

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА»

I. Загальна інформація

Заклад вищої освіти	Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
Факультет/інститут	Навчально-науковий інститут природничо-математичних, медико-біологічних наук та інформаційних технологій
Кафедра	Кафедра інформаційних технологій, фізико-математичних та економічних наук
Освітня програма	Середня освіта (Інформатика)
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Курс/семестр	1/2; 2/3
Мова навчання	Українська мова
Розробник/и	Кандидат фізико-математичних наук, доцент, Людмила Мельничук
Затверджено	засіданням кафедри інформаційних технологій, фізико-математичних та економічних наук, протокол № 2 від 30.08.2024 р.
Обсяг дисципліни	<i>Денна форма навчання:</i> 7 кредитів ЄКТС, що відповідає 210 академічним годинам, з яких 70 години – аудиторне навчання (лекції – 20 год., практ. – 18 год., лаб. – 32 год.) і 140 годин – самостійна робота; <i>2 сем.:</i> 3 кредити ЄКТС, що відповідає 90 академічним годинам, з яких 30 годин – аудиторне навчання (лекції – 10 год., практ. – 8 год., лаб. – 12 год.) і 60 годин – самостійна робота; <i>3 сем.:</i> 4 кредити ЄКТС, що відповідає 120 академічним годинам, з яких 40 годин – аудиторне навчання (лекції – 10 год., практ. – 10 год., лаб. – 20 год.) і 80 годин – самостійна робота. <i>Заочна форма навчання:</i> 7 кредитів ЄКТС, що відповідає 210 академічним годинам, з яких 22 години – аудиторне навчання (лекції – 6 год., практ. – 6 год., лаб. – 10 год.) і 188 годин – самостійна робота; <i>2 сем.:</i> 3 кредити ЄКТС, що відповідає 90 академічним годинам, з яких 10 годин – аудиторне навчання (лекції – 4 год., практ. – 2 год., лаб. – 4 год.) і 80 годин – самостійна робота; <i>3 сем.:</i> 4 кредити ЄКТС, що відповідає 120 академічним годинам, з яких 12 годин – аудиторне навчання (лекції – 2 год., практ. – 4 год., лаб. – 6 год.) і 108 годин – самостійна робота.
Статус дисципліни	обов'язкова

Навчальна дисципліна «Загальна фізика» призначена для формування наукового світогляду та навичок, необхідних для подальшого якісного засвоєння точних та прикладних наук, в тому числі базових дисциплін за обраною спеціальністю. Головна увага приділена розгляду фізичного змісту основних понять, законів і явищ. Ціла низка питань програми передбачає ознайомлення студентів із новітніми досягненнями фізики, що є цінним для розширення кругозору та професійної діяльності в майбутньому.

Місце в структурно-логічній схемі освітньої програми

Пререквізити (освітні компоненти, що містять знання, уміння й навички, необхідні

для освоєння дисципліни, що вивчається): ОК4 Навколишнє середовище та здоров'я людини, ОК8 Математичний аналіз, ОК10 Математична логіка і теорія алгоритмів, ОК12 Основи інформатики.

Постреквізити (освітні компоненти, для вивчення яких потрібні знання, уміння й навички, що здобуваються по завершенню вивчення даної дисципліни): ОК17 Фізичні основи комп'ютерної техніки, ОК15 Програмування, ОК21 STEM-технології в освітньому процесі, ОК24 Робототехніка, ОК25 Інформаційні мережі, ОК28 Захист інформації.

II. Компетентності та результати навчання

2.1. Компетентності

Вивчення дисципліни у комплексі з іншими освітніми компонентами ОП «Середня освіта (Інформатика)» сприяє набуттю здобувачами компетентностей:

ЗК5. Здатність до аналітичного та системного мислення, генерування нових ідей, виявлення та розв'язання проблем, ініціативності та підприємливості (підприємницька компетентність).

ФК21. Здатність розширювати загальнонауковий та математичний кругозір; усвідомлювати взаємозв'язок математики, фізики та інформатики як науки та життєвої практики і загального процесу дослідження та вивчення реального світу, інтегрувати новітні технології у навчання інформатики для розвитку міждисциплінарних навичок учнів та формування в них аналітичного і критичного мислення, творчого підходу до розв'язування задач (міждисциплінарна компетентність).

