

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Кафедра фізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ енергетики, автоматики  
і енергозбереження

  
“ ” \_\_\_\_\_ проф. Каплун В.В.  
\_\_\_\_\_ 2023 р.



“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри фізики  
Протокол № 5 від 29 травня 2023 р.  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Бойко В.В.

“РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОП “Теплоенергетика”  
\_\_\_\_\_ Гарант ОП  
\_\_\_\_\_ Горобець В.Г.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИКА

спеціальність \_\_\_\_\_ 144 – «Теплоенергетика» (ОКР «Бакалавр»)  
\_\_\_\_\_ галузі знань №14 «Електрична інженерія»

освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_ Теплоенергетика

Факультет(ННІ) \_\_\_\_\_ ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: канд. фіз. мат. наук, старший викладач **Чорній Віталій Петрович**

Київ – 2023 р.

## Опис навчальної дисципліни «ФІЗИКА»

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	144 “Теплоенергетика”	
Освітня програма	ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА» Першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю №144 «Теплоенергетика» галузі знань №14 «Електрична інженерія»	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов’язкова	
Загальна кількість годин	300	
Кількість кредитів ECTS	10,0	
Кількість змістових модулів	6	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-	
Форма контролю	залік. екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Курс (рік підготовки)	1	
Семестр	1, 2	
Лекційні заняття	30 год., 30 год. <b>Всього-60 год.</b>	год.
Практичні, семінарські заняття	30 год., 30 год. <b>Всього-60 год.</b>	год.
Лабораторні заняття	30 год., 30 год. <b>Всього-60 год.</b>	год.
Самостійна робота	60 год., 60 год. <b>Всього-60 год.</b>	год.
Індивідуальні завдання	<i>Не планується</i>	
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	6 год. 6год. (по семестрах)	год.

**Примітка.**

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної:

Для денної форми навчання - **180 год. до 120 год.**

## 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна „фізика” разом з курсом вищої математики та теоретичної механіки являє собою основу загальної теоретичної підготовки спеціалістів 144 “Теплоенергетика”, тобто ту фундаментальну базу, без якої неможливе повноцінне вивчення дисциплін циклу професійної та практичної підготовки таких фахівців. Потреба вивчення фізики студентами цієї спеціальності обумовлена все більшим застосуванням фізичних методів та приладів у різних галузях народного господарства, саме тому сучасному фахівцю необхідно мати належну фізико-технічну підготовку.

**Основною метою** навчальної дисципліни “**Фізика**” є послідовне вивчення студентами основних законів і положень фізики для пізнання загальних закономірностей явищ природи; використання даних законів в оперативному розв’язанні проблем; освітлення можливих прикладних застосувань фізичних методів і приладів у практичній діяльності.

**Завдання навчальної дисципліни “Фізика”** наступні:

Створення у студентів достатньо широкої підготовки в галузі фізики, володіння фундаментальними поняттями та теоріями класичної та сучасної фізики, що забезпечує їм ефективне опанування спеціальних предметів й подальшу можливість використання фізичних принципів. Сюди також відноситься навчання студентів методам та навичкам розв’язання конкретних задач та ознайомлення їх із сучасною науковою апаратурою, зокрема, електронно-обчислювальною.

Формування у студентів наукового світогляду та сучасного фізичного мислення. Це завдання слід також розглядати як істотну частину гуманітарної підготовки майбутнього спеціаліста, бо більшість питань історії науки, філософії і навіть естетики можна продемонструвати під час викладання курсу фізики, при чому на прикладах, що найбільш близькі до схильностей студентів.

При вивченні фізики необхідно виходити з єдності фізики як науки та глибокого зв’язку різних її розділів, головну увагу приділяючи вивченню основних принципів фізики. Такий підхід закладає міцну основу фундаментальних знань, чим сприяє засвоєнню в подальшому різноманітних спеціалізацій.

У всіх випадках, коли це можливо, закони фізики треба виводити з основних принципів і всюди підкреслювати різницю між основними принципами і висновками з них. Необхідно прагнути показати взаємозв’язок різних галузей

**У результаті вивчення навчальної дисципліни «Фізика» студент повинен знати:**

- основні фізичні величини, одиниці їх вимірювань, основи теорії похибок та правила оброблення результатів вимірювань;
- фундаментальні поняття й теорії класичної та сучасної фізики з тим, щоб ефективно опанувати спеціальні навчальні дисципліни та використати знання фізичних закономірностей у майбутній роботі;
- методи розв’язування практичних фізичних задач та проблем;

- принципи дії приладів, в тому числі електронно-обчислювальної апаратури;

***вміти:***

- проводити математичну і статистичну обробку результатів вимірювань;
- користуючись фізичними положеннями, законами і теоріями, застосовувати набуті теоретичні та практичні знання внаслідок вивчення спеціальних дисциплін в майбутній роботі із спеціальності;
- пояснювати фізичні процеси та явища, які відбуваються під час роботи різного роду механізмів, що використовуються в практичній діяльності;
- застосовувати сучасні фізичні методи і прилади на практиці.

**Набуття компетентностей** здійснюється відповідно до Стандарту вищої освіти затвердженого наказом МОН України від 04.03.2020 р. №867.

***Інтегральна компетентність (ІК):***

*ІК1* - Здатність розв'язувати складні загальні, спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері теплоенергетики або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів електричної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

***Загальні компетентності (ЗК):***

*ЗК3.* Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

*ЗК6.* Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

*ЗК8.* Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

***Фахові (спеціальні) компетентності (ФК):***

*ФК13.* Здатність демонструвати розуміння розвитку сфери теплоенергетики та агросектору шляхом переходу від традиційних до відновлювальних джерел енергії.

В результаті вивчення дисципліни студент досягає програмних **результатів навчання:**

*РН-1.* Знання і розуміння математики, фізики, хімії, газодинаміки, тепломасообміну, технічної термодинаміки, міцності, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика» на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

*РН-2.* Знання і розуміння інженерних дисциплін, що лежать в основі спеціальності «Теплоенергетика», на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки.

*РН-3.* Розуміння загальних принципів і методів використання відновлювальних джерел енергії для підвищення рівня енергетичної ефективності та покращення екології навколишнього середовища.

- PH-4.* Розуміння міждисциплінарного контексту спеціальності «Теплоенергетика».
- PH-5.* Здатність розуміти складні інженерні процеси, системи, обладнання і технології, відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати такого аналізу та досліджень.
- PH-6.* Здатність використовувати набуті знання, зокрема у сфері біотехнологій, на підприємствах сфери теплоенергетики та агросектору для побудови систем енергопостачання об'єктів на їх основі.
- PH-7.* Здатність виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності «Теплоенергетика»; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.
- PH-8.* Здатність розробляти і проектувати складні технічні вироби у сфері теплоенергетики, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.
- PH-9.* Здатність використовувати певне розуміння передових досягнень при проектуванні об'єктів сфери теплоенергетики.
- PH-10.* Здатність демонструвати розуміння розвитку сфери теплоенергетики та агросектору шляхом переходу від традиційних до відновлювальних джерел енергії.
- PH-11.* Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в технічній літературі, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань спеціальності «Теплоенергетика».
- PH-13.* Лабораторні/технічні навички та вміння планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.
- PH-15.* Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження для побудови систем енергозабезпечення об'єктів сфери теплоенергетики та агросектору.
- PH-16.* Розуміння застосовуваних методик проектування і дослідження, а також їх обмежень відповідно спеціальності «Теплоенергетика».
- PH-17.* Практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проєктів і проведення досліджень відповідно.
- PH-18.* Розуміння застосовуваних матеріалів, обладнання та інструментів, інженерних технологій і процесів, а також їх обмежень відповідно спеціальності «Теплоенергетика».
- PH-19.* Здатність застосовувати норми інженерної практики відповідно до спеціальності «Теплоенергетика».

- PH-20.* Розуміння нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) наслідків інженерної практики.
- PH-21.* Здатність збирати й інтерпретувати відповідні дані і аналізувати складності в межах спеціальності «Теплоенергетика» для донесення суджень, які відбивають відповідні соціальні та етичні проблеми.
- PH-22.* Здатність керувати професійною діяльністю, приймати участь у роботі над проектами відповідно до спеціальності «Теплоенергетика», беручи на себе відповідальність за прийняття рішень.
- PH-23.* Здатність ефективно спілкуватися з питань інформації, ідей, проблем та рішень з інженерним співтовариством і суспільством загалом.
- PH-24.* Здатність ефективно працювати в національному та міжнародному контексті, як особистість і як член команди, і ефективно співпрацювати з інженерами та не інженерами.
- PH-25.* Здатність розпізнавати необхідність і самостійно навчатися протягом життя.
- PH-26.* Здатність відстежувати сучасні напрямки розвитку науки і техніки.

## 2. Програма та структура навчальної дисципліни для:

- повного терміну денної (заочної) форми навчання;
- скороченого терміну денної (заочної) форми навчання.

