frac{2W}{It} = \frac{2 \cdot 20}{10 \cdot 60} = 0,06 \text{ В.}$$

### Питання для самостійного опрацювання за темою 6

1. Магнітні властивості речовин в природі та техніці.
2. Взаємозв'язок електричного та магнітного полів. Спостереження явища електромагнітної індукції в природі та техніці.
3. Самоіндукція. Приклади самоіндукції.
4. Енергія магнітного поля. Приклади в техніці.
5. Правило Ленца.

### Запитання для самодіагностики за темою 6

1. Дайте визначення основної силової характеристики магнітного поля?
2. У яких одиницях вимірюється індукція магнітного поля?
3. Як визначається силова лінія магнітного поля? Чим силова лінія магнітного поля відрізняється від силової лінії електричного поля?
4. Сформулюйте закон Біо – Савар – Лапласа.
5. Порівняйте закони Біо – Савар – Лапласа і Кулона: що спільного між ними і в чому відмінність?
6. Електрон влітає в однорідне магнітне поле перпендикулярно до силових ліній. По якій траєкторії буде рухатися електрон?
7. Що визначає сила Ампера?
8. Який струм називається індукційним?

**Література за темою 6:** основна [1 – 6]; додаткова [9; 10; 13; 16; 17].

# **Змістовий модуль 4**

## **Коливання та хвилі. Оптика.**

### **Атомна будова речовини**

#### **Тема 7. Коливання та хвилі**

*Вивчення теми 7 передбачає розгляд таких питань:*

1. Механічні коливання та хвилі.

1.1. Коливальний рух. Вільні коливання. Амплітуда. Період. Частота. Математичний маятник. Період коливання математичного маятника. Коливання вантажу на пружині.

1.2. Звукові хвилі. Довжина хвилі. Зв'язок довжини хвилі зі швидкістю їхнього поширення, періодом і частотою. Гучність звуку. Висота тону. Відбиття звуку.

2. Електромагнітні коливання та хвилі.

2.1. Коливальний контур. Вільні електромагнітні коливання в контурі. Власна частота коливань у контурі. Формула Томпсона.

2.2. Вимушені електромагнітні коливання. Принцип дії генератора змінного струму.

2.3. Імпульсний струм.

2.4. Електромагнітне поле. Електромагнітні хвилі та швидкість їхнього поширення. Енергія електромагнітної хвилі.

2.5. Випромінювання електромагнітних хвиль. Електромагнітне випромінювання різних діапазонів довжин хвиль: радіохвилі, інфрачервоне, видиме, ультрафіолетове та рентгенівське проміння.

**Компетентність, що набуває слухач за темою 7:** здатність розрізняти та характеризувати різні види коливань.

#### **Методичні рекомендації до вивчення теми 7**

*Коливаннями* називаються процеси (руху або зміни стану), які в тій чи іншій мірі повторюються в часі. Від поступального руху коливання відрізняється тим, що воно обмежене в просторі, оскільки коливальна система періодично повертається в початковий стан.

Залежно від фізичної природи коливального процесу коливання можуть бути *механічні* (коливання маятника, струни, тиску повітря) й *електромагнітні* (коливання струму, напруги в колі змінного струму). Залежно від характеру впливу на коливальну систему розрізняють *вільні* та *вимушені* коливання.

*Вільними* або *власними* будуть коливання системи, яка один раз була виведена зі стану рівноваги, а потім залишена сама на себе.

*Вимушеними* будуть коливання, які відбуваються під дією зовнішньої сили, що змінюється за будь-яким законом.

**Завдання 1.** Необхідно написати рівняння гармонійного коливання, якщо максимальне прискорення точки –  $49,3 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$ , період коливання – 2 с і зміщення точки в початковий момент часу – 25 мм.

