



# Фізика. Частина 2. Електромагнітні хвилі. Квантова механіка. Фізика твердого тіла

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>133 Галузеве машинобудування</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів (180 годин); 36 годин лекцій; 36 годин практик; 18 годин лабораторних робіт; СРС-90 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/ поточні КР, захист лабораторних робіт, МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: Чижська Тетяна Григорівна, ст. викл. каф. ЗФ та МФП, ФМФ Практичні / Семінарські: каф. ЗФ та МФП, ФМФ Лабораторні: каф. ЗФ та МФП, ФМФ.</i>
Розміщення курсу	<i><a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6813">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6813</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

#### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

*Курс фізики є фундаментальною основою для вивчення цілого ряду дисциплін професійної та практичної підготовки інженерів різних напрямів підготовки. В процесі вивчення дисципліни «Фізика» студенти набудуть ґрунтовне розуміння законів природи, покладених в основу інженерних рішень при вирішенні виробничих завдань.*

#### **Мета навчальної дисципліни**

*Фізика є однією з основних природничо-наукових дисциплін, в яких вивчаються закони неживої природи. Під природничими науками сьогодні можна розуміти ті галузі знань, в яких може бути проведений експеримент для підтвердження припущень і моделей, висунених теорією і проведених дослідів. Еволюція розвитку природничих наук дозволила істотно розширити цим наукам методологію досліджень порівняно з філософією, частиною якої вони були, і перетворити їх із споглядальних в експериментальні.*

В класичних курсах фізики студенти вивчають закони природи, які є основою переважної більшості інженерних та технічних дисциплін, які нині є в самостійними областями досліджень та практики.

**Метою вивчення дисципліни «Фізика»** є формування у майбутніх фахівців стійких знань з законів природи, уміння використовувати отримані знання при подальшому вивченні спеціальних дисциплін, а також у майбутній професійній діяльності.

При вивченні відбувається формування наступних **загальних компетентностей**:

**ЗК02** – Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

**ЗК03** – Здатність планувати та управляти часом.

**ЗК06** – Здатність проведення досліджень на певному рівні.

**ЗК07** – Здатність спілкуватися іноземною мовою.

**ЗК08** – Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

**ЗК10** – Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

**ЗК12** – Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні

**ЗК15** – Здатність системно мислити.

**ЗК16** – Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

Після засвоєння навчальної дисципліни «Фізика» студент повинен **знати та вміти використовувати** знання законів неживої природи на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, зокрема, тих, що лежать в основі дисциплін фахового спрямування: механіки, термодинаміки та ін.

Формуються наступні **фахові компетентності**:

**ФК03** – Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

**ФК06** – Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність типових систем та їхніх складників на основі застосовування аналітичних методів, аналізу аналогів та використання доступних даних.

**ФК07** – Здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання.

**ФК08** – Здатність реалізовувати творчий та інноваційний потенціал у проектних розробках в сфері процесів та обладнання хімічної і споріднених технологій.

**ФК10** – Здатність розробляти плани і проекти у сфері хімічної інженерії за невизначених умов, спрямовані на досягнення мети з урахуванням наявних обмежень, розв'язувати складні задачі і практичні проблеми підвищення якості продукції та її контролювання.

**ФК13** – Здатність до використання основних законів термодинаміки при розрахунках та термодинамічному аналізі ефективності енергетичних перетворень в обладнанні.

**Програмні результати навчання:**

**ПРН01** – Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.

**ПРН02** – Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку.

**ПРН19** – Розуміти фізичну сутність явищ, механізмів перетворень при проведенні процесів в обладнанні хімічної і споріднених технологій, застосовувати математичний апарат для кількісних розрахунків, на основі яких обирати параметри обладнання та режими його роботи.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

*Дисципліна базується на знаннях з фізики та математики, засвоєних в рамках загальної середньої освіти. Вивчення курсу передбачає використання навичок з теорії і техніки експерименту та математичних навичок, що набуваються за паралельного вивчення математичних дисциплін. Необхідним елементом при вивченні дисципліни є оволодіння понятійним та математичним апаратом математичного аналізу, аналітичної геометрії, лінійної алгебри та векторного аналізу. Окремі питання вимагають вміння розв'язання найпростіших диференціальних рівнянь, що вивчають у рамках дисципліни «Вища математика».*