### Структура навчальної дисципліни

#### 1 семестр

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лек	пр	л	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1. МЕХАНІКА</b>												
Тема 1. Вступ. Кінематика та динаміка поступального руху	16	4	2	4		6						
Тема 2. Кінематика та динаміка обертального руху	14	2	4	2		6						
Тема 3. Кінематика та динаміка коливального руху	10	2	2	2		4						
Тема 4. Сили	10	2	2	2		4						
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		<b>20</b>						
<b>Змістовий модуль 2. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА ТА ТЕРМОДИНАМІКА</b>												
Тема 1. Молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів	20	4	4	4		8						
Тема 2. Явища переносу	10	2	2	2		4						
Тема 3. Основи термодинаміки	20	4	4	4		8						
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		<b>20</b>						
<b>Змістовий модуль 3. ЕЛЕКТРИКА</b>												
Тема 1. Електростатичне поле та його характеристики	20	4	4	4		8						
Тема 2. Закони постійного струму	30	6	6	6		12						
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		<b>20</b>						
<b>Разом за 1 семестр (M1+ M2+M 3)</b>	<b>150</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	-	<b>60</b>						

## 2 семестр

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лек	пр	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 4. ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ</b>												
Тема 1. Магнітне поле	20	4	4	4		8						
Тема 2. Електромагнітна індукція	14	4	2	2		6						
Тема 3. Електромагнітні коливання і хвилі	16	2	4	4		6						
<b>Разом за змістовим модулем 4</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		<b>20</b>						
<b>Змістовий модуль 5. ОПТИКА</b>												
Тема 1. Геометрична оптика	10	2	2	2		4						
Тема 2. Хвильова оптика	20	4	4	4		8						
Тема 3. Квантова оптика	20	4	4	4		8						
<b>Разом за змістовим модулем 5</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		<b>20</b>						
<b>Змістовий модуль 6. ЕЛЕМЕНТИ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ АТОМА ТА ЯДРА</b>												
Тема 1. Хвильові властивості частинок	10	2	2	2		4						
Тема 2. Атом	20	4	4	4		8						
Тема 3. Структура атомного ядра	20	4	4	4		8						
<b>Разом за змістовим модулем 6</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>		<b>20</b>						
<b>Разом за 2 семестр (М4+М 5+М 6)</b>	<b>150</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		<b>60</b>						
Усього годин	<b>300</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	-	<b>120</b>						



**ЛЕКЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ**  
**1 семестр-30 годин лекційних**  
**Змістовий модуль 1. МЕХАНІКА.**

**Лекційне заняття 1.**

**Вступ**

Предмет фізики. Матерія і рух. Форми руху матерії. Методи фізичних досліджень. Фізика та інші науки. Зв'язок фізики і техніки, їх взаємний вплив. Важливість вивчення фізики для майбутніх фахівців у галузі енергетики агропромислового виробництва. Математичний апарат, як засіб дослідження та відкриття фізичних явищ.

**Лекційне заняття 2.**

**Тема 1.**

**1.1. Кінематика та динаміка поступального руху**

Параметри руху (радіус-вектор, переміщення, швидкість, прискорення). Прямолінійний і криволінійний рух. Траєкторія. Кінематика поступального руху.

Динаміка поступального руху. Сила, маса. Закон збереження кількості руху. Робота, енергія, потужність. Закон збереження енергії.

**Лекційне заняття 3.**

**Тема 2.**

**1.2. Кінематика та динаміка обертального руху**

Параметри руху. Кінематика обертального руху. Момент сили. Момент інерції. Момент інерції матеріальної точки та твердого тіла. Теорема Штейнера. Момент інерції диска, циліндра, стержня відносно різних осей.

Робота, енергія, потужність при обертальному русі. Закон збереження моменту кількості руху.

**Лекційне заняття 4.**

**Тема 3.**

**1.3. Кінематика та динаміка коливального руху**

Маятники. Диференціальні та кінематичні рівняння коливань. Параметри коливань. Вільні коливання. Швидкість, прискорення та енергія коливального руху. Складання коливань. Загасаючі коливання. Диференціальне та кінематичне рівняння коливань. Параметри коливань. Декремент загасання. Коефіцієнт загасання. Час релаксації. Аперіодичні коливання.

Вимушені коливання. Параметри коливань. Резонанс. Автоколивання.

Хвилі, механізм їх утворення. Рівняння хвилі. Довжина хвилі. Хвильовий вектор. Акустичні хвилі, їх характеристики. Ефект Доплера. Звук, його характеристики.

**Лекційне заняття 5.**

**Тема 4.**

**1.4. Сили**

Консервативні системи. Сила тяжіння. Закон всесвітнього тяжіння. Прискорення вільного падіння. Робота сили тяжіння. Космічні швидкості.

Сили пружності. Закон Гука в двох формах запису. Модуль Юнга. Деформації реальних тіл.

Сила тертя. Види тертя. Коефіцієнт тертя. Залежність сили тертя від швидкості руху та інших факторів. Внутрішнє тертя. Закон Ньютона для внутрішнього тертя.

## **Змістовий модуль 2. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА ТА ТЕРМОДИНАМІКА**

### **Лекційне заняття 6.**

#### **Тема 1.**

#### **2.1. Молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів**

Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів. Молекулярно-кінетична інтерпретація температури. Середня кінетична енергія молекули. Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності.

### **Лекційне заняття 7.**

Закон Максвелла про розподіл молекул газу за швидкостями. Дослід Штерна. Розподіл Больцмана. Барометрична формула.

### **Лекційне заняття 8.**

#### **Тема 2.**

#### **2.2. Явища переносу**

Середнє число зіткнень і середня довжина вільного пробігу молекул.

Градiєнт фізичної величини. Дифузія, закон Фіка. Внутрішнє тертя, закон Ньютона. Теплопровідність. Закон Фур'є. Загальна характеристика явищ переносу.

### **Лекційне заняття 9.**

#### **Тема 3.**

#### **2.3. Основи термодинаміки**

Робота газу при зміні об'єму. Внутрішня енергія термодинамічної системи. Перший закон термодинаміки, його застосування до різних ізо процесів у газах.

Теплоємності ідеального газу  $C_p$  і  $C_v$ . Робота газу в різних ізо процесах. Адіабатичний процес. Рівняння Пуасона.

### **Лекційне заняття 10.**

Направленість процесів природи. Другий закон термодинаміки. Зворотній і незворотній процеси. Цикл Карно. ККД циклу Карно. Фізична причина незворотності процесів природи. Ентропія та її фізичний зміст. Принцип зростання ентропії.

## **Змістовий модуль 3. ЕЛЕКТРИКА**

### **Лекційне заняття 11.**

#### **Тема 1.**

#### **3.1. Електростатичне поле та його характеристики**

Закон Кулона. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Напруженість поля точкового заряду. Принцип суперпозиції електричних полів.

Графічне зображення електричного поля. Робота в електростатичному полі. Потенціал, різниця потенціалів.

### **Лекційне заняття 12.**

Електроємність провідника. Конденсатори. Ємність плоского, циліндричного, сферичного конденсаторів. Електроємність Землі. Ємність системи конденсаторів.

Енергія системи електричних зарядів. Енергія зарядженого провідника. Енергія, яка накопичена у конденсаторі, її об'ємна густина.

### **Лекційне заняття 13.**

#### **Тема 2.**

#### **3.2. Закони постійного струму**

Електричний струм та його характеристики. Сила та густина струму. Е.Р.С. Джерела струму. Падіння напруги та електрорушійна сила.

Закони Ома. Електропровідність, електричний опір. Закон Джоуля-Ленца.

### **Лекційне заняття 14.**

Закони Кірхгофа. Використання законів Кірхгофа для розрахунку електричних кіл. Закони Ома та Джоуля-Ленца у диференціальній формі.

### **Лекційне заняття 15.**

Електричний струм в електролітах. Закони Фарадея. Розряди в газах. Струм у вакуумі. Лампові діод та тріод.

**За 1 семестр - 30 годин лекційних.**

**2 семестр - 30 годин лекційних.**

### **Змістовий модуль 4. ЕЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

#### **Лекційне заняття 1.**

#### **Тема 1.**

#### **4.1. Магнітне поле**

Матеріальність магнітного поля. Дія магнітного поля на провідник із струмом. Закон Ампера. Магнітна індукція. Магнітні силові лінії.

### **Лекційне заняття 2.**

Закон Біо – Савара - Лапласа та його застосування до розрахунку магнітних полів прямолінійного та кільцевого струмів. Напруженість магнітного поля.

Рух заряджених частинок у магнітному полі. Сила Лоренца. Ефект Холла.

#### **Тема 2.**

#### **4.2. Електромагнітна індукція**

### **Лекційне заняття 3.**

Самоіндукція та взаємоіндукція. Основний закон електромагнітної індукції. Закон Фарадея, правило Ленца.

Електронний механізм електромагнітної індукції. Магнітний потік. Індуктивність. Енергія магнітного поля, об'ємна густина енергії.

#### **Лекційне заняття 4.**

### **Тема 3.**

#### **4.3. Електромагнітні коливання і хвилі**

Коливання в електричному контурі. Диференціальне та кінематичне рівняння коливань. Параметри коливань. Вільні коливання. Додавання коливань.

Загасаючі коливання. Змушені коливання. Резонанс. Автоколивання. Відкритий електричний контур. Вібратор.

Рівняння Максвелла. Інтегральні та диференціальні форми запису рівнянь Максвелла.

#### **Лекційне заняття 5.**

Електромагнітні хвилі, їх характеристики. Довжина хвилі. заломлення. Вектор Пойнтінга.

Принцип Гюйгенса. Вторинні хвилі. Фронтальні поверхні та промені. Шкала електромагнітних хвиль. Джерела електромагнітних хвиль. Видиме світло.