<p><i>Дано:</i>  <math>T = 2 \text{ с}</math>  <math>x(0) = 25 \text{ мм} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}</math>  <math>x(t) = ?</math></p>	<p style="text-align: center;"><i>Розв'язання</i></p> <p>Зміщення точки в початковий момент часу:</p> <p style="text-align: center;"><math>A\omega^2 = a_{\text{max}},</math></p>
---	---

де  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi \frac{\text{р}}{\text{с}}.$

Тоді амплітуда коливань дорівнює:

$$A = \frac{a_{\text{max}}}{\omega^2} = \frac{49,3 \cdot 10^{-2}}{\pi^2} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Для визначення початкової фази коливань використовуємо зміщення точки в початковий момент часу:

$$x(0) = 5 \cdot 10^{-2} \sin(\pi \cdot 0 + \varphi_0) = 5 \cdot 10^{-2} \sin \varphi_0 = 25 \cdot 10^{-3}, \text{ звідки:}$$

$$\sin \varphi_0 = \frac{25 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-2}} = 0,5 = \frac{1}{2} \text{ та } \varphi_0 = 30^\circ.$$

Рівняння гармонійного коливання запишеться в такий спосіб:

$$x(t) = 5 \cdot 10^{-2} \sin\left(\pi t + \frac{\pi}{6}\right) \text{ м.}$$

**Завдання 2.** Необхідно обчислити довжину маятника, який встановлений на екваторі. Прискорення вільного падіння на екваторі –  $9,78 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ .

Період коливань маятника – 2 с.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$g = 9,78 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$	Скористаємося формулою для періоду математичного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ , звідки знайдемо довжину маятника. $\ell = \frac{gT^2}{4\pi^2} = \frac{9,78 \cdot 4}{4 \cdot 9,86} = 0,9 \text{ м.}$
$T = 2 \text{ с}$	
$\ell = ?$	

**Завдання 3.** Матеріальна точка  $m = 0,1 \text{ кг}$  коливається по закону  $x = 5 \sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ м.}$  Необхідно визначити максимальну силу, що діє на точку, і повну енергію точки.

<i>Дано:</i>	<i>Розв'язання</i>
$m = 0,1 \text{ кг}$	Максимальна сила, що діє на точку, буде дорівнює добутку маси точки на максимальне прискорення: $F_{\text{max}} = ma_{\text{max}} = mA\omega^2 = 0,1 \cdot 5 \cdot \frac{\pi^2}{25} = 0,2 \text{ Н.}$
$x(t) = 5 \sin\left(\frac{\pi}{5}t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ м}$	
$F_{\text{max}} = ?$	
$W = ?$	

Повна енергія точки дорівнює:

$$W = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{0,1 \cdot \pi^2 \cdot 25}{2 \cdot 25} = 0,5 \text{ Дж.}$$

*Відповідь:*  $W = 0,5 \text{ Дж.}$

### **Питання для самостійного опрацювання за темою 7**

1. Випромінювання електромагнітних хвиль.
2. Електромагнітне випромінювання різних діапазонів довжин хвиль: радіохвилі, інфрачервоне, видиме, ультрафіолетове та рентгенівське проміння.
3. Принцип дії генератора змінного струму.
4. Енергія електромагнітної хвилі.

### **Запитання для самодіагностики за темою 7**

1. Які причини загасання коливань в електричному коливальному контурі?
2. Які коливання називаються вимушеними?
3. За яким законом відбуваються коливання сили?
4. З якою частотою відбуваються вимушені коливання?
5. Що таке "резонанс"?

**Література за темою 7:** основна [3; 5; 6]; додаткова [9; 10; 13; 17].

## **Тема 8. Оптика. Геометрична оптика. Хвильова оптика. Квантова оптика**

*Вивчення теми 8 передбачає розгляд таких питань:*

1. Світло як електромагнітна хвиля. Швидкість поширення світла.
2. Геометрична оптика як метод опису поширення світлової енергії. Закони геометричної оптики. Явище повного відбивання. Плоске та сферичне дзеркало. Лінза. Формула тонкої лінзи. Збільшення лінзи. Оптичні прилади. Світловий потік. Сила світла. Освітленість. Закони освітленості.
3. Око як оптична система. Дефект зору окуляра.
4. Когерентність світлових хвиль. Принцип Гюйгенса – Френеля. Інтерференція світла. Дифракція світла. Дифракційні ґрати. Поляризація світла. Дисперсія світла. Види спектрів. Спектральний аналіз.
5. Фотоелектричний ефект. Закон фотоэффекту.
6. Застосування фотоэффекту. Рівняння Ейнштейна.
7. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Фотон. Тиск світла.

