



Фізика. Частина 2. Магнетизм. Оптика. Квантова фізика (Заочна)

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G1 Хімічні технології та інженерія
Освітня програма	Ресурсоефективні чисті технології
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	7 кредитів (210 годин); 6 годин лекцій; 2 години практик; 8 годин лабораторних робіт; СРС-194 години
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, модульна контрольна робота, розрахункова робота
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Дрозденко Олександра Володимирівна, o.drozdenko@kpi.ua , a-drozdenko@ukr.net , zffft.kpi.ua, Практичні: Дрозденко Олександра Володимирівна, o.drozdenko@kpi.ua , a-drozdenko@ukr.net , zffft.kpi.ua, Лабораторні: Дрозденко Олександра Володимирівна, o.drozdenko@kpi.ua , a-drozdenko@ukr.net , zffft.kpi.ua,
Розміщення курсу	physics.zffft.kpi.ua

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. Частина 2. Магнетизм. Оптика. Квантова 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 самотійними областями досліджень та практики.

Метою вивчення дисципліни «Фізика. Частина 2. Магнетизм. Оптика. Квантова фізика» є формування у майбутніх фахівців стійких знань з законів природи, уміння використовувати отриманні знання при подальшому вивченні спеціальних дисциплін, а також у майбутній професійній діяльності.

Після засвоєння навчальної дисципліни «Фізика. Частина 2. Магнетизм. Оптика. Квантова 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.

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

- **ЗК01** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- **ЗК03** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Після засвоєння навчальної дисципліни «Фізика. Частина 2. Магнетизм. Оптика. Квантова 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**:

- **ФК09** Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач.

Програмні результати навчання:

- **ПРН1** Знати математику, фізику і хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми;
- **ПРН10** Обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями

та нефахівцями, аргументувати власну позицію.

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

Дисципліна «Фізика. Частина 2. Магнетизм. Оптика. Квантова фізика» 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 наступних дисциплін: теоретична механіка, механіка матеріалів та конструкцій, електротехніка, електроніка та електромеханіка та ще ряду дисциплін з циклу професійної підготовки.

3. Зміст навчальної дисципліни

Курс «Фізика. Частина 2. Магнетизм. Оптика. Квантова фізика» вивчається в одному семестрі та складається з наступних розділів:

Розділ 4. *Магнетизм*

Розділ 5. *Оптика*

Розділ 6. *Квантова фізика*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Лекції з механіки : навчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей університетів / В. М. Дубовик, В. М. Сухов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 312 с.
2. Вакалюк, Василь Михайлович. 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. – Ч.1.

3. Гапochenko, Світлана Дмитрівна. Механіка : навчально-методичний посібник для самостійної роботи з дисципліни "Фізика" : для студентів технічних спеціальностей / С.Д. Гапochenko ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет "ХПІ". — Харків : ТОВ "В Справі", 2021. — 115 с.
4. Авдонін, Костянтин Вікторович. Фізика : навчальний посібник / К.В. Авдонін, О.В. Ковальчук ; Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет технологій та дизайну. - Київ : КНУТД, 2021. - частини : рисунки, таблиці.
5. Бригінець В.П., Подласов С.О. Загальна фізика. Інтернет-ресурс за адресою <http://physics.zfftt.kpi.ua> вивчати рекомендовані розділи
6. Лабораторні роботи з курсу ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ. Інтернет-ресурс за адресою <http://physics.zfftt.kpi.ua/mod/page/view.php?id=540> вивчати відповідно до графіка виконання лабораторних робіт
7. Теорія похибок та обробка результатів вимірювань у фізичній лабораторії (вивчати повністю) <https://zfftt.kpi.ua/images/books/TheorOfErrors.pdf>

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Рекомендації щодо засвоєння: Опрацювання лекційного матеріалу (відеолекції та лекції в pdf форматі надаються в курсі «Фізика. Частина 1. Механіка. Молекулярна фізика та термодинаміка. Електрика»).

№ п/п	Теми лекцій, перелік основних питань
1	Магнітне поле та його характеристики. Закони Біо-Савара-Лапласа, Ампера, Лоренца. Рух заряджених частинок в магнітному полі. Електромагнітна індукція закон Фарадея. Явище самоіндукції. Взаємодія
2	Хвильова оптика. Інтерференція світла. Дифракція світла. Поляризація світла. Дисперсія, поглинання та розсіювання світла.
3	Фізика атомного ядра та елементарних часток. Будова ядра. Ядерні реакції.