### **Змістовий модуль 5. ОПТИКА**

#### **Лекційне заняття 6.**

### **Тема 1.**

#### **5.1. Геометрична оптика**

Закони відбивання та заломлення світла. Повне внутрішнє відбивання. Пояснення законів геометричної оптики за допомогою принципу Гюйгенса.

### **Тема 2.**

#### **5.2. Хвильова оптика**

Інтерференція хвиль. Інтерференція світла, її особливості. Метод одержання когерентних джерел світла. Інтерференційні схеми. Інтерференція в тонких плівках. Застосування явища інтерференції світла.

#### **Лекційне заняття 7.**

Дифракція хвиль, її пояснення за допомогою принципу Гюйгенса. Принцип Гюйгенса - Френеля. Дифракція від точкового джерела та в паралельних променях. Дифракція на отворі, диску, щілині. Дифракційна решітка (гратка), її застосування.

#### **Лекційне заняття 8.**

Поляризація світла. Подвійне променезаломлення. Закон Малюса. Поляризація при відбиванні та заломленні світла на границі двох діелектриків. Призма Ніколя. Штучна анізотропія, ефект Керра. Явище обертання площини коливань.

Дисперсія світла. Нормальна та аномальна дисперсія. Поглинання світла. Закон Бугера - Ламберта. Коефіцієнт поглинання.

#### **Лекційне заняття 9.**

### **Тема 3.**

### 5.3. Квантова оптика

Особливості теплового випромінювання. Модель абсолютно чорного тіла. Закон Кірхгофа. Розподіл енергії в спектрі абсолютно чорного тіла. Закони Стефана-Больцмана і Віна. Гіпотеза Планка. Кванти. Оптична пірометрія.

#### Лекційне заняття 10.

Закони зовнішнього фотоефекту. Рівняння Ейнштейна для фотоефекту. Пояснення законів фотоефекту за допомогою квантових уявлень про світло. Застосування фотоефекту.

Досліди Лебедева. Тиск світла. Квантове пояснення тиску світла. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.

### Змістовий модуль 6. ЕЛЕМЕНТИ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ АТОМА ТА ЯДРА

#### Лекційне заняття 11.

##### Тема 1.

#### 6.1. Хвильові властивості частинок

Гіпотеза де Бройля. Дифракція електронів, досліди Девісона і Джермера. Хвильові властивості електрона, їх застосування. Хвильові властивості частинок.

#### Лекційне заняття 12.

##### Тема 2.

#### 6.2. Атом

Лінійчасті спектри як ключ для розгадування будови атома. Закономірності в спектрі атомарного водню. Планетарна модель атома.

#### Лекційне заняття 13.

Постулати Бора. Радіуси стаціонарних орбіт. Енергетичний спектр атома водню. Природа спектральних ліній. Багатоелектронні атоми. Головне, орбітальне і магнітне квантові числа. Спін електрона. Спінове квантове число. Принцип Паулі і розподіл електронів за стаціонарними станами. Спектри атомів і молекул.

#### Лекційне заняття 14.

##### Тема 3.

#### 6.3. Структура атомного ядра

Розміри та склад ядер. Нуклони. Зарядове та масове числа. Ізотопи. Взаємодія нуклонів. Енергія зв'язку. Дефект маси.

Закон радіоактивного розпаду. Активність, стала розпаду, період напіврозпаду.

#### Лекційне заняття 15.

Штучна радіоактивність. Поділ важких ядер, коефіцієнт розмноження нейтронів. Ланцюгова реакція. Критична маса. Розрахунок величини енергії, що виділяється при поділі ядра.

Ізотопи, їх використання. Реакції термоядерного синтезу. Елементарні частинки. Кварки.

**За 2 семестр – 30 годин лекційних. Всього – 30+30=60 годин лекційних.**

### 3. Теми семінарських занять

Не передбачено

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

### 5. Теми практичних занять

30 годин у 1 семестрі

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<p><b>Модуль 1. Тема 1.</b></p> <p><b>1.1. Кінематика та динаміка поступального руху</b>            Параметри руху (радіус-вектор, переміщення, швидкість, прискорення). Прямолінійний і криволінійний рух. Траєкторія. Кінематика поступального руху.            Динаміка поступального руху. Сила, маса. Закон збереження кількості руху. Робота, енергія, потужність. Закон збереження енергії.</p>	2
2	<p><b>Тема 2.</b></p> <p><b>1.2. Кінематика та динаміка обертального руху</b>            Параметри руху. Кінематика обертального руху. Момент сили. Момент інерції. Момент інерції матеріальної точки та твердого тіла. Теорема Штейнера. Момент інерції диска, циліндра, стержня відносно різних осей.</p>	2
3	<p>Теорема Штейнера. Момент інерції диска, циліндра, стержня відносно різних осей.            Робота, енергія, потужність при обертальному русі. Закон збереження моменту кількості руху.</p>	2
4	<p><b>Тема 3.</b></p> <p><b>1.3. Кінематика та динаміка коливального руху</b>            Маятники. Параметри коливань. Вільні коливання. Швидкість, прискорення та енергія коливального руху. Вимушені коливання. Резонанс.            Хвилі, механізм їх утворення. Рівняння хвилі. Довжина хвилі. Звук, його характеристики.</p>	2
5	<p><b>Тема 4.</b></p> <p><b>1.4. Сили.</b>            Сила тяжіння. Закон всесвітнього тяжіння.            Сили пружності. Закон Гука в двох формах запису.</p>	2

	Модуль Юнга. Деформації реальних тіл. Сила тертя. Види тертя. Коефіцієнт тертя. Залежність сили тертя від швидкості руху та інших факторів. Внутрішнє тертя. Закон Ньютона для внутрішнього тертя.	
6	<b>Модуль 2. Тема 1.</b> <b>2.1. Молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів</b> Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеальних газів. Молекулярно-кінетична інтерпретація температури. Середня кінетична енергія молекули. Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності.	2
7	Закон Максвела про розподіл молекул газу за швидкостями. Дослід Штерна. Розподіл Больцмана. Барометрична формула.	2
8	<b>Тема 2.</b> <b>2.2. Явища переносу</b> Середнє число зіткнень і середня довжина вільного пробігу молекул. Градієнт фізичної величини. Дифузія, закон Фіка. Внутрішнє тертя, закон Ньютона. Теплопровідність. Закон Фур'є. Загальна характеристика явищ переносу.	2
9	<b>Тема 3.</b> <b>2.3. Основи термодинаміки</b> Робота газу при зміні об'єму. Внутрішня енергія термодинамічної системи. Перший закон термодинаміки, його застосування до різних ізопроцесів у газах. Теплоємності ідеального газу $C_p$ і $C_v$ . Робота газу в різних ізопроцесах. Адіабатичний процес. Рівняння Пуасона.	2
10	Направленість процесів природи. Другий закон термодинаміки. Зворотній і незворотній процеси. Цикл Карно. ККД циклу Карно. Ентропія та її фізичний зміст. Принцип зростання ентропії.	2
11	<b>Модуль 3. Тема 1.</b> <b>3.1. Електростатичне поле та його характеристики</b> Закон Кулона. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Напруженість поля точкового заряду. Принцип суперпозиції електричних полів. Робота в електростатичному полі. Потенціал, різниця потенціалів.	2
12	Електроємність провідника. Конденсатори. Ємність плоского, циліндричного, сферичного конденсаторів. Електроємність Землі. Ємність системи конденсаторів.	2

	Енергія системи електричних зарядів. Енергія зарядженого провідника. Енергія, яка накопичена у конденсаторі, її об'ємна густина.	
13	<b>Тема 2.</b> <b>3.2. Закони постійного струму</b> Електричний струм та його характеристики. Сила та густина струму. Е.Р.С. Джерела струму. Падіння напруги та електрорушійна сила. Закони Ома. Електропровідність, електричний опір. Закон Джоуля-Ленца.	2
14	Закони Кірхгофа. Використання законів Кірхгофа для розрахунку електричних кіл. Закони Ома та Джоуля-Ленца у диференціальній формі.	2
15	Електричний струм в електролітах. Закони Фарадея. Розряди в газах. Струм у вакуумі. Лампові діод та тріод.	2
<b>Всього у 1 семестрі</b>		<b>30 годин</b>

### 30 годин у 2 семестрі

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	<b>Модуль 4. Тема 1.</b> <b>4.1. Магнітне поле</b> Дія магнітного поля на провідник із струмом. Закон Ампера. Магнітна індукція. Магнітні силові лінії.	2
2	Закон Біо – Савара - Лапласа та його застосування до розрахунку магнітних полів прямолінійного та кільцевого струмів. Напруженість магнітного поля. Рух заряджених частинок у магнітному полі. Сила Лоренца. Ефект Холла.	2
3	<b>Тема 2.</b> <b>4.2. Електромагнітна індукція</b> Основний закон електромагнітної індукції. Закон Фарадея, правило Ленца. Самоіндукція та взаємоіндукція. Електронний механізм електромагнітної індукції. Магнітний потік. Індуктивність. Енергія магнітного поля, об'ємна густина енергії.	2
4	<b>Тема 3.</b> <b>4.3. Електромагнітні коливання і хвилі</b> Коливання в електричному контурі. Диференціальне та кінематичне рівняння коливань. Параметри коливань. Вільні коливання. Додавання коливань.	2