**Компетентність, що набуває слухач за темою 8:** розуміння основ оптики та здатність обґрунтовувати основні закони хвильової та квантової оптики.

### Методичні рекомендації до вивчення теми 8

Розділ фізики, що займається вивченням природи світла, закономірностей його випускання, поширення та взаємодії з речовиною, називається *оптикою*. Отже, *оптика* – це вчення про світло. Світло є електромагнітним випромінюванням у діапазоні довжин хвиль від  $3,8 \cdot 10^{-7}$  м до  $7,7 \cdot 10^{-7}$  м. Джерелом таких хвиль є атоми та молекули, в яких відбувається зміна енергетичного стану електронів. У природі потужним джерелом світлових хвиль є Сонце.

Оптика включає в себе *геометричну, хвильову і квантову оптику*. У кожному з підрозділів розглядаються відповідні властивості світла.

**Завдання 1.** Під час переходу світлових променів з вакууму в скло кут падіння дорівнює  $50^\circ$ . Необхідно знайти кут заломлення і швидкість світла в склі з показником заломлення  $n_2 = 1,6$ .

<i>Дано:</i> $n_1 = 1$ $n_2 = 1,6$ $\alpha = 50^\circ$ <hr/> $a = ?$	<i>Розв'язання</i>  Для кута падіння та кута заломлення справедливо співвідношення:  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_1}{n_2},$
---	---

де  $n_1$  – показник заломлення вакууму,  
 $n_2$  – показник заломлення скла.

Отже:

$$\sin \gamma = \frac{n_1 \sin \alpha}{n_2} = \frac{0,76}{1,6} = 0,48, \text{ тоді } \gamma = 28^\circ.$$

$$\text{Для швидкості світла в склі знаходимо } v = \frac{c}{n_2} = \frac{3 \cdot 10^8}{1,6} = 1,9 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

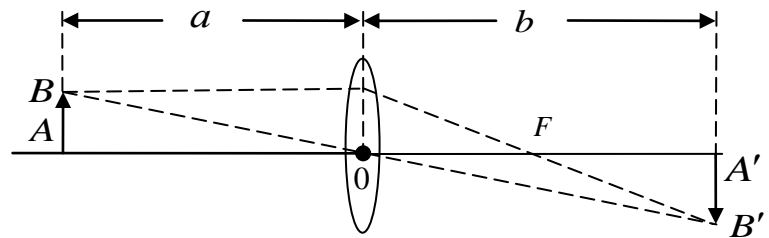
**Завдання 2.** Необхідно визначити, на якій відстані від збиральної лінзи з фокусною відстанню  $F = 20$  см потрібно помістити предмет, щоб збільшення  $\beta$ , дається лінзою, дорівнювало двом.

Дано:

$$F = 20 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-1} \text{ м}$$

$$\beta = 2$$

$$a = ?$$



Розв'язання

Нехай предмет  $AB$  знаходиться на відстані  $a$  від центру лінзи, а зображення предмета  $A'B'$  знаходиться на відстані  $b$  від центру лінзи. Трикутники  $ABO$  та  $A'B'O$  подібні, так як у них все кути рівні.

$$\beta = \frac{AB}{A_1B_1} = \frac{a}{b} = 2, \text{ отже } a = 2b. \text{ З формули лінзи знаходимо відстань}$$

до предмета:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2b} + \frac{1}{b} = \frac{3b}{2b^2} = \frac{1}{0,2},$$

$$\text{тоді } b = \frac{0,6}{2} = 0,3; \text{ а } a = 0,6 \text{ м.}$$

**Завдання 3.** Різниця ходу двох хвиль, що інтерферують, монохроматичного світла дорівнює  $0,5 \lambda$ . Необхідно визначити різницю фаз.