ФК22. Здатність виконувати комп'ютерний експеримент і завдання в галузі фізики, математики на основі досягнень сучасної науки і технологій, класичних і технічних теорій та методів, фізичних, математичних і комп'ютерних моделей (експериментальна компетентність).

2.2. Результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни у комплексі з іншими освітніми компонентами ОП «Середня освіта (Інформатика)» сприяє досягненню здобувачами таких програмних результатів навчання:

ПРН5. Уміння системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування принципово нових ідей.

ПРН25. Знання та розуміння основних розділів математики та міжпредметних зв'язків з іншими науками, здатність використовувати математичні методи для досліджень процесів і явищ навколишньої дійсності, побудови і використання комп'ютерних моделей, уміння перетворювати словесний матеріал у математичні моделі, алгоритмізувати розв'язування прикладної задачі.

ПРН26. Уміння розробляти та реалізовувати проекти, що базуються на новітніх технологіях, інтегруючи знання з різних предметних галузей, створювати умови для командної роботи учнів, стимулюючи їх до активного експериментування та пошуку власних рішень.

III. Методи та засоби навчання

3.1. Методи навчання

Метод створення ситуації пізнавальної новизни, частково-пошуковий, дослідницький, дедуктивний та індуктивний методи, метод навчальної дискусії, контролю і самоконтролю, проблемні методи.

3.2. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких

передбачає навчальна дисципліна

Обладнання та устаткування, технічні засоби навчання, необхідні для проведення як лекційних, так і практичних та лабораторних занять, друковані та електронні ресурси тощо. Всебічне задіяння матеріально-технічної бази фізичних лабораторій кафедри для постановки лекційних демонстрацій, для ілюстрації та розв'язання експериментальних фізичних задач, а також для проведення фізичного практикуму з використанням відповідного програмного забезпечення.

IV. Зміст навчальної дисципліни

4.1. Анотація змісту за темами

РОЗДІЛ I. МЕХАНІКА

Тема 1. Кінетика точки та механічної системи

Основні поняття кінематики. Три способи задання руху матеріальної точки. Кінематичні рівняння руху. *Класифікація механічних рухів*. Поняття швидкості і прискорення точки. Принцип незалежності рухів.

Кінематика обертального руху. Кутове переміщення, кутова швидкість і кутове прискорення. Лінійні і кутові величини, їх взаємозв'язок. Рівняння руху точки по колу.

Основні задачі динаміки. Закони Ньютона та наслідки з них. Імпульс точки, тіла і сили. Закон збереження імпульсу.

Поняття роботи. Потужність та одиниці її виміру. Кінетична і потенціальна енергії. Закон збереження повної механічної енергії.

Тема 2. Сили в механіці Ньютона

Сухе тертя. Тертя спокою, ковзання і кочення. Закон Кулона-Амонтона, емпірична формула Кулона. *Метод граничного кута*.

В'язке тертя та його властивості. Формула Ньютона та формула Стокса. Метод падаючої кульки. *Ламінарна та турбулентна течії. Число Рейнольдса*.

Сили пружності. Основні види деформацій. Закон Гука. *Діаграма деформування. Енергія пружної деформації*.

Закон всесвітнього тяжіння. Гравітаційна стала та її вимірювання. Важка та інертна маси, їх еквівалентність. Поле тяжіння. Напруженість і потенціал поля тяжіння.

Тема 3. Механіка твердого тіла

Момент інерції матеріальної точки, твердого тіла. Теорема Штейнера.

Момент імпульсу і момент сили матеріальної точки та механічної системи. Закон збереження моменту імпульсу матеріальної точки та замкнутої системи матеріальних точок.

Основне рівняння динаміки обертального руху. Робота, потужність та енергія при обертанні твердого тіла.

РОЗДІЛ II. МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА ТА ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ

Тема 4. Основи молекулярно-кінетичної теорії (МКТ) газів. Кінетична теорія газів. Явища переносу в газах

Предмет і методи молекулярної фізики. Основні положення МКТ та їх експериментальне обґрунтування.