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 відповідну лекцію; 2) розглянути приклади розв'язування задач. Всі необхідні матеріали представлені на платформі moodle в курсі <>. Після проведення заняття студент повинен виконати домашнє завдання по розв'язуванню задач.

Таблиця 2. Практичні заняття

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

№ п/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)
	Розділи фізики згідно навчального плану
1	[4] комплексні тести з розділу «Оптика»
2	[4] комплексні тести з розділу «Атомна фізика»

Лабораторні заняття

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

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 (комп'ютерного практикуму)
2-1	Вивчення моста Уінстона
2-5	Дослідження електричного поля
2-11	Знімання кривої намагнічування та петлі гістерезису феромагнетиків у змінних магнітних полях
2-13	Дослідження згасаючих електричних коливань
3-1	Вивчення інтерференції світла
3-3	Визначення дифракції світла
3-8	Дослідження теплового випромінювання
3-11	Дослідження спектра атома водню

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента включає: опрацювання лекційного матеріалу та окремих питань теорії, які виносяться на самостійне опрацювання, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашнього завдання,

підготовку до лабораторних робіт, підготовку до модульної контрольної роботи.

Опрацювання лекційного матеріалу проводиться регулярно протягом семестру за конспектом та за рекомендованою літературою. Зокрема самостійно і детально опрацювати слідуючі розділи та питання:

Магнітне поле.

Рух заряджених частинок в магнітному полі. Опис магнітного поля в магнетиках. Намагнічування магнетиків. Діа-,пара-,феро-,антиферо-,ферімагнетики. Намагнічування та перемагнічування феромагнетиків. Електромагнітна індукція закон Фарадея. Явище самоіндукції. Взаємоіндукція. Коливальний контур. Незгасаючі, згасаючі, вимушені коливання. Резонанс. Вихрове електричне поле. Електромагнітне поле. Система рівнянь Максвелла. Енергія електромагнітного поля.

Коливальні процеси.

Коливальний контур. Незгасаючі, згасаючі, вимушені коливання. Резонанс. Вихрове електричне поле. Електромагнітне поле. Система рівнянь Максвелла. Енергія електромагнітного поля.

Квантова оптика.

Теплове випромінювання. Фотони та їх властивості.

Атомна фізика.

Борівська теорія водневого атома. Хвильові властивості мікрочастинок. Рівняння Шредінгера. Спектри багатоелектронних атомів та їх будова. Будова молекули. Квантова теорія атома і молекули.

Фізика твердого тіла.

Теплові властивості кристалів. Квантова статистика Фермі-Дірака. Напівпровідники та надпровідники.

Ядерна фізика.

Елементарні частинки та їх властивості. Частинки та античастинки.

Розв'язування задач домашнього завдання проводиться з метою закріплення знань та умінь практичного застосування положень теорії.

Підготовка до лабораторних робіт передбачає вивчення студентом законів фізики, які перевіряються при виконанні лабораторних досліджень, методики проведення досліджень, приладів, що застосовуються для вимірювань, порядку обробки результатів експерименту.

Після проведення лабораторної роботи студенти повинні оформити результати досліджень: виконати необхідні обчислення, побудувати графіки, розрахувати похибки.

Підготовка до модульної контрольної роботи передбачає повторення студентами положень теорії та їх практичного застосування. Виконання цієї роботи вимагає від 1 до 2 годин.

Політика та контроль

5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій, практичних занять та лабораторних робіт 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 викладачем. У будь-якому випадку студентам рекомендується відвідувати усі види занять, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання, лабораторних робіт та домашніх завдань.

Під час проведення лекційних, практичних та лабораторних занять дозволяється використовувати мобільні телефони для санкціонованого пошуку інформації в Інтернеті а також для проходження тестування, і для проведення обчислень на практичних і лабораторних заняттях та вимірювання часу на лабораторних заняттях (в разі наявності в смартфоні відповідних програмних продуктів).

В разі дистанційної форми навчання на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує Zoom та Google Meet для викладання навчального матеріалу.

До виконання лабораторних робіт допускаються студенти за умов: 1) наявності протоколу; 2) після успішного проходження вхідного контролю. Результати вимірювань студенти заносять у протокол і пред'являють викладачу для перевірки. Не перевірені дані до захисту не приймаються. Для захисту лабораторної роботи студент повинен дати відповідь на контрольні запитання, правильно оформити результати вимірів (розрахувати значення необхідних величин, побудувати графічні залежності відповідно до існуючих правил, обчислити похибки, записати остаточні результати дослідження з дотриманням правил округлення, зробити висновки по роботі).