5	Загасаючі коливання. Змушені коливання. Резонанс. Автоколивання. Відкритий електричний контур. Вібратор. Електромагнітні хвилі, їх характеристики. Довжина хвилі. Шкала електромагнітних хвиль.	2
6	<b>Модуль 5. Тема 1.</b> <b>5.1. Геометрична оптика</b> Закони відбивання та заломлення світла. Повне внутрішнє відбивання. Пояснення законів геометричної оптики за допомогою принципу Гюйгенса.	2
7	<b>Тема 2.</b> <b>5.2. Хвильова оптика</b> Інтерференція хвиль. Інтерференція світла, її особливості. Метод одержання когерентних джерел світла. Інтерференційні схеми. Інтерференція в тонких плівках. Застосування явища інтерференції світла.	2
8	Дифракція хвиль, її пояснення за допомогою принципу Гюйгенса. Принцип Гюйгенса - Френеля. Дифракція від точкового джерела та в паралельних променях. Дифракція на отворі, диску, щілині. Дифракційна решітка (гратка), її застосування.	2
9	Поляризація світла. Подвійне променезаломлення. Закон Малюса. Поляризація при відбиванні та заломленні світла на границі двох діелектриків. Дисперсія світла. Нормальна та аномальна дисперсія. Поглинання світла. Закон Бугера - Ламберта. Коефіцієнт поглинання.	2
10	<b>Тема 3.</b> <b>5.3. Квантова оптика</b> Закони теплового випромінювання. Розподіл енергії в спектрі абсолютно чорного тіла. Закони Стефана-Больцмана і Віна. Гіпотеза Планка. Кванти. Оптична пірометрія.	2
11	Закони зовнішнього фотоефекту. Рівняння Ейнштейна для фотоефекту. Пояснення законів фотоефекту за допомогою квантових уявлень про світло. Застосування фотоефекту. Тиск світла. Квантове пояснення тиску світла. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.	2
12	<b>Модуль 6. Тема 1.</b> <b>6.1. Хвильові властивості частинок</b> Гіпотеза де Бройля. Дифракція електронів. Хвильові властивості електрона. Хвильові властивості частинок.	2

13	<b>Тема 2.</b> <b>6.2. Атом</b> Закономірності в спектрі атомарного водню. Планетарна модель атома. Постулати Бора. Радіуси стаціонарних орбіт. Енергетичний спектр атома водню. Принцип Паулі і розподіл електронів за стаціонарними станами. Спектри атомів і молекул.	2
14	<b>Тема 3.</b> <b>6.3. Структура атомного ядра</b> Розміри та склад ядер. Нуклони. Зарядове та масове числа. Ізотопи. Взаємодія нуклонів. Енергія зв'язку. Дефект маси. Закон радіоактивного розпаду. Активність, стала розпаду, період напіврозпаду.	2
15	Поділ важких ядер, коефіцієнт розмноження нейтронів. Ланцюгова реакція. Критична маса. Ізотопи, їх використання. Реакції термоядерного синтезу. Елементарні частинки. Кварки.	2
<b>Всього у 2 семестрі</b>		<b>30 годин</b>

### 6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>1 семестр</b>		
1	Вступ до лабораторного практикуму. Теорія похибок.	2
2	Вимірювальні прилади. КР по теорії похибок.	2
3,4	Виконання робіт побригадно згідно графіку	по 2 год.
5	Задача робіт. Контрольна робота М 1	2
6-8	Виконання робіт побригадно згідно графіку	по 2 год.
9	Задача робіт. Контрольна робота М 2	2
10	Вступ до лабораторного практикуму. Електро-вимірювальні прилади	2
11	Виконання робіт побригадно згідно графіку	по 2 год.
12	Виконання робіт побригадно згідно графіку	2
13	Виконання робіт побригадно згідно графіку	по 2 год.
14,15	Задача робіт. Контрольна робота М 3	2
<b>Лабораторних робіт – 30 годин</b>		<b>30</b>
<b>2 семестр</b>		
1-4	Виконання робіт побригадно згідно графіку	по 2 год.
5	Задача робіт. Контрольна робота М 4	
6-9	Виконання робіт побригадно згідно графіку	по 2 год.
10	Задача робіт. Контрольна робота М 5	2

11-14	Виконання робіт побригадно згідно графіку	по 2 год.
15	Здача робіт. Контрольна робота М 6	2
	<b>Лабораторних робіт – 30 годин</b>	<b>30</b>
<b>За 1 та 2 семестр – 60 годин лабораторних</b>		

## ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ МОДУЛІ:

1. Механіка
2. Молекулярна фізика та термодинаміка
3. Електрика
4. Електромагнетизм
5. Оптика
6. Елементи фізики квантової механіки, фізики твердого тіла, атома та ядра

### Орієнтовний перелік лабораторних робіт

#### I семестр

#### Модуль 1. Механіка

- 1.1 Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника.
- 1.2 Вивчення законів обертального руху за допомогою маятника Обербека.
- 1.3 Визначення моменту інерції тіла методом крутильних коливань.
- 1.4 Перевірка основного рівняння динаміки обертального руху за допомогою маятника Максвелла.
- 1.6. Визначення модуля Юнга.
- 1.10. Визначення прискорення вільного падіння за допомогою оборотного маятника
- 1.11. Визначення прискорення вільного падіння з кривої залежності періоду коливань фізичного маятника від положення точки підвісу.

#### Модуль 2. Основи молекулярної фізики і термодинаміки.

- 2.1. Визначення коефіцієнту лінійного розширення твердих тіл.
- 2.2. Визначення відношення питомих теплоємностей  $C_p/C_v$  методом Клемана-Дезорма.
- 2.3. Визначення коефіцієнту внутрішнього тертя за Стоксом.
- 2.4. Визначення коефіцієнту теплопровідності твердих тіл.
- 2.5. Визначення зміни ентропії при плавленні олова.

#### Модуль 3. Електрика

- 3.1. Дослідження електростатичного поля.
- 3.2. Визначення омичного опору методом містка Уїтстона.
- 3.3. Дослідження температурної залежності опору металу.
- 3.4. Визначення  $\epsilon_r$  гальванічного елемента методом компенсації.

### **Модуль 4. Електромагнетизм**

- 4.1. Вивчення магнітного поля тонкої котушки.
- 4.2. Визначення горизонтальної складової напруженості магнітного поля Землі за допомогою тангенс-гальванометра.
- 4.3. Вимірювання циркуляції напруженості магнітного поля соленоїда.
- 4.4. Визначення магнітної індукції поля соленоїда балістичним методом.
- 4.5 Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона.
- 4.6 Визначення логарифмічного декременту загасання коливань фізичного маятника.
- 4.7. Вивчення електронного осцилографа та дослідження з його допомогою складання взаємно-перпендикулярних коливань.

### **II семестр**

### **Модуль 5. Оптика**

- 5.1. Визначення довжини хвилі світла за допомогою кілець Ньютона.
- 5.2. Визначення довжини хвилі світла за допомогою біпризми Френеля.
- 5.3. Визначення довжини хвилі світла за допомогою дифракційної ґратки.
- 5.4. Перевірка закону Малюса.
- 5.5. Визначення концентрації оптично-активних речовин поляриметром.
- 5.6. Визначення сталої Стефана-Больцмана та сталої Планка за допомогою оптичного пірометра.
- 5.7. Дослідження залежності фотоструму насичення від інтенсивності світла.
- 5.8. Визначення сталої Планка методом Лукірського.

### **Модуль 6. Елементи квантової механіки, фізики атома та ядра**

- 6.1. Вивчення спектрів випромінювання газів.
- 6.2. Вивчення оптичного квантового генератора.
- 6.3. Вивчення залежності опору напівпровідників від температури і визначення енергії активації.
- 6.4. Визначення концентрації і рухливості носіїв струму в напівпровідниках.
- 6.5. Дослідження напівпровідникового тріоду.
- 7.1. Визначення активності радіонукліду.
- 7.2. Визначення коефіцієнту поглинання  $\gamma$  – променів.
- 7.3. Визначення періоду напіврозпаду радіоактивного ізотопу

### 7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>I семестр</b>		
1	Самостійна підготовка студентів до лабораторних і практичних занять	30
2	1.1. Знаходження швидкості та прискорення за заданим рівнянням руху та побудова графіків залежностей $x(t)$ , $v_x(t)$ та $a_x(t)$ .	3
3	1.2. Аналогії між поступальним та обертальним рухом.	3
4	1.3. Математичний, фізичний та пружинний маятники: період та частота коливань, диференціальне рівняння гармонічних коливань.	2
5	1.4. Пружні властивості твердих тіл. Діаграми розтягу.	2
6	2.1. Розподіли Максвелла та Больцмана. Обчислення швидкості молекули при заданій температурі.	4
7	2.2. Типи теплообміну.	2
8	2.3. Робота газу в ізопроцесах. Знаходження роботи газу та коефіцієнта корисної для заданого циклу.	4
9	3.1. Зображення силових та екіпотенціальних ліній навколо об'єктів заданої форми, розрахунок напруженості на відстані від зарядженого тіла.	4
10	3.2. Застосування законів Ома в диференціальній та інтегральній форма. Правила Кірхгофа.	6
<b>Всього самостійної роботи у I семестрі: 60 год.</b>		
<b>II семестр</b>		
1	Самостійна підготовка студентів до лабораторних і практичних занять.	30
2	4.1. Розрахунок індукції магнітного поля в точці на відстані від провідника зі струмом.	4
3	4.2. Обчислення роботи для рамки зі струмом, яка обертається в магнітному полі.	3
4	4.3. Коливання в LC-контурі: закони зміни заряду, струму та напруги, частота та період коливань.	3
5	5.1. Побудова зображень в збиральній та розсіювальній лінзах. Хід променів у мікроскопі.	2
6	5.2. Інтерференційні схеми. Інтерференція в тонких плівках.	4
7	5.3. Внутрішній, зовнішній та вентиляльний фотоефекти. Червона межа фотоефекту для металів.	4
8	6.1. Дифракція електронів, що пройшли прискорюючу різницю потенціалів. Хвиля де Бройля для макроскопічних тіл.	2

9	6.2. Спектри випромінювання та поглинання світла водневоподібними іонами.	4
10	6.3. Ядерні реакції. Елементарні частинки та їх класифікація.	4
<b>Всього самостійної роботи у II семестрі: 60 год.</b>		
<b>Всього самостійної роботи у I і II семестрах: 120 год.</b>		

## 8. Контрольні запитання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

### 8.1. Індивідуальні завдання для самостійної роботи студентів

Самостійну роботу студентів поділяють на дві складові – підготовку до навчальних занять і виконання індивідуальних завдань (описові завдання, реферати, розрахункові завдання, розрахунково-графічні завдання тощо).