Тиск газу. Температура. Вимірювання температури. *Шкали температур*.

Ідеальний газ. Основне рівняння МКТ газів. Молекулярно-кінетичне тлумачення тиску і температури. Стала Больцмана. *Рух і зіткнення молекул, броунівський рух*.

Рівняння стану ідеального газу. Основні закони ідеального газу. Закон Авогадро. Суміш ідеальних газів, закон Дальтона.

Вимірювання швидкостей молекул, дослід Штерна. Імовірність. Поняття про розподіл, функція розподілу. Розподіл швидкостей молекул за Максвеллом.

Барометрична формула. Розподіл Максвелла–Больцмана.

Експериментальне визначення числа Авогадро. *Середня довжина і середній час вільного пробігу молекул. Дифузія. Внутрішнє тертя. Теплопровідність.*

Тема 5. Перше та друге начала термодинаміки

Термодинамічна система. Рівноважні стани. Параметри стану. Внутрішня енергія. Робота і теплота як форми обміну енергією між системами.

Перше начало термодинаміки. Застосування першого начала термодинаміки до ізопроесів.

Рівняння Майєра. Розподіл енергії молекул за ступенями вільності. Теплоємність ідеального газу. *Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона. Політропний процес.*

Оборотні і необоротні процеси. Колові процеси (цикли). Цикл Карно та його коефіцієнт корисної дії. Друге начало термодинаміки. Теорема Карно. *Зведена теплота. Нерівність Клаузіуса. Поняття про ентропію. Характеристичні функції.*

Статичне тлумачення другого начала термодинаміки. Теорема Нернста. Недосяжність абсолютного нуля.

Тема 6. Рідини. Тверді тіла. Рівновага фаз і фазові переходи

Властивості рідкого стану. Поверхневий шар рідини. Поверхневий натяг. Змочування, незмочування. Капілярні явища. Формула Жюрена–Бореллі. Формула Лапласа. Тиск насичених парів над меніском.

Аморфні і кристалічні тіла. Дальній порядок у кристалах. Характеристики кристалів. Класифікація кристалів за типом зв'язків. Анізотропія кристалів. Дефекти в кристалах. Теплове розширення твердих тіл. *Теплоємність кристалів, закон Дюлонга і Пті.*

Потрійна точка. Поняття про фазові переходи першого та другого родів.

РОЗДІЛ III. ЕЛЕКТРИКА ТА МАГНЕТИЗМ

Тема 7. Електростатика та постійний електричний струм. Електричний струм в різних середовищах

Електричний заряд. Дискретність заряду. Закон збереження електричного заряду.

Закон Кулона. Електричне поле. Напруженість електричного поля. Робота сил електричного поля. Потенціал та різниця потенціалів.

Провідники в електростатичному полі. Діелектрики в електричному полі.

Постійний електричний струм. Закон Ома для однорідного провідника. Опір провідників. Сторонні сили. Електрорушійна сила (ЕРС). Закон Ома для неоднорідної ділянки і повного кола. Робота і потужність електричного струму. Закон Джоуля–Ленца. Закон збереження енергії електричного поля.

Електричне коло. Правила Кірхгофа.

Електричний струм у металах. Електропровідність напівпровідників.

Електричний струм у рідинах. Електроліз. Закони Фарадея.

Електричний струм у вакуумі. Електричний струм у газах.

Тема 8. Механічні та електромагнітні коливання

Колівальні процеси та системи. Пружинний маятник, фізичний маятник, електричний колівальний контур. Перетворення енергії при гармонічних коливаннях.

Вільні згасаючі коливання. Характеристики згасання: декремент згасання та логарифмічний декремент згасання.

Вимушені коливання. *Явище резонансу та його роль у техніці. Автоколивання.*

РОЗДІЛ IV. ОПТИКА

Тема 9. Елементи геометричної оптики

Основні закони геометричної оптики. Явище повного внутрішнього відбивання. Хід променів в оптичних елементах (плоске дзеркало, сферичне дзеркало, плоско паралельна пластина, призма, тонка лінза).

