

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра теоретичної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ОСНОВИ ВЕКТОРНОГО ТА ТЕНЗОРНОГО АНАЛІЗУ
(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104. Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень бакалавр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма фізичне матеріалознавство/ неметалічне матеріалознавство
(назва освітньої програми)
спеціалізація _____
(за наявності) (назва спеціалізації)
вид дисципліни обов'язкова 08 1.26

Форма навчання	<u>очна</u>
Навчальний рік	<u>2023/2024</u>
Семестр	<u>3</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: Ледней М.Ф., Белих С.П., Гнатовський В.О.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

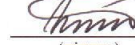
КИЇВ – 2022

Розробник(и): Ледней М.Ф., докт. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри теоретичної фізики

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри Решеткин В.Ю.



(підпис)

()

(прізвище та ініціали)

Протокол № 19 від «27» травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту (педагогічною радою коледжу)

Протокол від «10» червня 2022 року № 19

Голова науково-методичної комісії

(підпис)



(прізвище та ініціали)

Голова педагогічної ради (для коледжів)

«10» червня 2022 року

1. Мета дисципліни – ознайомлення з основами векторного та тензорного аналізу, формування у студентів навичок роботи з різними типами геометричних об'єктів (скалярами, векторами, тензорами), які широко використовуються у математичних моделях теоретичної фізики, насамперед класичної механіки, електродинаміки, квантової механіки, термодинаміки та статистичної фізики.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- Знати основні закони механіки, електрики, основи математичного аналізу та диференціальних рівнянь. Зокрема, знати теореми Остроградського-Гаусса та Стокса, вільно володіти знаннями з курсу аналітичної геометрії та лінійної алгебри. Знати представлення градієнта, дивергенції, ротора та оператора Лапласа в прямокутній декартовій системі координат та вміти їх застосовувати.
- Вміти застосовувати отримані знання з курсів математичного аналізу, аналітичної геометрії та лінійної алгебри.
- Володіти елементарними навичками обчислення похідних, інтегралів, дій з векторами, вміти будувати графіки функцій та розкласти функції в ряд Тейлора.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Нормативна дисципліна «Основи векторного та тензорного аналізу» є обов'язковою складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр фізики» та базовою для вивчення всіх фізичних дисциплін. Програма курсу орієнтована на студентів, які вже знайомі з математичним аналізом, курсом аналітичної геометрії та лінійної алгебри, загальних курсів механіки та електрики. Результати навчання полягають в оволодінні сучасними методами векторного та тензорного числення, теоретичними положеннями та основами застосування цих методів у математичних моделях фізики, сприяння розвитку логічного та аналітичного мислення студентів. Також, як результат, студенти повинні вільно володіти основними методами векторних і тензорних операцій у математичних застосуваннях при вирішенні фізичних задач. Методи викладання: лекції, практичні заняття та консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі практичних занять, контрольні роботи після основних розділів курсу та залік у кінці курсу (3 семестр). Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (40 балів) та заліку (60 балів).

4. Завдання (навчальні цілі) – засвоєння студентами основних понять і методів векторного та тензорного аналізу, таких, як скаляр, вектор, тензор, алгебраїчні і диференціальні операції над векторними та тензорами полями. Також здатність студентів вчитися і оволодівати сучасними знаннями з курсу векторного та тензорного аналізу, здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел, в тому числі, електронних ресурсів. Також здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу з усіх фізичних дисциплін.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізичне матеріалознавство/ неметалічне матеріалознавство", дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

- здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає

застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

загальних:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1);
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2);
- здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК5);
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК12);

фахових:

- здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9);
- здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей (ФК10);
- здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК14).

5. Результати навчання за дисципліною:

<i>Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)</i>		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1	1.1 Означення вектора, способи задання вектора та операції над векторами	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.2 Ортогональне перетворення системи координат	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.3 Поняття тензора та псевдотензора	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.4 Власні вектори та власні значення тензора 2-го рангу	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.5 Косокутні системи координат. Вектори і тензори в косокутних системах координат	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.6 Криволінійні системи координат. Вектори і тензори в криволінійних системах координат	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.7 Коваріантне диференціювання векторних та тензорних полів	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	1.8 Векторні диференціальні операції в криволінійних системах координат	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
2	2.1 Операції над векторами в координатному та безкоординатному підході	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.2 Побудова матриці переходу	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.3 Виконання алгебраїчних операцій над тензорами	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6
	2.4 Знаходження власних значень та власних векторів тензора 2-го рангу. Побудова головної системи координат симетричного тензора 2-го рангу	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	6

2.5 Виконання основних лінійних операцій над векторами в косокутних системах координат	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	7
2.6 Побудова ортогональних криволінійних систем координат (циліндрична, сферична тощо)	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	7
2.7 Обчислення коваріантних похідних векторних полів.	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	7
2.8 Обчислення градієнта, дивергенції, ротора, оператора Лапласа векторного поля в ортогональних криволінійних координатах	Лекція, практичне заняття, самостійна робота	Домашні завдання, усні відповіді, контрольна робота	7

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни Програмні результати навчання	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8
	1. ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2. ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3. ПРН18. Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для усного і письмового професійного спілкування та презентації результатів власних досліджень.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів та включає в себе 14 год. лекцій, 30 год. практичних занять, 45 год. самостійної роботи та 1 год. консультацій.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням *Min.* – рубіжної та *Max.* кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

Під час *поточного* контролю (ПК) розуміння матеріалу дисципліни перевірятиметься шляхом розв'язування задач, заданих на самостійну роботу. Розв'язки цих задач будуть обговорюватися, аналізуватися та перевірятися на практичних заняттях. Виконання завдань повинно бути свідомим, копіювання робіт інших студентів не зараховується. За виконання всіх завдань змістових модулів протягом семестру студент може отримати наступні бали:

- Модульна контрольна робота № 1 — 10 балів.
- Модульна контрольна робота № 2 — 10 балів.
- Самостійна робота над задачами протягом семестру — 10 балів.
- Реферати, доповіді, усні відповіді — 10 балів.