Заохочувальні бали виставляються за: активну роботу на практичних заняттях; участь у факультетських та інститутських олімпіадах з фізики. Кількість заохочуваних балів не більше 5. До рейтингу студента додатково включаються бали, одержані на студентських фізичних науково-практичних конференціях за умови пред'явлення відповідного сертифікату.

Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі. За несвоєчасне виконання завдань призначаються штрафні бали. 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 недоброчесність проявляється у застосуванні студентом шпаргалок, несанкціонованого доступу в Інтернет тощо під час контрольних заходів (захисту РР, лабораторних робіт, виконанні завдань модульних контрольних робіт, підготовці відповідей на іспиті). В разі виявлення академічної недоброчесності контрольний захід для даного студента припиняється і переноситься на інший час, а також нараховуються штрафні бали.

6. 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 лабораторних занять;
- виконання розрахункової роботи;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР),

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

Таблиця.1. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ (PCO)

Вид роботи	Кількість	Оцінювання		Максимально можлива кількість балів
Лабораторні заняття	8	Захист роботи		40
		Повна відповідь	5	
		Неповна відповідь	4	

		Задовільна відповідь ¹	3	
РР	1	Захист 1	5	5
		Захист 2	4	
		Захист 3	3	
МКР	1	В залежності від кількості правильних відповідей	0-15	15
Сума вагових балів контрольних заходів				60

Таблиця 2. ШТРАФНІ ТА ЗАОХОЧУВАЛЬНІ БАЛИ

	бали
1. Якісне ведення конспекту лекцій	1...5
2. Участь у конференціях, семінарах, підготовка рефератів	5
Максимальна сума заохочувальних Rs	10

Семестровий контроль: *екзамен*

До екзамену (іспиту) допускаються студенти, котрі за результатами поточного контролю набрали не менше 36 балів (60 % від максимально можливих) за умови здачі всіх лабораторних робіт, успішного захисту РР, виконання усіх завдань практичних занять та позитивного результату виконання модульної контрольної роботи (не менше 60 % правильно виконаних завдань). За результатами екзамену студент може набрати 40 балів.

Табл. 3. Критерії оцінювання та кількість балів на іспиті.

Критерії	Кількість балів
студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, вміє правильно використовувати знання	35-40
студент демонструє хороші знання навчального матеріалу, вміє правильно використовувати знання	30-35
студент демонструє хороші знання навчального матеріалу, але допускає деякі неточності, щодо використання отриманих знань	25-30
студент демонструє задовільні знання навчального матеріалу, але допускає суттєві неточності, щодо використання отриманих знань	20-25
студент демонструє задовільні засвоїв теоретичний матеріал, але допускає суттєві помилки, щодо використання отриманих знань	21-24
незадовільне знання теорії та відсутність вміння та навичок у вирішенні поставлених завдань	0

. Табл. 4. Критерії оцінювання та кількість балів на іспиті. При дистанційній здачі у вигляді тесту.

¹ При дистанційній формі навчання робота в лабораторії – це демонстрація студентом виконання роботи на віртуальному макеті.

<i>Критерії</i>	<i>Кількість балів</i>
Проходження усіх рівнів тесту повністю (Відповідь на усі питання позитивно)	40
Проходження 1 та 2 рівня тесту повністю (Відповідь на 60% питань позитивно)	30
Проходження 1 рівня тесту на рівні 60%	20
Не проходження тесту	0

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

7. Додаткова інформація з дисципліни

Додаток 1. Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Магнітне поле у вакуумі.

Магнітне поле, індукція магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа. Магнітне поле рухомого заряду, прямого та колового струмів. Потік і циркуляція вектора $\mathbf{B}$. Магнітне поле соленоїда і тороїда. Закон Ампера. Сила Лоренця. Ефект Холла. Стан контуру з струмом в магнітному полі. Робота при переміщенні контуру з струмом в магнітному полі. Рух заряджених частинок в магнітному та електричному полях. Циклотрон.

2. Електромагнітна індукція.

Електромагнітна індукція. Закон Фарадея. Струми Фуко. Явище самоіндукції. Енергія магнітного поля. Струми розмикання і замикання. Взаємоіндукція.

3. Електромагнітне поле.

Вихрове електричне поле. Струм зміщення. Електромагнітне поле. Система рівнянь Максвелла. Хвильове рівняння для електромагнітного поля. Плоска електромагнітна хвиля. Енергія електромагнітного поля. Випромінювання диполя.

4. Світлова хвиля. Інтерференція світла.

