

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ТА ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан математичного факультету

\_\_\_\_\_ С.І. Гоменюк  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

**ОСНОВИ ВЕКТОРНОГО І ТЕНЗОРНОГО АНАЛІЗУ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

підготовки бакалавра

очної (денної) форми здобуття освіти

спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

освітньо-професійна програма «Прикладна фізика»

**Укладачі:** Красікова І.В., к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри фундаментальної та прикладної математики.

Обговорено та ухвалено  
на засіданні кафедри  
фундаментальної та прикладної математики

Протокол № 1 від 31.08.2023 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

С.М. Гребенюк

(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою  
математичного факультету

Протокол № 1 від 31.08.2023 р.

Голова науково-методичної ради  
математичного факультету

\_\_\_\_\_

(підпис)

О.С. Пшенична

(ініціали, прізвище)

Погоджено

Гарант освітньо-професійної програми

\_\_\_\_\_

(підпис)

(ініціали, прізвище)

2023 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	<b>Характеристика навчальної дисципліни</b>	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
<b>Галузь знань</b> 10 Природничі науки	Кількість кредитів – 3	<b>Обов'язкова</b>	
<b>Спеціальність:</b> 105 Прикладна фізика та наноматеріали	Загальна кількість годин –90	Цикл професійної підготовки освітньої програми	
		<b>Семестр:</b>	
Освітньо-професійна програма «Прикладна фізика»	Змістових модулів 4	2 -й	
		<b>Лекції</b>	
Рівень вищої освіти: <b>бакалаврський</b>	Кількість поточних контрольних заходів 8	16 год.	
		<b>Практичні</b>	
		32 год.	
		<b>Самостійна робота</b>	
		42 год.	
		<b>Вид підсумкового семестрового контролю:</b> залік	

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Векторний і тензорний аналіз є математичним апаратом, що дозволяє представити в найбільш загальній і компактній аналітичній формі основні операції над багатокомпонентними величинами, які застосовуються при дослідженні різних проблем геометрії й фізики. Особливе значення векторний і тензорний аналіз має в механіці і фізиці, де за його допомогою основні рівняння й закони набувають вигляд, незалежний від системи координат. Застосування тензорного апарату дозволяє уникнути основних труднощів, що виникають при постановці просторових задач механіки, пов'язаних з необхідністю повторення складних і громіздких викладок у кожному окремому випадку, і більш того, цей апарат допомагає узагальнити методи розв'язання задач. Це дозволяє створити універсальні методи, алгоритми й програми для вирішення різних проблем не тільки механіки, а й багатьох прикладних наук таких як гідромеханіка, аеродинаміка, електротехніка, радіоелектроніка, біохімія, електромагнетизм, хімія. Крім того, треба зауважити, що всі тензорні операції дуже легко й ефективно програмуються на універсальних алгоритмічних мовах для ЕОМ. Це обумовлює застосування тензорного апарату в чисельних методах.

**Метою** вивчення навчальної дисципліни «Основи векторного і тензорного аналізу» є оволодіння теоретичними основами навчальної дисципліни й формування умінь застосовувати набуті знання для вирішення прикладних завдань зі спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали».

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Основи векторного і тензорного аналізу» є:

- оволодіння основними поняттями та методами векторного і тензорного аналізу, необхідними для застосування у ряді галузей знань;
- засвоєння основних теоретичних відомостей і набуття практичних вмінь і навичок розв'язування основних типів задач;
- опанування навичками знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій;
- набування вміння використовувати методи векторного і тензорного аналізу для опису фізичних об'єктів та процесів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>- (ІК) здатність розв'язувати складні задачі та практичні проблеми у математиці або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів математики, статистики й комп'ютерних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;</li> <li>- ((ЗК 2) Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</li> <li>- (ЗК 3) Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</li> <li>- (ЗК 5) Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</li> <li>- (СК 5) Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.</li> <li>- (СК 6) Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.</li> <li>- (СК 7) Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.</li> <li>- (СК 12) Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем.</li> </ul>	<p><b>Методи:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- інтегральні методи;</li> <li>- словесні методи викладення матеріалу на лекціях;</li> <li>- навчальні дискусії;</li> <li>- проблемне викладання, пошукове, дослідницьке;</li> <li>- самостійна робота студентів;</li> <li>- контроль, самоконтроль і корекція, самокорекція при виконанні робіт поточного, підсумкового контролю, індивідуальних завдань;</li> <li>- методи комунікації на заняттях, при захисті виконаних робіт;</li> <li>- створення проблемних ситуацій з подальшим їх самостійному або колективному вирішенні;</li> <li>- практичні методи: досліди, вправи, навчальна праця;</li> <li>- індуктивні та дедуктивні методи;</li> <li>- репродуктивні та точні методи;</li> <li>- проблемно-пошукові методи.</li> </ul> <p><b>Контрольні заходи:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теоретичне тестування за змістовими модулями;</li> <li>- опитування на аудиторних заняттях;</li> <li>- теоретичні самостійні роботи.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- (ЗК 6) Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.</li> <li>- (ЗК 8) Навички міжособистісної взаємодії.</li> <li>- (ЗК 9) Здатність працювати автономно.</li> <li>- (СК 8) Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних</li> </ul>	<p><b>Методи:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- дослідницький метод спрямований на залучення студентів до самостійного розв'язання задач;</li> <li>- метод проблемного викладу навчального матеріалу і створення</li> </ul>