Дано:

$$x_2 - x_1 = \Delta x = 0,5 \lambda$$

$$\Delta \varphi = ?$$

Розв'язання

Запишемо рівняння двох хвиль, що інтерферують:

$$S(x_1, t) = A \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x_1\right)$$

та

$$S(x_2, t) = A \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x_2\right).$$

Різниця фаз –  $\Delta\varphi$ . Запишемо рівняння двох хвиль, що інтерферують.

$$\Delta\varphi = \omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x_1 - \omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x_2 = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta x, \text{ тоді } \Delta\varphi = \frac{2\pi \cdot 0,5\lambda}{\lambda} = \pi.$$

**Завдання 4.** На щілину шириною  $2 \cdot 10^{-5}$  м падає нормально паралельний пучок монохроматичного світла з довжиною хвилі  $5 \cdot 10^{-7}$  м. Необхідно знайти ширину зображення щілини на екрані, віддаленому від щілини на 1 м.

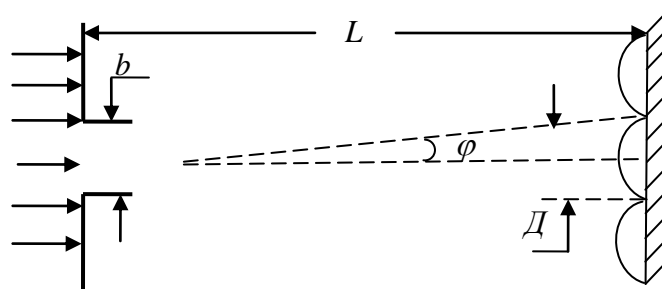
Дано:

$$b = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$\lambda = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$L = 1 \text{ м}$$

$$D = ?$$



Розв'язання

Умова дифракції на щілині  $b \sin \varphi = n\lambda$ . Оскільки розглядаємо центральний максимум, то  $n=1$ , отже  $\sin \varphi = \frac{\lambda}{b}$ . В умови заданої задачі

можна прийняти, що  $\sin \varphi \approx \text{tg} \varphi = \frac{D}{2L} = \frac{\lambda}{b}$ . З цього рівняння знаходимо

$$D = 2L \sin \varphi = 2L \frac{\lambda}{b} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 10^{-5}} = 5 \text{ см.}$$

**Завдання 5.** Світло з довжиною хвилі  $\lambda = 4,2 \cdot 10^{-7}$  м освітлює поверхню металу, робота, виходу електронів з якого дорівнює 2 еВ. Яку швидкість отримують вибиті з металу електрони?

Дано:

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$\lambda = 4,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$A_B = 2 \text{ еВ} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$v = ?$$

Розв'язання

Знаходимо швидкість електронів з рівняння Ейнштейна для фотоэффекту:  $h\nu = A_B + \frac{mv^2}{2}$ ,

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - A_B, \text{ тоді } v = \sqrt{\frac{2(h\nu - A_B)}{m}}, \text{ де } \nu = \frac{c}{\lambda}.$$



Після підстановки отримуємо:

$$v = \sqrt{\frac{2\left(\frac{hc}{\lambda} - A\right)}{m}} = \sqrt{\frac{2\frac{6,6 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^8}{4,2 \cdot 10^{-7}} - 3,2 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 5,7 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

### **Питання для самостійного опрацювання за темою 8**

1. Око як оптична система. Дефект зору окуляра.
2. Когерентність світлових хвиль.
3. Інтерференція світла.
4. Дисперсія світла.
5. Спектральний аналіз.