Лінзи, їх класифікація та характеристики. Формули тонкої лінзи.

Найпростіші оптичні прилади: лупа, зорова труба, бінокль, мікроскоп, проекційний апарат, око.

Тема 10. Елементи хвильової оптики

Інтерференція світла. Накладання світлових хвиль. Принцип суперпозиції. Когерентність. Часова і просторова когерентність. Застосування інтерференції в науці й техніці.

Дифракція світла. Явище дифракції світла. Принцип Гюйгенс-Френеля. Класифікація дифракції світла. Дифракційні ґратки.

Поляризація світла. Поляризоване і неполяризоване світло. Поляризатори і аналізатори. Закон Малюса. Обертання площини поляризації в речовинах. Поляроїди.

4.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	к	с		л	п	лаб	к	с
Розділ I. Механіка												
1. Кінетика точки та механічної системи	18	2	2	4	-	10	20,5	0,5	0,5	1,5	-	18
2. Сили в механіці Ньютона	23	2	2	4	-	15	20,5	0,5	0,5	1,5	-	18
3. Механіка твердого тіла	17	2	-	4	-	15	19	0,5	0,5	-	-	18
Разом за розділом I	62	6	4	12	-	40	60	1,5	1,5	3	-	54
Розділ II. Молекулярна фізика та основи термодинаміки												
4. Основи МКТ газів. Кінетич-на теорія газів. Явища переносу в газах	14	2	2	-	-	10	19	0,5	0,5	-	-	18
5. Перше та друге начала термо-динаміки	14	2	2	-	-	10	19	0,5	0,5	-	-	18
6. Рідини. Тверді тіла. Рівно-вага фаз і фазові переходи	18	2	2	4	-	10	20	0,5	0,5	1	-	18
Разом за розділом II	46	6	6	4	-	30	58	1,5	1,5	1	-	54
Розділ III. Електрика та магнетизм												
7. Електростатика та постійний електричний струм. Електрич-ний струм в різних середовищах	23	2	2	4	-	15	23,5	1	1	1,5	-	20

8. Механічні та електромагнітні коливання	23	2	2	4	-	15	23,5	1	1	1,5	-	20
Разом за розділом III	46	4	4	8	-	30	47	2	2	3	-	40
Розділ IV. Оптика												
9. Елементи геометричної оптики	28	2	2	4	-	20	22,5	0,5	0,5	1,5	-	20
10. Елементи хвильової оптики	28	2	2	4	-	20	22,5	0,5	0,5	1,5	-	20
Разом за розділом IV	56	4	4	8	-	40	45	1	1	3	-	40
Усього годин	210	20	18	32	-	140	210	6	6	10	-	188

4.3. Тематика аудиторних занять та самостійної роботи
Теми лекцій

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Кінетика точки та механічної системи	2	0,5
2	Сили в механіці Ньютона	2	0,5
3	Механіка твердого тіла	2	0,5
4	Основи МКТ газів. Кінетична теорія газів. Явища переносу в газах	2	0,5
5	Перше та друге начала термодинаміки	2	0,5
6	Рідини. Тверді тіла. Рівновага фаз і фазові переходи	2	0,5
7	Електростатика та постійний електричний струм. Електричний струм в різних середовищах	2	1
8	Механічні та електромагнітні коливання	2	1
9	Елементи геометричної оптики	2	0,5
10	Елементи хвильової оптики	2	0,5
Разом		20	6

Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Кінетика точки та механічної системи	2	0,5
2	Сили в механіці Ньютона	2	0,5
3	Основи МКТ газів. Кінетична теорія газів. Явища переносу в газах	2	0,5
4	Перше та друге начала термодинаміки	2	0,5
5	Рідини. Тверді тіла	2	1
6	Електростатика. Постійний електричний струм	2	1
7	Механічні та електромагнітні коливання	2	1
8	Елементи геометричної оптики	2	0,5
9	Елементи хвильової оптики	2	0,5
Разом		18	6

Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Визначення густини твердого тіла правильної геометричної форми	4	1,5