З кожного модуля з першої складової визначають літературні джерела, які потрібно опрацювати, а з другої – назву виду індивідуальних завдань та орієнтовний перелік їх тем.

## ТИПОВІ РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ ТА ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

### МОДУЛЬ 1

**1.1.** Матеріальна точка рухається вздовж прямої. Рівняння руху точки  $X = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ .

**1.1.1.** Проаналізувати, при яких значеннях параметрів  $A, B, C, D$  матеріальна точка рухатиметься: 1). рівномірно; 2). рівноприскорено; 3). так, що її прискорення зростає по лінійному закону.

**1.1.2.** Знайти значення швидкості та прискорення точки в довільний момент часу (миттєва швидкість та прискорення).

**1.2.** Матеріальна точка рухається по колу радіусом  $R$ . Рівняння руху точки  $\varphi = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ .

**1.2.1.** Проаналізувати, при яких значеннях параметрів  $A, B, C, D$  матеріальна точка рухатиметься: 1). рівномірно по колу; 2). рівно прискорено по колу; 3). так, що її кутове прискорення зростає по лінійному закону.

**1.2.2.** Визначити значення кутової швидкості в довільний момент часу

**1.2.3.** Знайти лінійну швидкість точки в довільний момент часу.

**1.2.4.** Визначити значення тангенціального прискорення в довільний момент часу.

**1.2.5.** Визначити значення нормального прискорення в довільний момент часу

**1.2.6.** Знайти повне прискорення точки в довільний момент часу та визначити кут між векторами швидкості та повного прискорення в довільний момент часу.

**1.3.** Через нерухомий блок перекинута тонка нерозтяжна нитка, на кінцях якої підвішені два тягарці масами  $m_1 = 0,1$  кг та  $m_2 = 0,2$  кг. Визначити, з яким прискоренням почнуть рухатись тягарці після того, як їх відпустили? Який шлях пройде кожен із них за першу секунду руху? Масою блока та тертям у блоці знехтувати.

**1.4.** Проаналізувати результат співударяння двох кульок у випадку 1). абсолютно пружного, прямого, центрального удару та 2). абсолютно непружного удару. Визначити швидкість руху кульок після зіткнення та знайти, яка частина механічної енергії при цьому перетворилась у теплову.

**1.5.** Маховик у вигляді суцільного диска, маса якого  $m$ , а діаметр основи  $D$ , обертається згідно з рівнянням  $\varphi = At + Bt^2 + Ct^3$ .

- 1.5.1.** Визначити значення швидкості та прискорення точки на відстані  $D/2$  від осі (на поверхні диска) у довільний момент часу (миттєва швидкість та прискорення).
- 1.5.2.** Знайти кінетичну енергію маховика в довільний момент часу.
- 1.5.3.** Визначити обертальний момент сили, що діє на маховик у довільний момент часу.
- 1.6.** Визначити максимальне прискорення матеріальної точки, що здійснює гармонічні коливання з амплітудою 0,1 м, якщо максимальна швидкість точки 10 м/с. Написати рівняння коливань та зобразити графічно залежності зміщення, швидкості, прискорення точки від часу.
- 1.7.** Знайти максимальну швидкість матеріальної точки, що здійснює гармонічні коливання з амплітудою 0,3 м, якщо максимальне прискорення точки дорівнює  $1,2 \text{ м/с}^2$ . Дослідити рівняння коливань та зобразити графічно залежності зміщення, швидкості, прискорення точки від часу.
- 1.8.** Точка здійснює одночасно два коливання однієї частоти, що відбуваються в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Рівняння цих коливань мають вигляд:  $x = A_1 \sin \omega t$  та  $y = A_2 \cos \omega t$ , де  $A_1 = 0,01 \text{ м}$ ;  $A_2 = 0,03 \text{ м}$ ;  $\omega = 1 \text{ рад/с}$ . Дослідити рівняння траєкторії, побудувати її з врахуванням масштабу, показати напрямок руху точки та вказати положення точки в початковий момент.
- 1.9.** Матеріальна точка бере участь у двох коливаннях, що проходять вздовж однієї прямої і описуються рівняннями:  $x_1 = A_1 \sin \omega_1 t$ ,  $x_2 = A_2 \sin \omega_2 t$ , де  $A_1 = 3 \text{ см}$ ;  $A_2 = 4 \text{ см}$ ;  $\omega_1 = \omega_2 = 2 \text{ с}^{-1}$ . Знайти амплітуду складного руху, його частоту, початкову фазу, написати рівняння руху. Побудувати векторну діаграму для моменту часу  $t = 0$ .

## МОДУЛЬ 2

- 2.1.** Визначити кількість речовини та число молекул газу: а) кисню, б) азоту, в) водяної пари масою 1 кг.
- 2.2.** Проаналізувати, скільки атомів містить водяна пара: а) у кількості речовини 0,1 моль; 2) у масі 0,1 кг?
- 2.3.** Визначити молярну масу та масу однієї молекули кухонної солі, вуглекислого газу, кисню, азоту.
- 2.4.** Проаналізувати, при якій масі кожної з названих речовин в одному кубічному метрі повітря з'являється небезпека отруєння. Гранично допустима концентрація молекул парів ртуті ( $Hg$ ) в повітрі дорівнює  $3 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$ , а отруйного газу хлору ( $Cl_2$ ) –  $8,5 \cdot 10^{18} \text{ м}^{-3}$ .
- 2.5.** Сучасна техніка дає змогу створити вакуум до  $10^{-12} \text{ Па}$ . Визначити, скільки молекул газу залишається при такому вакуумі в  $1 \text{ м}^3$  при температурі 300К?
- 2.6.** У балоні об'ємом 3 л міститься азот масою 10 г. Розрахувати концентрацію молекул газу.
- 2.7.** Визначити середню кінетичну енергію молекули двохатомного газу і концентрацію молекул при температурі 300 К і при тиску 0,5 Мпа.
- 2.8.** Розрахувати, як зміниться внутрішня енергія 100г а) гелію та б) кисню при збільшення температури на  $50^\circ\text{C}$ ?



- 2.9.** Знайти внутрішню енергію трьохатомного газу, що займає об'єм  $V$ , при температурі  $T$ , якщо концентрація його молекул  $n$ ?
- 2.10.** Проаналізувати зміну внутрішньої енергії одноатомного газу під час ізобарного охолодження, ізохорного охолодження та ізотермічного розширення?
- 2.11.** Знайти роботу ізотермічного стиснення газу, що працює за циклом Карно, коефіцієнт корисної дії якого дорівнює 0,5, якщо робота ізотермічного розширення дорівнює 10 кДж.
- 2.12.** Газ, що здійснює цикл Карно, одержує від нагрівача кількість теплоти 30 кДж. Визначити роботу газу в циклі, якщо температура нагрівача втричі вища за температуру холодильника.
- 2.13.** Розрахувати к. к. д. теплової машини, кількість теплоти, що забирає холодильник за 1 секунду, та потужність ідеальної теплової машини, якщо температура нагрівача  $127^{\circ}\text{C}$ , а холодильника  $23^{\circ}\text{C}$ . Кількість теплоти, що отримує машина від нагрівача дорівнює 50 Дж за кожен секунду.