### **Запитання для самодіагностики за темою 8**

1. Який кут падіння сонячних променів, якщо тінь від предмета дорівнює висоті предмета?
2. Чому дорівнює кут падіння променя, якщо промінь падаючий і промінь відбитий утворюють кут?
3. Що таке "оптична лінза"? Яка лінза називається збиральною?
4. Що і де "збирає" збиральна лінза?
5. Як треба розташувати дві збірні лінзи, щоб пучок паралельних променів, пройшовши через обидві лінзи, знову став паралельним?
6. Що таке "оптика"?
7. Яка природа світла?
8. З яких підрозділів складається оптика?
9. Яким досвідом можна підтвердити те, що світло поширюється прямолінійно?

**Література за темою 8:** основна [2 – 4; 6]; додаткова [9; 11; 17].

## **Тема 9. Атом і атомне ядро**

*Вивчення теми 9 передбачає розгляд таких питань:*

1. Досліди Резерфорда. Планетарна модель атома. Квантові постулати Бора. Вимушене (індукційне) випромінювання. Неперервний та лінійчатий спектри. Лазер.
2. Явище радіоактивності. Альфа-, бета-, гама-випромінювання. Закон радіоактивного розпаду. Ізотопи.

3. Штучні радіоактивні ізотопи, їхнє використання.
4. Склад ядра атома. Енергія зв'язку атомних ядер. Ядерні реакції. Енергетичний вихід ядерних реакцій.
5. Поділ ядер урану. Ланцюгова реакція. Ядерний реактор. Термо-ядерні реакції.

**Компетентність, що набуває слухач за темою 8:** розуміння основ атомної фізики та здатність обґрунтовувати її основні закони.

## Методичні рекомендації до вивчення теми 9

### Теорія Бора атома водню

Усі речовини складаються з найдрібніших частинок, при цьому частка зберігає властивості окремого речовини або точніше хімічного елемента. Про це знали ще стародавні греки, які називали цю найменшу частку атом, що означає "неподільний" у перекладі з грецької мови. Атом – це дрібна частка хімічного елемента, яка володіє його властивостями, але атом такий малий, що не може бути сприйнятий жодним з почуттів людини. Проте, людина заглянула всередину атома та дізналася, як він улаштований. Вперше це вдалося зробити видатному англійському вченому Ернесту Резерфорду, який створив так звану планетарну модель атома. За цією моделлю в центрі атома – його ядрі, що має лінійні розміри  $10^{-15} - 10^{-14}$  м, зосереджений весь позитивний заряд атома і практично вся його маса. Навколо ядра, в області з розмірами  $\approx 10^{-10}$  м, по орбітах рухаються електрони, маса яких становить лише дуже малу частку від маси ядра.

Ядерна модель атома зовні нагадує Сонячну систему: в центрі системи знаходиться "Сонце" – ядро, а навколо нього по орбітах рухаються "планети" – електрони. Тому ще її називають планетарною (рис. 2).

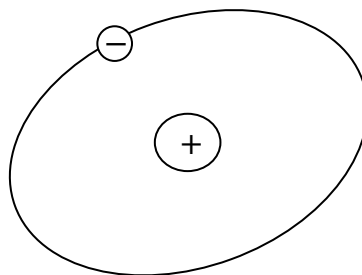


Рис. 2. Ядерна модель атома

Теорію ядерної моделі атома водню вперше сформулював датський вчений Нільс Бор. Він сформулював три постулати Бора, тобто твердження, які приймаються без доведення.

*Перший постулат* Бора стверджує, що в атомі для електрона існують стаціонарні орбіти, рухаючись по яких електрони не випромінюють енергію.

*Другий постулат* Бора встановлює умови стаціонарності орбіт: електрон, рухаючись по стаціонарній орбіті, має дискретні значення моменту імпульсу:

$$L = mvr = n \frac{h}{2\pi}, \text{ де, } n = 1, 2, 3 \dots$$

*Третій постулат* Бора визначає умови випромінювання енергії електроном: електрон випромінює (або поглинає) енергію під час переходу з однієї стаціонарної орбіти на іншу, при цьому випромінюється квант енергії  $h\nu = W_m - W_n$ . У цих умовах  $W_m$  – енергія електрона на рівні з номером  $m$ ,  $W_n$  – енергія електрона на рівні з номером  $n$  при цьому  $m > n$  під час випромінювання енергії та  $m < n$  під час поглинання (рис. 3).