*Набуті знання та уміння при подальшому навчанні будуть застосовуватися при вивченні дисциплін електротехніка, електроніка та електромеханіка та ще ряду дисциплін з циклу професійної підготовки.*

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Курс фізики складається з двох змістових модулів. У другому семестрі вивчається модуль «**Фізика. Частина 2. Електромагнітні хвилі. Квантова фізика. Фізика твердого тіла**»

Розділ 4. Електромагнітні хвилі

Розділ 5. Хвильова оптика

Розділ 6. Квантова оптика

Розділ 7. Будова атомів. Атомні та молекулярні спектри

Розділ 8. Елементи квантової механіки

Розділ 9. Основи фізики твердого тіла.

## **2. Навчальні матеріали та ресурси**

Базова література

1. Курс загальної фізики : навчальний посібник / В.М. Вакалюк, А.В. Вакалюк ; Міністерство освіти і науки України, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021
2. Фізика : навчальний посібник / К.В. Авдонін, О.В. Ковальчук ; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет технологій та дизайну. - Київ : КНУТД, 2021.
3. Збірник задач з фізики : навчальний посібник / І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, С.О. Юр'єв, О.Б. Біленька [та 14 інших] ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. - 242 с.
4. Загальна фізика : підручник / Г.С. Фелінський ; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. - Київ : Видавництво "Каравела", 2020. - 655 с.
5. Л. Д. Дідух Електрика та магнетизм : підручник / Л. Д. Дідух. — Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. — 464 с.

## *Допоміжна література*

1. Raymond A. Serway and John W. Jewett, Jr. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Eighth Edition. USA, 2010. – 1558 p. Electronic resource:

<https://zfftt.kpi.ua/images/books/Serway.pdf>

2. R. Fazely. Foundation of Physics for Scientists and Engineers: Volume I 1st edition. ISBN 978-87-403-1002-3, 2015. – 205 p. – Electronic resource: <https://zfftt.kpi.ua/images/books/uniFazely.pdf>
3. Daniel Gebreselasie. Mechanics and Oscillations: University Physics I: Notes and exercises 1st edition. ISBN 978-87-403-1164-8, 2015. – 319 p. – Electronic resource: <https://zfftt.kpi.ua/images/books/Gebreselasie.pdf>

## Навчальний контент

### 3. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

№ п/п	Теми лекцій, перелік основних питань
1	<b>1. Електромагнітні хвилі.</b> Виникнення електромагнітних коливань. Вільні коливання в контурі без активного опору. Вільні затухаючі електричні коливання. Вимушені електричні коливання. Генерування електромагнітних хвиль. Досліди Герца.
2	Енергія, потужність електромагнітного поля. Вектор Пойнтінга. Типи електромагнітних хвиль та їх властивості: радіохвилі, електромагнітні хвилі оптичного діапазону, рентгенівське випромінювання, гамма випромінювання.
3	<b>2. Хвильова оптика.</b> Природа світла. Корпускулярно-хвильовий дуалізм світла. Основні закони оптики. Хвильові властивості частинок. Інтерференція світла. Когерентність та монохроматичність світлових хвиль.
4	Дифракція світла. Дифракція Френеля. Дифракція Фраунгофера. Дифракційна ґратка.
5	Взаємодія світлових хвиль з речовиною: розсіяння світлових хвиль, поглинання світлових хвиль, заломлення світлових хвиль, дисперсія світлових хвиль, тиск світлових хвиль.
6	Поляризація світла. Закон Малюса. Закон Брюстера. Подвійне променезаломлення світла.
7	<b>3. Елементи квантової оптики.</b> Теплове випромінювання. Характеристики теплового випромінювання. Класифікація тіл. Закон Кірхгофа. Закони Стефана – Больцмана і Віна. Гіпотеза Планка. Формула Планка. Оптична пірометрія.
8	Фотоефект, люмінесценція. Фотони. Властивості фотонів. Тиск світла. Ефект Комптона.
9	<b>4. Будова атомів. Атомні і молекулярні спектри.</b> Будова атомів. Атомні та молекулярні спектри. Будова атома за Е. Резерфордом та Н. Бором.