- підсумкове оцінювання у формі заліку¹.

Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі *заліку*. Оцінка виставляється за результатами письмових робіт. Під час заліку оцінюються загальні результати вивчення всього навчального курсу.

	ЗМ1	ЗМ2	залік	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>36</u>	<u>60</u>
<i>Максимум</i>	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>60</u>	<u>100</u>

На заліку студент може максимально отримати **60 балів**. Оцінка за залік не може бути меншою **36 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше **24 балів**². Умови допуску до заліку наступні:

- обов'язково здати два реферати, написані власноруч з виведенням всіх формул по темі;
- здати розв'язок не менше 50 % обов'язкових задач, що виносяться на самостійну роботу;
- пройти письмову перевірку знань та розумінь основних означень та формул у формі диктанту.

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 2 змістових модулів. Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, тестів та

¹ Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (якщо дисципліна завершується екзаменом (заліком), то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **40 балів (40%) – семестровий контроль і 60 балів (60%) – екзамен (залік)**).

² У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом (заліком) не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 24 балів**, оскільки якщо студент на екзамені (заліку) набрав менше **36 балів** (а це 60% від 60 балів, відведених на екзамен (залік)), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній (заліковій) відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

контрольних робіт, виконаних студентами під час практичних занять. Студент може отримати максимально 20 балів за виконання домашніх робіт, самостійних завдань, усні відповіді, тести, доповнення на практичних заняттях (по 10 балів в кожному змістовому модулі). Модульний контроль включає 2 модульні контрольні роботи. Студент може отримати максимально за модульні контрольні роботи 20 балів (по 10 балів за кожен модульну контрольну роботу). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі заліку в третьому семестрі (60 балів). Залікове завдання включає 1 теоретичне питання та 7 практичних завдань.

8.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

9. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійних робіт

III СЕМЕСТР

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самост. робота
Змістовий модуль 1				
1	Векторна алгебра. Операції над векторами. Векторні тотожності та рівняння. Геометричні співвідношення та аналітична геометрія.	2	4	4
2	Ортогональні перетворення декартової системи координат. Матриця переходу та її властивості. Перетворення векторів при заміні базису.	2	2	4
3	Тензори. Перетворення тензорів при заміні базису. Лінійний оператор як тензор. Алгебраїчні операції над тензорами. Зворотна тензорна ознака.	2	3	5
4	Тензори 2-ого рангу. Обернений тензор. Власні значення та власні вектори. Симетричні та антисиметричні тензори. Інваріанти тензора. Головні осі тензора.	2	3	5
	Модульна контрольна робота №1		2	
Змістовий модуль 2				
5	Тензор Леві-Чивіта. Тривимірний випадок		2	4
6	Косокутні системи координат. Вектори і тензори в косокутних системах координат. Операції над векторами і тензорами.	2	2	4
7	Криволінійні системи координат. Коваріантне диференціювання векторів та тензорів в криволінійних ортогональних координатах.	2	2	5
8	Векторні диференціальні операції в прямокутних		4	5

	декартових системах координат.			
9	Векторні диференціальні операції в криволінійних ортогональних координатах.	2	2	5
10	Інтегральні теореми.		2	4
	Модульна контрольна робота №2		2	
ВСЬОГО		14	30	45

Загальний обсяг 90 год., в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – 14 год.

Семінари – год.

Практичні заняття - 30 год.

Лабораторні заняття - _____ год.

Тренінги - _____ год.

Консультації - 1 год.

Самостійна робота – 45 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основні

1. М. А. Разумова, В. М. Хотяїнцев. Основи векторного і тензорного аналізу: навчальний посібник. – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2011
2. М. Ф. Ледней, М. А. Разумова, О. В. Романенко, В. М. Хотяїнцев. Збірник задач з векторного та тензорного числення. – Київ: ВПЦ «Київський університет», 2010
3. Сеньків М.Т. Векторний і тензорний аналіз: текст лекцій. - Львів: Ред.-видавн.відділ Львів. ун-ту. 1991. 146 с.
4. А.И.Борисенко, И.Е.Тарапов. Векторный анализ и начала тензорного исчисления. – Харьков 1986
5. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. - М.: Наука, 1965.
6. Рашевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. - М.: Наука, 1964.

Додаткові

1. Коренев Г.В. Тензорное исчисление. - М.: Изд-во МФТИ, 2000. 240 с.
2. Акивис М.А., Гольдберг В.В. Тензорное исчисление. - М. 1972.
3. Схоутен Я.А. Тензорный анализ для физиков. - М.: Наука, 1965.
4. Краснов М.Л., Киселев А.И., Макаренко Г.И. Векторный анализ. -- М.: Наука. 1978. 160 с.
5. Анчиков А.М. Основы векторного и тензорного анализа. - Изд-во Казанского университета. 1988. 134 с.
6. Победра Б.Е. Лекции по тензорному анализу. - М.: Наука, 1986.