### МОДУЛЬ 3

- 3.1.** Три однакових точкових заряди по 5 нКл кожен знаходяться в вершинах рівностороннього трикутника зі стороною 1 см. Визначити модуль і напрямок сили, що діє на один із зарядів зі сторони двох інших.
- 3.2.** Відстань між двома точковими однойменними зарядами 0,9 нКл та 1,6 нКл дорівнює 50 см. Визначити точку, в яку треба помістити третій заряд так, щоб система зарядів знаходилась в рівновазі. Визначити розмір і знак заряду. Проаналізувати, стійка чи нестійка буде рівновага?
- 3.3.** Визначити, на якій відстані один від одного потрібно розмістити два однойменні точкові заряди в воді, щоб вони відштовхувались з такою ж силою, з якою вони відштовхуються в вакуумі на відстані 9 см. Відносна діелектрична проникність води 81.
- 3.4.** В теорії атома водню прийнято, що електрон обертається навколо протона (ядра) по коловій орбіті радіусу  $0,53 \cdot 10^{-10}$  м. Проаналізувати, чому буде дорівнювати лінійна швидкість електрона при такому обертанні? Визначити силу взаємодії між електроном та протоном.
- 3.5.** Визначити, який заряд треба помістити на пластини конденсатора площею 200 см<sup>2</sup>, щоб вони притягуються з силою 0,5 мН? Електричне поле рахувати однорідним, а між пластинами діелектрик слюда.
- 3.6.** Розрахувати потенціальну енергію системи двох точкових зарядів 2 нКл та 5 нКл, що знаходяться на відстані 10 см один від одного. Проаналізувати, як зміниться потенціальна енергія, якщо знак одного із зарядів поміняти на негативний.
- 3.7.** Електрон влітає в однорідне електричне поле з напруженістю 100 В/м з початковою швидкістю  $10^6$  м/с так, що вектор швидкості перпендикулярний до ліній напруженості електричного поля. Визначити: а) силу, що діє на електрон; б) прискорення руху електрона; в) швидкість електрона через  $10^{-7}$  с.
- 3.8.** Проаналізувати, яку прискорюючу різницю потенціалів повинен пройти електрон, що має швидкість  $10^6$  м/с, щоб його швидкість зросла втричі?

- 3.9.** Знайти відношення швидкостей іонів  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{K}^+$ , що пройшли однакову різницю потенціалів.
- 3.10.** Визначити напругу на клеммах джерела струму, якщо електрорушійна сила джерела струму 12 В, а внутрішній опір менший зовнішнього в 5 разів.
- 3.11.** Акумулятор дає струм 2 А при замиканні на опір 4 Ом та 1А- при замиканні на 10 Ом. Визначити електрорушійну силу, внутрішній опір елемента та струм короткого замикання.
- 3.12.** Визначити струм короткого замикання, якщо гальванічний елемент з електрорушійною силою 1,5 В дає струм 0,1 А при замиканні його на опір 14 Ом.

#### МОДУЛЬ 4

- 4.1.** По контуру, що має форму рівностороннього трикутника проходить струм силою 10 А. Сторона трикутника дорівнює 5 см. Визначити індукцію та напруженість магнітного поля в центрі трикутника.
- 4.2.** По двох паралельних, тонких, достатньо довгих провідниках в вакуумі протікають однакові струми силою 10 А. Відстань між провідниками 5 см. Визначити силу взаємодії розраховану на кожний метр довжини провідників. Проаналізувати, яким чином направлені сили взаємодії в залежності від напрямку струмів в провідниках?
- 4.3.** Знайти магнітний момент рамки радіусом 5 см , якщо при проходженні через її витки струму в центрі рамки створюється індукція магнітного поля 0,5 Тл.
- 4.4.** Напруженість магнітного поля в центрі колового витка рівна 100 А/м. Магнітний момент витка  $5 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ . Розрахувати радіус витка та силу струму в витку.
- 4.5.** Електрон рухається по колу в однорідному магнітному полі з напруженістю  $5 \cdot 10^3 \text{ А/м}$ . Визначити частоту та період обертання електрона по орбіті.
- 4.6.** Протон і альфа-частинка, що прискорені однаковою різницею потенціалів, влітають в однорідне магнітне поле. Розрахувати, в скільки разів радіус кривизни траєкторії протона буде більшим, чим радіус кривизни траєкторії альфа-частинки?
- 4.7.** Електрон влітає в однорідне магнітне поле перпендикулярно лініям індукції. Визначити силу, що діє на електрон з боку поля, якщо індукція поля 0,5 Тл, а радіус кривизни траєкторії 1 см.
- 4.8.** Електрон рухається в магнітному полі з індукцією 5 мТл по колу радіусом 1 см. Визначити кінетичну енергію електрона (в Дж та еВ ).
- 4.9.** Заряджена частинка пройшла прискорюючу різницю потенціалів і влетіла в схрещене під прямим кутом електричне ( з напруженістю  $10^4 \text{ В/м}$  ) і магнітне (з індукцією 0,5 Тл ) поля. Визначити різницю потенціалів, якщо, рухаючись перпендикулярно полям, частинка не відхиляється від прямолінійної траєкторії.
- 4.10.** Всередині соленоїда, що містить 10 витків на один см, помістили коловий виток діаметром 5 см. Площина витка розташована під кутом  $60^\circ$  до осі соленоїда. Розрахувати магнітний потік, що пронизує виток, якщо по обмотці соленоїда протікає струм, силою 1 А.
- 4.11.** В однорідному магнітному полі з індукцією 0,5 Тл рівномірно обертається з частотою  $10 \text{ с}^{-1}$  рамка, що містить 500 витків, які щільно прилягають один до

одного. Площа рамки рівна  $200 \text{ см}^2$ . Визначити миттєве значення  $\epsilon$ . р. с. індукції для кута повороту рамки  $30^\circ$  та  $60^\circ$ .

**4.12.** Коливальний контур містить котушку індуктивності  $L$ , конденсатор ємністю  $C$  та резистор з опором  $R$ . Конденсатор заряджений кількістю електрики  $Q$ . Визначити: 1) період коливань контуру; 2) логарифмічний декремент затухання контуру; 3) рівняння залежності зміни напруги на обкладках конденсатора від часу (миттєве значення напруги); 4) рівняння залежності зміни струму через котушку індуктивності від часу (миттєве значення сили струму).

### МОДУЛЬ 5

**5.1.** На тонку плівку в напрямку нормалі до її поверхні падає монохроматичне світло з довжиною хвилі  $0,5 \text{ мкм}$ . Відбите від плівки світло максимально підсилене внаслідок інтерференції. Визначити мінімальну товщину плівки, якщо показник заломлення матеріалу плівки дорівнює  $1,4$ .

**5.2.** На дифракційну решітку, яка має  $430$  штрихів на  $1 \text{ мм}$ , нормально падає пучок світла від натрієвої лампи з довжиною хвилі  $0,589 \text{ мкм}$ . Визначити кут відхилення променів світла, при якому спостерігається останній дифракційний максимум. Розрахувати порядок цього максимуму?

**5.3.** Кут падіння променя на поверхню скла дорівнює  $60^\circ$ . При цьому відбитий пучок світла виявився максимально поляризованим. Визначити кут заломлення променя.

**5.4.** Визначити, в скільки разів буде ослаблений промінь природного світла, якщо пропустити його через два ніколі, площини поляризації яких становлять кут  $\phi = 45^\circ$ . Вважати, що при проходженні через кожний ніколь інтенсивність світла внаслідок відбивання і поглинання зменшується на  $10\%$ .

**5.5.** Оцінити роботу виходу електрона з металу, якщо фотоефект спостерігається, починаючи з довжини хвилі світла  $\lambda = 0,4 \text{ мкм}$ .

**5.6.** Визначити, чи буде мати місце фотоефект, якщо метал, робота виходу якого  $A = 2 \text{ еВ}$ , освітлюється світлом з довжиною хвилі  $\lambda = 500 \text{ нм}$ .

**5.7.** Вирахувати енергію, яку випромінює  $1 \text{ м}^2$  поверхні Сонця за  $1$  хвилину, якщо прийняти температуру його поверхні рівною  $5800 \text{ К}$ . Рахувати, що Сонце випромінює, як абсолютно чорне тіло.

**5.8.** Визначити концентрацію фотонів на відстані  $1 \text{ м}$  від точкового монохроматичного джерела потужністю  $10 \text{ Вт}$ , що випромінює хвилі довжиною  $0,76 \text{ мкм}$ .

**5.9.** Червона межа фотоефекту для заліза дорівнює  $262 \text{ нм}$ . Знайти роботу виходу електронів з заліза (в джоулях та електрон-вольтах).

### МОДУЛЬ 6

**6.1.** Використовуючи теорію Бора визначити: радіуси двох перших орбіт електрона в атомі водню; швидкості електрона на цих орбітах; прискорення на них.

**6.2.** Визначити максимальну енергію фотона, який випромінюється атомом водню в ультрафіолетовій серії.

- 6.3.** Найбільша довжина хвилі спектральної лінії водню серії Лаймана дорівнює 121,6 нм. Розрахуйте найбільшу довжину хвилі в серії Бальмера.
- 6.4.** Обчислити довжину хвилі де Бройля для протона з кінетичною енергією в 100 еВ.
- 6.5.** Проаналізувати, яка енергія зв'язана з масою електрона, який знаходиться у спокої?
- 6.6.** Визначити енергію, масу та імпульс (кількість руху) фотона рентгенівського проміння з довжиною хвилі  $10^{-10}$  м.
- 6.7.** Визначити довжини хвиль де Бройля  $\alpha$ -частинки та протона, що пройшли однакову різницю потенціалів 1 кВ.
- 6.8.** Оцінити довжини хвиль де Бройля електрона, що рухається на першій та другій боровській орбіті в атомі водню.
- 6.9.** Визначити максимальну енергію фотона серії Бальмера в спектрі випромінювання атомарного водню.
- 6.10.** Розрахувати енергію фотона, який був випущений атомом водню при переході електрона з третьої орбіти на другу.
- 6.11.** Визначити, яку енергію треба затратити, щоб ядро гелію  ${}^2_4\text{He}$  розділити на нуклони?
- 6.12.** Атомний реактор потужністю  $P=25 \cdot 10^6$  Вт (25 МВт) має к. к. д. рівне 25%. Визначити, яка маса урану-235 витрачається у реакторі за добу, якщо при одному акті поділу ядра цього ізотопу урану виділяється енергія рівна 200 МеВ?
- 6.13.** Розрахуйте енергію зв'язку ядра атома бора  ${}^{10}_5\text{B}$ .
- 6.14.** В установках для  $\gamma$  – опромінювання у сільському господарстві використовують  $\beta$  – радіоактивний ізотоп цезію  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ . Написати реакцію  $\beta$ -розпаду. Визначити максимальну частоту  $\gamma$ -випромінювання, якщо найбільша енергія  $\gamma$  – квантів дорівнює 0,66 МеВ. Обчислити релятивістську швидкість  $\beta$  – частинок, якщо вони мають енергію 1,18 МеВ.