	Досліди Франка Герца. Атом водню за теорією Бора і пояснення спектральних закономірностей. Теорія атома водню у квантовій механіці.
10	Розподіл електронів в атомі за станами. Випромінювання і поглинання атомами електромагнітних хвиль. Оптичні спектри атомів. Оптичні квантові генератори та їх застосування.
11	<b>5. Елементи квантової механіки.</b> Гіпотеза де Бройля. Імовірнісний смисл хвиль де Бройля. Хвильова функція. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга.
12	Хвильове рівняння Шредінгера. Частинка в нескінченно глибокій одновимірній потенціальній ямі.
13	<b>6. Основи фізики твердого тіла.</b> Електропровідність металів і напівпровідників.
14	Будова твердих тіл. Дефекти в кристалах. Енергетичні зони в кристалах.
15	Електричні властивості твердих тіл. Електропровідність металів.
16	Електропровідність напівпровідників. Власна провідність напівпровідників. Домішкова провідність напівпровідників. Контактні і термоелектричні явища
17	Електронно-дірковий перехід. Напівпровідниковий діод Внутрішній фотоефект.
18	Термоелектричні явища. Явище Зеєбека. Явище Пельтье. Явище Томсона.

### Практичні заняття

Основним завданням циклу практичних занять є оволодіння студентами прийомами і методами практичного застосування знань.

Для підготовки до практичного заняття студент повинен 1) опрацювати теоретичний матеріал за темою заняття; 2) вивчити приклади розв'язування задач; 3) пройти тест перевірки готовності до практичного заняття. Після проведення заняття виконати домашнє завдання по розв'язуванню задач.

№ п/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)
1	Незатухаючі коливання: заряд та напруга на конденсаторі, струми в контурі.
2	Затухаючі коливання: залежність амплітуди від часу, добротність системи. Вимушені коливання. Електромагнітні хвилі. Резонанс.
3	Змінний струм.
4	Інтерференція світла.
5	Дифракція світла.
6	Поляризація світла. Закон Малюса.
7	Поляризація світла. Закон Брюстера. Подвійне заломлення світла.
8	Теплове випромінювання. Закон Кірхгофа
9	Закони Стефана – Больцмана і Віна.

10	Гіпотеза Планка. Формула Планка.
11	Фотоефект. Фотон. Властивості фотона.
12	Ефект Комптона.
13	Будова атома. Атом водню. Спектральні серії
14	Хвилі де Бройля. Хвильова функція. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга.
15	Хвильове рівняння Шредінгера. Частинка в нескінченно глибокій одновимірній потенціальній ямі.
16	Електричні властивості твердих тіл. Електропровідність металів. Електропровідність напівпровідників.
17	Електронно-дірковий перехід. Напівпровідниковий діод Контактні і термоелектричні явища.
18	МКР

### Лабораторні заняття

У другому семестрі студенти виконують лабораторні роботи з циклу «Електрика і магнетизм» відповідно до встановленого графіка та розкладу занять.

Робочі тижні	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18
Номери бригад									
I, V	Вступне заняття	2-13	2-14	3-5	Підсумкове заняття	3-10	3-11	2-7	Заключне заняття
II, VI		2-14	2-13	3-10		3-11	3-12	2-8	
III, VII		2-13	2-14	3-12		3-5	3-10	2-7	
IV, VIII		2-14	2-13	3-11		3-12	3-5	2-8	

Основним завданням циклу лабораторних робіт є набуття студентами досвіду проведення експериментальних досліджень при перевірці положень теорії та засвоєння правил обробки експериментальних даних та оформлення одержаних результатів.

Для підготовки до роботи в лабораторії треба: 1) вивчити положення теорії; 2) підготувати протокол дослідження; 3) виконати віртуальну лабораторну роботу; 4) пройти попередній тест для перевірки готовності до виконання лабораторної роботи

№ п/п	Назва лабораторної роботи
2-7	Дослідження термоелектрорушійної сили
2-8	Дослідження термоелектронної емісії
2-13	Дослідження вільних загасаючих коливань у контурі
2-14	Вивчення вимушених коливань у послідовному коливальному контурі
3-5	Вивчення законів поляризованого світла
3-10	Дослід Франка-Герца
3-11	Вивчення спектра випромінювання атома Гідрогену
3-12	Вивчення ефекту Рамзауера

**Самостійна робота студента включає:**

- *опрацювання лекційного матеріалу та окремих питань теорії, які виносяться на самостійне опрацювання,*
- *підготовку до практичних занять,*
- *розв'язування задач домашнього завдання,*
- *підготовку до лабораторних робіт,*
- *оформлення лабораторних досліджень,*
- *підготовку до модульної контрольної роботи.*

Опрацювання лекційного матеріалу проводиться регулярно протягом семестру напередодні наступної лекції і полягає у вивченні навчального матеріалу за конспектом та за рекомендованою літературою. Виконання цієї роботи потребує від 30 до 60 хвилин.