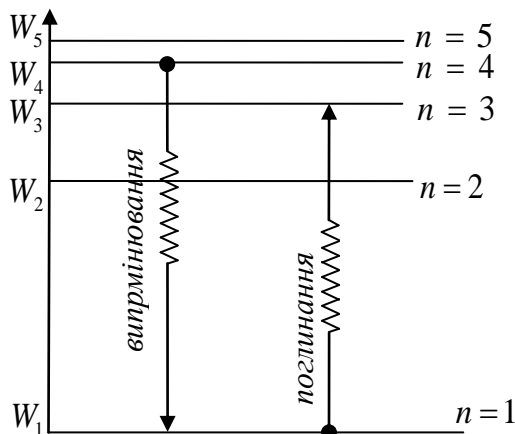


Рис. 3. Третій постулат Бора

Слід зазначити, що третій постулат Бора є фактично законом збереження енергії для фотона й електрона.

### Будова та властивості атомних ядер

Атом складається з позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів, при цьому позитивний заряд ядра в точності дорівнює негативному заряду електронів, так що атом загалом нейтральний.

Ядро атома теж має свою структуру, воно складається з елементарних частинок – протонів і нейтронів. Заряд ядра створюють протони, так як нейтрони електрично нейтральні. Число протонів в ядрі  $N_p$  дорівнює числу електронів на електронній оболонці атома та збігається з порядковим номером елемента в Періодичній системі елементів Менделєєва:  $N_p = z$ . Позитивний заряд ядра дорівнює негативному заряду електронів у заданому атомі  $q = z|e|$ .

Атомні маси елементів в періодичній системі – не цілі числа, так як кожен хімічний елемент – це суміш декількох ізотопів, тобто ядер з однаковими  $z$ , але різними масовими числами. Масовим числом  $A$  називається ціле число, найближче до значення атомної маси.

Масою електронів в оболонці атома можна знехтувати в порівнянні з масою ядра і вважати, що маса атома дорівнює масі його ядра. Тоді:

$$A = N_p + N_n \text{ або } A = z + N_n.$$

Кількість нейтронів в ядрі атома визначається за формулою  $N_n = A - z$ , наприклад, для азота  ${}^{14}_7\text{N}$ ,  $N_n = 14 - 7 = 7$  нейтронів.

Між нуклонами в ядрі існує особливе ядерне сильна взаємодія – тяжіння, що забезпечує стійкість ядер, незважаючи на відштовхування однойменно заряджених протонів. Ядерні сили значно перевершують сили електричного взаємодії, але вони є короткодійними з радіусом дії  $r - 10^{-15}$  м. На відстанях  $r > 10^{-15}$  м тяжіння нуклонів змінюється відштовхуванням. Тому ядерні сили ще називають "велетнем з короткими руками".

Природа ядерних сил остаточно не встановлена, хоча людина навчилася використовувати ядерну енергію в науці та техніці.

**Завдання 1.** Радіус першої орбіти електрона в атомі водню дорівнює 0,053 нм. Необхідно визначити лінійну швидкість руху електрона на цій орбіті?

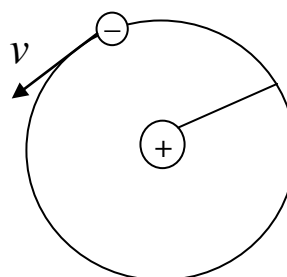
Дано:

$$r = 0,053 \text{ нм} = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ м}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$v = ?$$



### Розв'язання

Запишемо рівняння руху електрона  $m\vec{a} = \vec{F}$ . Повний прискорення електрона одно доцентровому  $a = \frac{v^2}{r}$ , а сила, діє на електрон – це сила електростатичного взаємодії з позитивно зарядженим ядром. Тоді в проєкції на напрямок руху рівняння руху запишеться в такий спосіб:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}.$$

З цього рівняння знаходимо швидкість:

$$v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mr}} = \sqrt{\frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{4 \cdot 10 \cdot 8,8 \cdot 10^{-12} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5,3 \cdot 10^{-11}}} \approx 1,3 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

**Завдання 2.** Під час переходу електрона з однієї стаціонарної орбіти на іншу відбулося випромінювання фотона світла з частотою  $4,5 \cdot 10^{14}$  Гц. Необхідно визначити, на яку величину змінилася енергія електрона в атомі за рахунок цього випромінювання.