## ТИПОВІ ТЕМИ ДЛЯ РЕФЕРАТІВ МОДУЛЬ 1

- 1.1.** Інерціальні та неінерціальні системи відліку. Принцип інерції.
- 1.2.** Принцип відносності Галілея та Ейнштейна.
- 1.3.** Імпульс тіла в класичній механіці та механіці теорії відносності.
- 1.4.** Центр мас системи та теорема про рух центру мас.
- 1.5.** Центр мас симетричних однорідних тіл та систем матеріальних точок
- 1.6.** Реактивний рух. Рівняння Мещерського та Ціолковського.
- 1.7.** Консервативні сили в механіці.
- 1.8.** Потенціальні силові поля.
- 1.9.** Гравітаційна стала та її експериментальне визначення.
- 1.10.** Теорема про зміну кінетичної енергії системи.
- 1.11.** Графічне зображення величини роботи змінної сили.

**1.12.** Визначення моменту імпульсу системи тіл та умови виконання закону збереження моменту імпульсу

**1.13.** Зміст поняття “енергія” в механіці. Поясніть, як зв’язані поняття “робота” і “енергія”.

**1.14.** Модуль Юнга. Пластичні та пружні деформації реальних тіл.

**1.15.** Умова нерозривності течії рідини. Рівняння Бернуллі.

## **МОДУЛЬ 2**

**2.1.** Температурні шкали Цельсія, Кельвіна, Фаренгейта, Реомюра.

**2.2.** Число ступенів свободи тіла (системи).

**2.3.** Закони Фіка, Фур’є та Ньютона для явищ перенесення. Градієнт фізичної величини.

**2.4.** Коефіцієнти дифузії, теплопровідності та внутрішнього тертя (в’язкості) і їх зв’язок.

**2.5.** Вічний двигун першого та другого роду.

**2.6.** Ентропія та термодинамічна імовірність. Принцип зростання ентропії.

**2.7.** Ентропія та приведена теплота.

**2.8.** Рівняння Ван – дер – Ваальса для реальних газів.

## **МОДУЛЬ 3**

**3.1.** Елементарний електричний заряд та методи його визначення.

**3.2.** Електроємність Землі. **3.3.** Розрахунок поля диполя.

**3.4.** Сегнетоелектрики.

**3.5.** П’єзоелектричний ефект.

**3.6.** Отримання ультразвуку.

**3.7.** Закони (правила) Кірхгофа для розрахунку складних електромереж.

## **МОДУЛЬ 4**

**4.1.** Постійні магніти та їх поле. Досліди Ерстеда.

**4.2.** Взаємодія паралельних струмів. Одиниця сили струму – 1А.

**4.3.** Відносна магнітна проникливість середовища. Діа-та парамагнетики.

**4.4.** Принцип роботи електромашинного генератора.

**4.5.** Рівняння Максвелла.

**4.6.** Вектор Пойнтінга.

**4.7.** Хвильове рівняння. Оператор Лапласа.

**4.8.** Вихрове електричне поле. Струми Фуко. Індукційні печі.

**4.9.** Принцип дії циклотрона та МГД- генератора.

**4.10.** Метод векторних діаграм зображення гармонічних коливань. Биття.

**4.11.** Аперіодичні процеси. Час релаксації, коефіцієнт загасання, логарифмічний декремент та добротність електричного коливального контуру.

**4.12.** Складання двох взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу.

**4.13.** Резонанс струму та напруги в електричних коливальних контурах.

**4.14.** Отримання радіохвиль різного діапазону, інфрачервоних хвиль, видимого світла, ультрафіолетових хвиль, рентгенівських та  $\gamma$  – променів.

## МОДУЛЬ 5

- 5.1. Явище повного внутрішнього відбивання. Волоконна оптика.
- 5.2. Природа випромінювання світла атомами. Хвильовий цуг.
- 5.3. Смуги рівної товщини та рівного нахилу.
- 5.4. Дифракція Фраунгофера.
- 5.5. Спектральні прилади (призмові та дифракційні).
- 5.6. Рентгеноструктурний та рентгеноспектральний аналіз.
- 5.7. Методи отримання поляризованого світла?
- 5.8. Призма Ніколя
- 5.9. Дихроїзму. Поляріди.
- 5.10. Ефекти Зеебека та Керра.
- 5.11. Цукрометрія.
- 5.12. Закон Бугера – Ламберта – Бера. Природа поглинання світла.
- 5.13. В чому суть так званої ультрафіолетової катастрофи?
- 5.14. Ефект Комптона.

## МОДУЛЬ 6

- 6.1. Перетворення Галілея та Лоренца. Лоренцеве скорочення лінійних розмірів та проміжків часу.
- 6.2. Постулати спеціальної теорії відносності Ейнштейна.
- 6.3. Класичний та релятивістський закони складення швидкостей.
- 6.4. Залежність маси від швидкості руху. Релятивістський імпульс. Основний закон релятивістської динаміки.
- 6.5. Взаємозв'язок маси та енергії. Енергія спокою. Енергія зв'язку.
- 6.6. Еквівалентність гравітаційної та інерціальної мас.
- 6.7. Гіпотеза де- Бройля
- 6.8. Співвідношення Гейзенберга.
- 6.9. Фізичний зміст хвильової функції.
- 6.10. Рівняння Шредінгера.
- 6.11. Орбітальне, магнітне та спінове квантове число.
- 6.12. Принцип роботи лазера.
- 6.13. Діелектрики і напівпровідники. Валентна зона, зона провідності, ширина забороненої зони.
- 6.14. Власні та домішкові напівпровідники. Провідність  $n$ -типу та  $p$ -типу.
- 6.15. Ефект Холла.
- 6.16. Природна радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Активність, стала розпаду, період напіврозпаду.
- 6.17. Основні характеристики альфа та бета розпадів. Взаємодія з речовиною. Захист від дії випромінювання.
- 6.18. Гама-випромінювання та нейтронне випромінювання, їх природа та характеристики. Взаємодія з речовиною. Захист від дії випромінювань.
- 6.19. Дозиметрія радіоактивних випромінювань. Одиниці активності і дози випромінювання.
- 6.20. Методи реєстрації випромінювань.

## 9.Методи навчання

Дисципліна „фізика” для підготовки спеціалістів **144 “Теплоенергетика”** передусє вивченню цілого ряду спеціальних дисциплін: теоретичної механіки, конструкційних матеріалів і матеріалознавства, теорії машин та механізмів, електротехніки, теплотехніки, гідравліки та ін.

Вивчення дисципліни передбачає такі види занять: лекції, практичні та лабораторні роботи, самостійну роботу та написання рефератів на запропоновані теми.

Вивчення дисципліни „Фізика” передбачає використання інформаційно - комп'ютерних технологій (глобальна система Інтернет, електронні підручники, візуалізація фізичних явищ та процесів, оцінювання знань, обробка результатів фізичного експерименту в Mathcad, Excel) та результатів сучасних досліджень в галузях фізики.

Матеріал інформаційного характеру, який в достатній мірі висвітлений в навчальній літературі, студенти опановують самостійно.

З метою інтенсифікації процесу навчання застосовується модульний принцип вивчення тем дисципліни з проміжною атестацією студентів. Формою підсумкового контрольного заходу є залік та екзамен.

Згідно з робочим навчальним планом на вивчення дисципліни відведено аудиторних **180 год.**, з яких  $30+30=60$  год. – лекції;  $30+30=60$  год. – лабораторні заняття,  $30+30=60$  год. – практичні заняття. На самостійну роботу–  $60+60= 120$  годин. Це **5,0 та 5,0 кредитів** в 1 та 2 семестрах. **Всього – 10,0 кредитів (300 годин)**. Вивчення дисципліни проходить в 1 та 2 семестрах. Контроль знань проводиться у вигляді контрольних робіт по модулях, атестацій, складання заліку (1 семестр) та іспиту (2 семестр).

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної:

**180 д. до 120 год.**

## 10. Форми контролю

Види та форми контролю регламентуються «Положенням про організацію освітнього процесу в Національному університеті біоресурсів і природокористування України» (затверджено Вченою радою НУБіП України 26.04.2023 р. протокол № 8). Відповідно до Положення, видами контролю знань здобувачів вищої освіти є поточний контроль, проміжна та підсумкова атестація.

*Поточний* контроль здійснюється шляхом перевірки рівня готовності студента до виконання лабораторної роботи, а також шляхом захисту звітів (співбесіди) за виконаними лабораторними та практичними роботами.