Підготовка до практичних занять полягає у повторенні/вивченні відповідного теоретичного матеріалу та розборі прикладів розв'язування задач з даної теми. Після практичного заняття для закріплення даної теми та рефлексії необхідно виконати домашнє завдання. Домашнє завдання складається з 5-10 задач (залежно від рівня складності). Виконання цієї роботи вимагає від 1 до 2 годин. Виконання домашніх робіт є підготовкою до потокових контрольних робіт.

Модульна контрольна робота проводиться в кінці семестру у вигляді тестування. Підготовка до модульної контрольної роботи передбачає повторення студентом положень теорії та їх практичного застосування. Виконання цієї роботи вимагає від 1 до 6 годин.

## **Політика та контроль**

### **4. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Відвідування лекцій та практичних занять є обов'язковим. У разі хвороби студент зобов'язаний представляти довідку про термін проходження лікування, оформлену належним чином в установі, де проходило лікування. В інших випадках (наприклад, сімейні обставини) питання вирішується в індивідуальному порядку разом з куратором. У будь-якому випадку студентам рекомендується відвідувати усі види занять, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для подальшого опанування спеціальних дисциплін.

Результати виконаних *потокових контрольних* робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних рід руки. Звіт супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. З правилами оформлення робіт можна ознайомитись за [посиланням](#).

Виконані роботи студенти завантажують у відповідні теки на [сайті](#).

В разі дистанційної форми навчання на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує Zoom як для викладання лекційного матеріалу, так і для проведення практичних занять та консультацій. Результати виконання всіх завдань поточного контролю викладач виставляє в кампусі.

Завдання розрахунково-графічної роботи студенти виконують в окремих зошитах, записуючи виконані дії акуратно і розбірливо. Захист результатів виконання роботи проходить в усній формі, в ході якої студент повинен логічно та обґрунтовано пояснити розв'язування всіх завдань. Захист відбувається в Zoom. У студента повинна бути ввімкнена камера та мікрофон.

Заохочувальні бали виставляються за: активну роботу на практичних заняттях; відповіді на додаткові питання лекції; підготовку доповіді з заданої теми; участь у факультетських та інститутських олімпіадах з фізики. За своєчасну здачу всіх контрольних та лабораторних робіт, а також виконану вчасно МКР, на останньому тижні даються додаткові 3 бали. До рейтингу студента додатково включаються бали, одержані на студентських фізичних науково-практичних конференціях за умови пред'явлення відповідного сертифікату. Кількість заохочуваних балів не більше 10.

Оремо будуть враховані додаткові бали за проходження адаптаційного курсу з фізики від ІМЯО КПІ ім. Ігоря Сікорського. Додаткові бали нараховуються відповідно до балів, вказаних у сертифікаті. Після отримання допуску до заліку.

Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі. Перескладання таких завдань проводиться у призначений викладачем час.

Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

Академічна доброчесність має на увазі оволодіння студентом необхідними знаннями та уміннями та здатність продемонструвати ці знання та уміння. Академічна не доброчесність проявляється у застосуванні студентом шпаргалок, несанкціонованого доступу в Інтернет тощо під час контрольних заходів (захисту РГР, підготовці відповідей на іспиті). В разі виявлення академічної не доброчесності контрольний захід для даного студента припиняється і переноситься на інший час.

### 5. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг з дисципліни (РД) враховує роботу студента протягом семестру та рівень знань і навичок, виявлених ним на іспиті.

Рейтинг з дисципліни формується як сума балів, нарахованих студенту за:

- результатами виконання планових контрольних та лабораторних робіт,
- виконання модульної контрольної роботи;
- виконання завдань отриманих на іспиті.