Дано:

$$\nu = 4,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$\Delta W = ?$$

Розв'язання

Зміна енергії електрона в атомі визначається третім постулатом Бора:

$$\begin{aligned} W_m - W_n &= \Delta W = h\nu = \\ &= 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 4,5 \cdot 10^{14} = 2,85 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}. \end{aligned}$$

**Завдання 3.** Скільки протонів і нейтронів міститься в ядрах атомів  ${}^1_6\text{C}$  та  ${}^{235}_{92}\text{U}$ ? Необхідно визначити, скільки електронів рухається навколо ядер цих елементів.

Розв'язання

Число електронів в атомі дорівнює числу протонів і дорівнює порядковому номеру  $z$  елемента в таблиці Менделєєва. Отже, атом вуглецю має 6 протонів ( $N_p = 6$ ), 6 нейтронів ( $N_n = A - z = 12 - 6 = 6$ )

та 6 електронів. Атом урану має 92 протона,  $N_n = 235 - 92 = 143$  нейтрона та 92 електрона.

### **Завдання для самостійного опрацювання за темою 9**

1. Виконайте індивідуальне завдання за темою "Фізика атома й атомного ядра".
2. Підготуйте есе за темою "Біологічна дія радіоактивного випромінювання".
3. Підготуйте повідомлення за темою "Проблеми термоядерної енергетики".
4. Підготуйте повідомлення за темою "Лазери, їхнє невикористання в побутовій техніці".
5. Підготуйте за темою "Ядерний реактор. Типи ядерних реакторів на АЕС України".

### **Питання для самодіагностики за темою 9**

1. Явище радіоактивності. Альфа-, бета-, гама-випромінювання. Закон радіоактивного розпаду.
2. Ізотопи.
3. Штучні радіоактивні ізотопи, їхнє використання.
4. Склад ядра атома. Енергія зв'язку атомних ядер. Ядерні реакції. Енергетичний вихід ядерних реакцій.
5. Поділ ядер урану. Ланцюгова реакція. Ядерний реактор. Термоядерні реакції.

**Література за темою 9:** основна [3; 4; 6]; додаткова [7; 12; 14; 15].

## Рекомендована література

### Основна

1. Бондаренко Є. А. Електрика та магнетизм. Практикум з навчальної дисципліни "Фізика" : навч.-практ. посіб. / Є. А. Бондаренко, О. М. Гоков, К. А. Катрунов. – Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2009. – 268 с.
2. Бондаренко Є. А. Оптика. Практикум з навчальної дисципліни "Фізика" : навч.-практ. посіб. / Є. А. Бондаренко, О. М. Гоков, К. А. Катрунов. – Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2011. – 238 с.
3. Гоков О. М. Фізика : навч. посіб. / О. М. Гоков. – Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. – 292 с.
4. Жданов Л. С. Фізика для ССУЗ / Л. С. Жданов, Г. Я. Жданов. – Москва : Изд. "Наука", 1997. – 512 с.
5. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Фізика" для студентів напряму підготовки "Комп'ютерні науки", "Видавничо-поліграфічна справ" : навч. посіб. / О. О. Бондаренко, А. Г. Батрак, В. Ю. Вдовенков та ін. – Харків : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2008. – 258 с.
6. Трофимова Т. И. Краткий курс физики / Т. И. Трофимова. – Москва: Изд. "Высшая школа", 2000. – 489 с.