2	Визначення густини твердих тіл і рідин методом гідростатичного зважування. Визначення густини твердих тіл і рідин методом пікнометра	4	1,5
3	Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника	4	1
4	Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини методом відриву кільця	4	1
5	Визначення питомого опору дрітятих провідників	4	1
6	Визначення заряду електрона та електрохімічного еквівалента міді методом електролізу	4	1
7	Визначення показника заломлення та концентрації розчинів цукру за допомогою рефрактометра РЛ	4	1,5
8	Вивчення дифракційної ґратки за допомогою екрана з щілиною	4	1,5
Разом		32	10

Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Кінетика точки та механічної системи. Класифікація механічних рухів	10	10
2	Сили в механіці Ньютона. Метод граничного кута. В'язке тертя та його властивості. Ламінарна та турбулентна течії. Число Рейнольдса	10	10
3	Діаграма деформування. Енергія пружної деформації	10	14
4	Основне рівняння динаміки обертального руху. Робота, потужність та енергія при обертанні твердого тіла	10	14
5	Шкали температур. Молекулярно-кінетичне тлумачення тиску і температури. Стала Больцмана. Рух і зіткнення молекул, броунівський рух	10	14
6	Середня довжина і середній час вільного пробігу молекул. Дифузія. Внутрішнє тертя. Теплопровідність	10	14
7	Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона. Політропний процес. Зведена теплота. Нерівність Клаузіуса. Поняття про ентропію. Характеристичні функції	10	14
8	Теплоємність кристалів, закон Дюлонга і Пті. Потрійна точка. Поняття про фазові переходи першого та другого родів	10	14
9	Електричне коло. Правила Кірхгофа	10	14
10	Електричний струм у вакуумі. Електричний струм у газах	10	14
11	Явище резонансу та його роль у техніці. Автоколивання	10	14
12	Найпростіші оптичні прилади: лупа, зорова труба, бінокль, мікроскоп, проекційний апарат	10	14
13	Когерентність. Часова і просторова когерентність. Застосування інтерференції в науці й техніці	10	14
14	Класифікація дифракції світла. Дифракційні ґратки. Обертання площини поляризації в речовинах. Поляріди	10	14
Разом		140	188

V. Система оцінювання

5.1. Форми проміжного та підсумкового контролю

Форми проміжного та підсумкового контролю мають на меті оцінити знання, вміння та практичні навички, набуті під час засвоєння теоретичного і практичного матеріалу після вивчення логічно завершеної частини навчальної дисципліни:

- проміжний контроль – 0-60 балів (по 0-15 балів за розділ);
- навчально-дослідне завдання (самостійна робота, контрольна робота, ІНДЗ тощо) – 0-10 балів;
- залік/екзамен – 0-30 балів.

5.2. Методи та засоби діагностики результатів навчання

Діагностика здійснюється за допомогою узагальнених кваліфікаційних (академічних або професійних) завдань, що створюються як модель певної проблемної ситуації за спеціальністю на базі результатів навчання. На основі узагальнених кваліфікаційних завдань створюються конкретизовані кваліфікаційні завдання із чисельною або іншою конкретизацією вихідних даних та еталони рішень.

Засоби діагностики результатів навчання складаються із завдань та еталонів. Завдання містить постановку задачі. Еталон являє собою зразок повного й правильного рішення завдання.

Практичні/лабораторні заняття оцінюються якістю виконання контрольної роботи або індивідуального завдання за допомогою коефіцієнта засвоєння. Оцінювання індивідуального завдання можливе експертним методом. У цьому випадку максимальну оцінку виставляють за умовою реалізації певних вимог.

Методи оцінювання: відповіді на практичних/лабораторних заняттях, розв'язування ситуаційних задач, демонстрація практичних навичок, виконання навчально-дослідних завдань, тестова перевірка. Підсумкове оцінювання – залік/екзамен.