Рейтинг з дисципліни розраховується за формулою рейтингова оцінка ( $RD$ ) з кредитного модуля формується як сума балів поточної успішності навчання – стартового рейтингу ( $r_C$ ) та балів отриманих на іспиті ( $r_I$ ):

$$RD = r_C + r_I.$$

Стартового рейтинг є сумарною оцінкою за виконання студентом завдань поточного контролю, розрахунково-графічної роботи та модульної контрольної роботи:

$$r_C = \sum_k r_{II} + r_M \quad r_C = \sum r_{II} + r_M$$

$r_{II}$  – бали поточного контролю,  $r_M$  – бал за МКР.

Максимальна кількість балів стартового рейтингу складає 50 балів.

Критерії оцінювання результатів роботи в семестрі наведені в таблиці 1, заохочувальні бали- в таблиці 2.

Таблиця 1. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ (PCO)

Вид роботи	Кількість	Максимальний бал	Сума
Контрольні роботи	9*	2*	18
Лабораторні роботи	6	4	24
МКР	1	8	8
Стартовий рейтинг			50

\* – кількість контрольних робіт і максимальний бал за кожну визначає викладач з практичних робіт. Сумарний бал за контрольні роботи – 18 – максимальний бал, що студент може отримати за контрольні роботи, які є невід’ємною складовою практичних занять.



**Таблиця 2. ЗАОХОЧУВАЛЬНІ БАЛИ**

	бали
1. Активна робота на практичних заняттях	0,5
2. Участь у студентських конференціях	1
3. Відповіді на додаткові питання в лекції	1
4. Підготовка доповіді з заданої теми (презентація та виступ перед одногрупниками)	1-2
5. Участь у факультетських та інститутських олімпіадах з фізики	2
6. Всі роботи здані вчасно (останнє заняття)	3
<b>Максимальна сума заохочувальних R<sub>5</sub></b>	<b>10</b>

Семестровий контроль: **екзамен**.

До екзамену допускаються студенти, які за результатами поточного контролю набрали не менше 30 балів (60 % від максимально можливих) за умови успішного захисту РГР, МКР, виконання усіх завдань практичних занять (не менше 60 % правильно виконаних завдань).

**Таблиця 3. ВІДПОВІДНОСТІ РЕЙТИНГОВИХ БАЛІВ ОЦІНКАМ ЗА УНІВЕРСИТЕТСЬКОЮ ШКАЛОЮ:**

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### **Додаток 1. Програмні результати навчання (розширена форма)**

*Знання, набуті при вивченні матеріалів кредитного модулю, мають стати запорукою подальшого успішного засвоєння студентами спеціальних дисциплін, зв'язаних з вивченням їх теоретичних основ та методів практичного застосування. Студенти повинні знати поняття, явища, закономірності та зв'язки між ними, уміти аналізувати, робити висновки, виправляти припущені помилки: мати глибокі, міцні, узагальнені знання про предмети, явища, поняття, теорії, їхні суттєві ознаки та зв'язок останніх з іншими поняттями: здатність використовувати набуті знання як у стандартних, так і в нестандартних ситуаціях, а також при вивченні інших дисциплін.*

*В результаті студенти набудуть*

#### **уміння:**

Засвоївши курс загальної фізики, студенти спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», повинні з повним розумінням знати фундаментальні закони фізики і методи їх досліджень і вміти застосовувати ці знання при розгляді окремих явищ, поєднуючи їх фізичну суть з аналітичними співвідношеннями; вміти поєднувати макроскопічні явища з їх мікроскопічним механізмом; вміти використовувати знання з курсу загальної фізики при вивченні інших дисциплін професійної підготовки.

#### **досвід:**

Використання знань, умінь і навичок у житті. Навчання фізики має не тільки дати суму знань, а й

сформувати достатній рівень компетенції, необхідний для освоєння загально професійних дисциплін. Тому складовими навчальних досягнень студентів з курсу фізики є не лише володіння навчальним матеріалом та здатність його відтворювати, а й уміння та навички знаходити потрібну інформацію, аналізувати її та застосовувати в стандартних і нестандартних ситуаціях у межах вимог навчальної програми до результатів навчання.

*Лектор залишає з собою право змінювати порядок викладу навчального матеріалу, частково його об'єм і зміст залежно від пізнавальних можливостей студентів і здатності його засвоєння.*

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** старшим викладачем кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів Чижською Тетяною Григорівною

**Ухвалено** кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів

(протокол № 06-24 від 11.06.2024)

**Погоджено** Методичною радою інженерно – хімічного факультету

(протокол № 11 від 28.06.2024 р.)