### Додаткова

7. Балаш В. А. Задачи по физике и методы их решения : пособ. для учителя / В. А. Балаш. – Москва : Изд. "Просвещение", 1983. – 432 с.
8. Васильев А. Г. Методическое пособие. Конспект лекций для подготовки иностранных студентов подготовительного отделения. В 2-х частях / А. Г. Васильев. – Донецк : Изд. ДонНТУ, 2012. – 90 с.
9. Гурский И.П. Элементарная физика с примерами решения задач / И. П. Гурский. – Москва: Изд. "Просвещение", 1989. – 464 с.
10. Евграфова Н. Н. Курс физики : учеб. пособ. для подготовительных отделений вузов / Н. Н. Евграфова, В. Л. Каган – Москва: Изд. "Просвещение", 1984. – 512 с.

11. Лисий М. В. Курс загальної фізики для слухачів-іноземців підготовчого відділення / М. В. Лисий, І. М. Поспелов. – Вінниця : Вид. ВНТУ, 2010. – 209 с.

12. Меледин Г. В. Физика в задачах. Экзаменационные задачи с решениями / Г. В. Меледин. – Москва : Изд. Наука, 1990. – 272 с.

13. Сборник задач по физике для слушателей подготовительного отделения ВУЗов / под ред. С. М. Козела. – Москва : Наука, 1990. – 349 с.

14. Соколович Ю. Справочное руководство по курсу физики средней школы с примерами решения задач / Ю. А. Соколович, А. С. Богданова. – Харьков : Изд. "Ранок", 1999. – 480 с.

### **Інформаційні ресурси**

15. ЕГЭ ФИЗИКА. Как подготовиться к ЕГЭ по физике? План подготовки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.youtube.com/watch?v=By9KYsHYRXI>

16. Курс подготовки к ЕГЭ. Физика [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.youtube.com/watch?v=bg\\_b5qs8mXg&t=2484s](https://www.youtube.com/watch?v=bg_b5qs8mXg&t=2484s).

17. Физика: подготовка к ЕГЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.youtube.com/watch?v=Li\\_E\\_EFi2tU](https://www.youtube.com/watch?v=Li_E_EFi2tU).



## Зміст

Вступ.....	3
Загальні положення про самостійну роботу слухачів навчальної дисципліни "Фізика".....	4
Самостійна робота слухачів під час вирішення завдань.....	5
Досліди та спостереження в домашніх завданнях з фізики.....	7
Заняття з використанням відеоуроків з субтитрами рідною мовою слухачів.....	11
Змістовий модуль 1. Механіка та основи молекулярно-кінетичної теорії.....	12
Тема 1. Механіка.....	12
Тема 2. Енергія та робота. Закон збереження в механіці.....	19
Тема 3. Основи молекулярно-кінетичної теорії.....	23
Змістовий модуль 2. Термодинаміка та електростатика.....	27
Тема 4. Основи термодинаміки та електростатики.....	27
Змістовий модуль 3. Постійний електричний струм. Магнітне поле у вакуумі.....	34
Тема 5. Постійний електричний струм.....	34
Тема 6. Основи електромагнетизму. Магнітне поле. Електромагнітна індукція.....	37
Змістовий модуль 4. Коливання та хвилі. Оптика. Атомна будова речовини.....	42
Тема 7. Коливання та хвилі.....	42
Тема 8. Оптика. Геометрична оптика. Хвильова оптика. Квантова оптика.....	45
Тема 9. Атом і атомне ядро.....	49
Рекомендована література.....	55
Основна.....	55
Додаткова.....	55
Інформаційні ресурси.....	56

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

# ФІЗИКА

## Методичні рекомендації до самостійної роботи для слухачів підготовчого відділення

*Самостійне електронне текстове мережеве видання*

Укладачі: **Кобзін** Володимир Григорович  
**Белікова** Тетяна Борисівна

Відповідальний за видання *Ю. В. Буц*

Редактор *А. С. Ширініна*

Коректор *А. С. Ширініна*

План 2020 р. Поз. № 75 ЕВ. Обсяг 58 с.

---

Видавець і виготовлювач – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, просп. Науки, 9-А

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК № 4853 від 20.02.2015 р.*