Корпускулярно-хвильова природа світла. Світлова хвиля. Закони лінійної оптики. Фотометрія. Інтерференція світла. Розрахунок інтерференційної картини. Способи спостереження інтерференції. Інтерференція на тонких плівках. Полоси рівного нахилу і рівної товщини. Кільця Ньютона. Інтерферометри.

5. Дифракція світла.

Явище дифракції. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Френеля від колового отвору і колового диска. Дифракція Фраунгофера від щілини. Дифракція світла від ґратки. Дифракція рентгенівських променів. Голографія.

6. Поляризація світла.

Природне і поляризоване світло. Поляризація при відбитті та заломленні. Поляризація при подвійному променезаломленні. Проходження поляризованого світла через кристалічну пластину. Пластина між двома поляризаторами. Штучне подвійне променезаломлення. Повертання площини поляризації.

7. Взаємодія світла з речовиною.

Нормальна і аномальна дисперсія. Групова швидкість хвиль. Елементарна теорія дисперсії. Поглинання світла. Розсіювання світла. Ефект Вавілова-Черенкова.

8. Квантова оптика.

Теплове випромінювання і люмінесценція. Випромінювальна та поглинальна здатність тіла, закон Кірхгофа. Закон Стефана-Больцмана. Закон зміщення Віна. Формула Релея-Джінса. Формула Планка. Гальмівне рентгенівське випромінювання. Фотоефект. Дослід Боте. Ефект Комптона. Фотони та їх властивості.

9. Борівська теорія водневого атома

Закономірності в атомних спектрах. Моделі атома Томсона і Резерфорда. Постулати Бора. Досліди Франка і Герця. Правила квантування колових орбіт. Елементарна борівська теорія водневого атома.

10. Квантова теорія атома і молекули.

Гіпотеза де-Бройля, хвильові властивості мікрочастинок. Принципи невизначеностей Гейзенберга. Рівняння Шредінгера. Фізичний зміст і властивості хвильової функції «псі». Зв'язок рівняння Шредінгера з хвильовим рівнянням. Рух вільної мікрочастинки в одновимірній «потенціальній ямі». Тунельний ефект. Квантова теорія водневого атома. Спектри лужних металів. Нормальний ефект Зеємана. Мультиплетність спектрів, спин електрона. Рентгенівські спектри. Механічний і магнітний моменти атома. Досліди Штерна і Герлаха. Принцип Паулі. Розподіл електронів в атомі по енергетичних рівнях. Періодична система Д.І. Менделєєва. Енергія молекули. Молекулярні спектри. Комбінаційне розсіювання світла. Вимушене випромінювання. Лазери.

11. Теплові властивості кристалів.

Кристали. Теплоємність кристалів: закон Дюлонга і Пті, теорія Ейнштейна, теорія Дебая. Фонони.

12. Квантова статистика Фермі-Дірака.

Електронний газ. Функція розподілу Фермі-Дірака. Розподіл електронів за імпульсами та енергіями. Виродження електронного газу. Зона структуратвердого тіла. Динаміка електрона в кристалі.

13. Напівпровідники.

Електропровідність металів. Власна і домішкова електропровідність напівпровідників та її температурна залежність. Випрямляюча дія р-n-переходу. Напівпровідникові фотоелементи.

14. Надпровідники.

Явище надпровідності і його фізична природа. Надпровідники 1-го та 2-го типу. Проблема високотемпературної надпровідності.

15. Будова ядра. Ядерні реакції.

Склад і характеристики атомного ядра. Маса і енергія зв'язку ядра. Моделі атомного ядра. Ядерні сили. Радіоактивність. Ядерні реакції. Ділення важких ядер і виділення атомної енергії. Термоядерні реакції.

16. Елементарні частинки.

Класи елементарних частинок. Методи реєстрації елементарних частинок. Космічні промені. Частинки та античастинки. Дивні частинки. Нейтрино. Система елементарних частинок. Кварки.

Додаткова інформація з дисципліни

В умовах дистанційного або змішаного режиму проведення занять організація освітнього процесу здійснюється з використанням технологій дистанційного навчання: платформи дистанційного навчання «Сікорський», «Електронний кампус». Навчальний процес у такій формі здійснюється відповідно до затвердженого розкладу навчальних занять.

- *можливо зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за темою «Загальна фізика»;*
- *здобувачі вищої освіти з інклюзією можуть опановувати навчальну дисципліну, на базі дистанційної платформи за індивідуальним графіком підготовки, та домовленістю з викладачем.*

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 Дрозденко Олександром Володимирівною

Ухвалено: кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів (протокол № 06-26 від 24.06.2026)

Погоджено: Методичною радою інженерно – хімічного факультету (протокол № 11 від 26.06.2026 р.)