5.3. Критерії поточного (формульовального) оцінювання

Форми роботи	Критерії оцінювання	Розподіл формульованих оцінок
Практичне/лабораторне заняття	Високий. Здобувач має глибокі, міцні, системні знання, уміє застосовувати знання для виконання творчих завдань, самостійно оцінювати різноманітні ситуації, явища, факти, виявляти і обстоювати особисту позицію.	5
	Достатній. Здобувач знає істотні ознаки понять, явищ, зв'язки між ними, основні закономірності, самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, виконує розумові операції (аналіз, абстрагування, узагальнення тощо), виправляє допущені помилки, вміє робити висновки, відповідь правильна, логічна, обґрунтована, але без власних суджень.	4
	Середній. Здобувач правильно відтворює навчальний матеріал, знає основні теорії та факти, вміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок, частково контролює власні навчальні дії.	3
	Початковий. Здобувач відтворює частину навчального матеріалу, виконує елементарні завдання з допомогою викладача.	2

5.4. Критерії проміжного та підсумкового оцінювання

Підсумкова (загальна) оцінка з курсу є сумою оцінок (балів), одержаних студентом за відповідні оцінювані форми навчальної діяльності:

- розділи навчального курсу – 0–60 балів (по 0–15 балів за розділ);
- контрольна робота – 0–10 балів;
- самостійна робота, ІНДЗ – 0–10 балів;
- залік (2 сем.) /екзамен (3 сем.) – 0–30 балів.

VI. Рекомендовані джерела інформації

6.1. Основні

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: Т. 1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посібник / За ред. І.М. Кучерука. К.: Техніка, 1999. 536 с.
2. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: Т. 1: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посібник / За ред. І.М. Кучерука. К.: Техніка, 1999. 536 с.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики: Т. 2: Електрика і магнетизм: Навч. посібник / За ред. І.М. Кучерука. К.: Техніка, 2001. 452 с.
4. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики: Т. 3: Оптика. Квантова фізика: Навч. посібник / За ред. І.М. Кучерука. К.: Техніка, 1999. 520 с.
5. Загальна фізика: Збірник задач: Навч. посібник / В.М. Барановський, П.В. Бережний, П.О. Возний та ін.; За заг. ред. І.Т. Горбачука. К.: Вища шк., 1993. 359 с.
6. Венгер Є.Ф., Мельничук Л.Ю., Мельничук О.В. Задачі з загальної фізики. Механіка: Навч. посібник / За заг. ред. Л.Ю. Мельничук. К.: Академперіодика, 2018. 748 с. Режим доступу: <https://surl.li/lqcnfg> (2024).
7. Венгер Є.Ф., Мельничук Л.Ю., Мельничук О.В. Механіка: Лабораторний практикум: Навч. посібник. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2011. 250 с. Режим доступу: <https://surl.li/jekzst>
8. Венгер Є.Ф., Мельничук Л.Ю., Мельничук О.В. Лабораторний практикум з молекулярної фізики та основ термодинаміки: Навч. посібник. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2011. 254 с. Режим доступу: <https://surl.li/cbqrcn>
9. Венгер І.В., Венгер Є.Ф., Мельничук Л.Ю., Мельничук О.В. Лабораторний практикум з оптики: Навч. посібник. К.: Академперіодика, 2018. 418 с. Режим доступу: <https://surl.li/xoreym>(2024).

6.2. Додаткові

1. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф. Курс фізики: Кн. 1: Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм: Навч. посібник. 2-ге вид. К.: Либідь, 2001. 440 с.
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики: Кн. 2: Оптика. Фізика атома і атомного ядра. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посібник. К.: Либідь, 2001. 424 с.
3. Чолпан П.П. Фізика: Підручник. К.: Вища шк., 2003. 567 с.
4. Дмитрієва В.Ф. Фізика: Навч. посібник / За ред. В.Л. Прокоф'єва. К.: Вища шк., 1992. 448 с.
5. Венгер Є.Ф., Мельничук Л.Ю., Мельничук О.В. Фізика на основі експерименту: Навч. посібник. Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2010. 180 с. Режим доступу: <https://surl.li/ojetrx>(2024).
6. Загальна фізика: Лабораторний практикум: Навч. посібник / В.М. Барановський, П.В. Бережний, І.Т. Горбачук та ін.; За заг. ред. І.Т. Горбачука. К.: Вища шк., 1992. 509 с.