По завершенні змістового модуля проводиться модульна контрольна робота (*проміжна атестація*) у формі тестування. Рейтингова оцінка за кожен змістовий модуль становить до 100 балів, з яких до 70 балів здобувач одержує за виконання та захист лабораторних, практичних та самостійних робіт, а ще до 30 балів за модульну контрольну роботу. Засвоєння здобувачем вищої освіти програмного матеріалу змістового модуля вважається успішним, якщо його рейтингова оцінка становить не менше, ніж 60 балів за 100-бальною шкалою.

*Підсумкова атестація* з дисципліни «Фізика» для здобувачів вищої освіти спеціальності 144 «Теплоенергетика» проводиться у формі семестрового заліку (I семестр) та семестрового екзамену (II семестр). Проведення підсумкової атестації відбувається відповідно до «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (затверджено Вченою радою НУБіП України від 26.04.2023 р. протокол № 8). Залік та екзамен приймають два науково-педагогічні працівники відповідно до розкладу заліків та екзаменів.

## 11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається згідно «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 01.05.2023 р. № 404).

Після проведення проміжних атестацій із змістових модулів і визначення їх рейтингових оцінок лектором дисципліни визначається рейтинг здобувача вищої освіти з навчальної роботи  $R_{НР}$  (не більше 70 балів) за формулою:

Здобувач вищої освіти допускається до складання семестрового заліку/екзамену при умові, що ним виконано всі види робіт, передбачені навчальним планом та робочою навчальною програмою, а його рейтинг навчальної роботи,  $R_{НР}$ , з дисципліни «Фізика» становить не менше, ніж 42 бали.

Після завершення письмового екзамену відбувається співбесіда здобувача вищої освіти з двома науково-педагогічними працівниками, які приймають екзамен. На основі письмової роботи та співбесіди виставляється рейтинг з атестації  $R_{АТ}$  (до 30 балів).

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни  $R_{Дис}$  (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи  $R_{НР}$  (до 70 балів):  $R_{Дис} = R_{НР} + R_{АТ}$ .



Рейтинг із засвоєння дисципліни у балах переводиться в національні оцінки згідно таблиці 1.

Таблиця 1. Співвідношення між рейтингом здобувача вищої освіти та національними оцінками

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

## 11. Навчально-методичне забезпечення

**Все методичне забезпечення – лекційний матеріал, опис лабораторних робіт та завдання для самостійної роботи є на електронних носіях. Вся інформація надається студентам викладачем. Ця інформація може бути розміщена на сайті кафедри.**

Матеріал інформаційного характеру, який в достатній мірі висвітлений в навчальній літературі, студенти опановують самостійно. **Рекомендована література є в достатній кількості в бібліотеці НУБіП України.**

### Інформаційні ресурси

Вивчення дисципліни „Фізика” передбачає використання інформаційно - комп'ютерних технологій (глобальна система Інтернет, електронні підручники, візуалізація фізичних явищ та процесів, оцінювання знань, обробка результатів фізичного експерименту в Mathcad, Excel) та результатів сучасних досліджень в галузях фізики.

**Все методичне забезпечення – лекційний матеріал, опис лабораторних робіт та завдання для самостійної роботи є на електронних носіях. Вся інформація надається студентам викладачем. Ця інформація може бути розміщена на сайті кафедри.**

Матеріал інформаційного характеру, який в достатній мірі висвітлений в навчальній літературі, студенти опановують самостійно. **Рекомендована література є в достатній кількості в бібліотеці НУБіП України.**

## 12. Рекомендовані джерела інформації

### основні

1. Фізика. **Підручник** для вищих навчальних закладів. В.В. Бойко, Я.О. Гуменюк, П.П. Ільїн. Рекомендовано до видання Вченою радою НУБіП України як підручник (прот.№12 від 12.05.2016) Підручник. Правлене та доповнене видання. Видавництво ЛІРА-К, 2019
2. Фізика. **Підручник**. Рекомендовано до видання Вченою радою НУБіП України як підручник (прот.№12 від 12.05.2016) В.В. Бойко, Г.І. Булах, Я.О.Гуменюк, П.П. Ільїн К.: Ліра-К, 2016. – 468с.
3. Фізика. **Навчальний посібник**. Бойко В. В., Гуменюк Я. О., Малюта М. В., Чорній В. П. - К.: Видавництво «Ліра\_К.», 2022. – 630 с. (Авторське свідоцтво № 109784, Дата реєстрації авторського права 25.11.2021 бюлетень № 68 від 31.01.2022)
4. Лабораторні роботи з фізики. Основи теорії та опис лабораторних робіт. Частина 1. **Навчальний посібник**. // В.В.Бойко, Відьмаченко А.П., П.П.Ільїн, Я.О.Гуменюк, Чорній В.П., М.В.Малюта. - К.: редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2021. – 162 с.
5. Лабораторні роботи з фізики. Основи теорії та опис лабораторних робіт. Частина 2. **Навчальний посібник**. // В.В.Бойко, Відьмаченко А.П., П.П.Ільїн, Я.О.Гуменюк, Чорній В.П., М.В.Малюта. - К.: редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2021. – 168 с.
6. Бойко В.В., Фізика. **Навчальний посібник** для студентів вищих навчальних закладів України. (гриф Міністерства освіти і науки України, лист № 1/11-7330 від 04.08.10 р.) Навчальний посібник, видання друге, виправлене та перероблене. Бойко В.В., Булах Г.І., Ільїн П.П., Сукач Г.О.(за редакцією В.В.Бойка) Видавництво Київ, «Профі», 2014.- 646 с.
7. **Практикум з фізики**. Рекомендовано до видання Вченою радою НУБіП України (прот. №10 від 26.04.2017р) Навчальний посібник. В.В.Бойко, Відьмаченко А.П., П.П.Ільїн, Я.О.Гуменюк, М.В.Малюта Київ. Видавництво НУБіП України, 2017. Київ. Видавництво НУБіП України, 2017. 644 с.
8. Сукач Г.О., Кідалов В.В. Фізика. **Підручник** для студентів нефізичних спеціальностей вищих навчальних закладів (гриф Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, лист № 1/11 - 11440 від 06 02. 2011 р.) вищих навчальних закладів // Донецьк: Вид-во та друк ТОВ «Юго-Восток, Лтд», 2012. – 488с.
9. Бойко В.В. Фізика. **Навчальний посібник** для студентів технічних та технологічних спеціальностей вищих навчальних закладів України. //Навчальний посібник (з грифом МОН України за № 1.4 /18 – Г - 1434 від 27.08.07 р.) , видання друге, перероблене і доповнене. - Київ.: Видавництво „Профі”, 2012. –576 с.
10. Бойко В.В.,Булах Г.І.,Гуменюк Я.О.(за редакцією В.В.Бойка). Фізика. Частина І. Механіка. Молекулярна фізика та термодинаміка. Електрика // **Навчальний посібник** (з грифом МОН України за № 1/11-7330 від 04.08.10 р.) , видання третє, перероблене і доповнене.-Київ, ВЦ «Азбука», 2012.- 371 с.

11. Бойко В.В., Булах Г.І., Гуменюк Я.О. (за редакцією В.В.Бойка). Фізика Частина II. Електромагнетизм. Електромагнітні коливання та хвилі. Оптика. Елементи квантової фізики, фізики твердого тіла, атома та ядра // **Навчальний посібник** (з грифом МОН України за № 1/11-7330 від 04.08.10 р.), видання третє, перероблене і доповнене.-Київ, ВЦ «Азбука», 2012.- 319 с. (19,94 др. арк.)
12. Чолпан П.П. Фізика / П.П. Чолпан – К. : Вища шк., 2005. – 567 с.
13. Фізика / Бланк О.Я., Гречко Л.Г. – Х. : Факт, 2002. – 344 с.

#### допоміжні

1. Фізика. Довідник / В.В.Бойко, В.П.Чорній, М.В. Малюта – К.: Видавництво «Профі», 2017. – 410 с.
2. Бойко В.В. Фізика / В.В. Бойко – К.: Арістей, 2007. – 576 с.
3. Курс фізики. Кн. 1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка / Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. – К.: Вища шк., 2002.- 375 с.
4. Курс фізики. Кн. 2. Електрика і магнетизм / Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. – К.: Вища шк., 2003.- 278 с.
5. Курс фізики. Кн. 3. Оптика. Фізика атома та атомного ядра / Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. – К.: Вища шк., 2003.- 311 с.
6. Загальний курс фізики. т.1. Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка / Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. – К. : Техніка, 2006.- 532 с.
7. Загальний курс фізики. т.2. Електрика і магнетизм / Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. – К. : Техніка, 2006.- 452 с.
8. Загальний курс фізики. т.3. Оптика. Квантова фізика / Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. – К. : Техніка, 2006.- 518 с.
9. Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система.ч.1 / Куліш В.В., Соловійов А.М., Кузнєцова О.Я., Кулішенко В.М. – К. : Нац. авіац. ун-т., 2004. – 456 с.
10. Фізика для інженерних спеціальностей. Кредитно-модульна система.ч.2 / Куліш В.В., Соловійов А.М., Кузнєцова О.Я., Кулішенко В.М. – К. : Нац. авіац. ун-т., 2005. – 380 с.
11. Загальний курс фізики: Збірник задач / І.П.Гаркуша, І.Т.Горбачук, В.П.Корінний та ін.; за заг. ред. І.П.Гаркуші. – К.: Техніка, 2004. – 504 с.