1	2
<p>проектах.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– (СК 9) Здатність брати участь у плануванні методики проведення та матеріального забезпечення експериментів та лабораторних досліджень.</li> <li>– (СК 11) Здатність брати участь у обробленні та оформленні результатів експерименту.</li> <li>– (СК 13) Здатність використовувати знання про фізичну природу об'єктів у роботах по створенню нових приладів, апаратури, обладнання, матеріалів і речовин, зокрема, наноматеріалів.</li> </ul>	<p>проблемних ситуацій;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методи колективної роботи під час практичних занять;</li> <li>- стимулювання до генерації оригінальних ідей при розв'язанні теоретичних і практичних задач.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Контрольні заходи:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостійні і контрольні роботи;</li> <li>- індивідуальні завдання.</li> </ul>

1	2
<p>1) Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики (P03).</p> <p>2) Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації (P06).</p> <p>3) Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики (P07).</p> <p>4) Вільно спілкуватися з професійних питань державною та англійською мовами усно та письмово (P08).</p> <p>5) Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні (P11).</p> <p>6) Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі у розв'язанні екологічних проблем (P12).</p> <p><i>У разі успішного завершення курсу студент зможе:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– знаходити контраваріантні і коваріантні компоненти вектора;</li> <li>– знаходити компоненти вектора і тензора в новому базисі;</li> <li>– виконувати операції над векторами і тензорами;</li> <li>– знаходити основні характеристики скалярних і векторних полів;</li> <li>– користуватись інтегральними теоремами векторного аналізу;</li> <li>– знаходити скалярний потенціал потенціального поля;</li> <li>– знаходити векторний потенціал соленоїдального поля;</li> <li>– знаходити потік тензорного поля.</li> </ul>	<p><b>Методи:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- пояснювально-ілюстративний метод;</li> <li>- репродуктивний метод;</li> <li>- активні методи навчання: послідовна й цілеспрямована постановка перед студентами завдань, розв'язуючи які вони активно засвоюють нові знання і отримують вміння і навички;</li> <li>- стимулювання до генерації оригінальних ідей при розв'язанні теоретичних і практичних задач;</li> <li>- практичні методи: досліди, вправи, навчальна праця.</li> </ul> <p><b>Контрольні заходи:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- підсумкове тестування.</li> <li>- підсумковий контроль (екзамен).</li> </ul>

### Міждисциплінарні зв'язки

Для опанування матеріалів даної дисципліни студент повинен в повному обсязі володіти знаннями основних понять курсів «Математичний аналіз», «Диференціальні та інтегральні рівняння». В свою чергу дана дисципліна є базовою при вивченні таких дисциплін як «Коливання і хвилі», «Крісталографія»,

«Основи теплофізики», «Фізика твердого тіла», «Випробування властивостей магнітних матеріалів».

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### **Змістовий модуль 1.** *Основні елементи векторної алгебри. Поняття тензора.*

Основні операції над векторами та їх властивості. Лінійна залежність векторів. Векторний базис. Розклад вектора за базисними векторами. Поняття ортонормованого базису. Взаємні базиси та їх властивості. Контраваріантні і коваріантні компоненти вектора. Закон перетворення компонент вектора як основа аналітичного визначення вектора. Зв'язок між коваріантними й контраваріантними компонентами вектора. Ортогональні базиси. Прямокутна декартова система координат.

Часткові випадки тензорів у тривимірному просторі. Скаляр і вектор як тензори нульового і першого рангу. Означення тензора в загальному випадку. Закон перетворення компонент тензора. Розклад тензора за векторами. Фізичні компоненти тензора. Тензор напружень та тензор моментів інерції як фізичні приклади тензорів другого рангу. Метричний тензор. Метричний тензор та його властивості.

#### **Змістовий модуль 2.** *Криволінійні координати. Ортогональні системи координат. Операції над тензорами. Головні осі тензора. Інваріанти тензора.*

Радіус-вектор точки. Способи завдання координат у просторі. Координатні поверхні та координатні лінії. Поняття криволінійних координат. Локальний базис криволінійної системи координат. Елементи простору в криволінійних координатах. Ортогональні системи координат. Коефіцієнти Ламе та їх геометричний зміст. Циліндрична та сферична системи координат як приклади ортогональних криволінійних систем координат.

Визначення операцій додавання, множення, згортки, симетрування та альтернування тензорів. Головні осі та інваріанти тензора другого рангу. Приведення тензора до головних осей. Шаровий тензор і девіатор тензора другого рангу.

#### **Змістовий модуль 3.** *Тензорні поля. Скалярні і векторні поля та їх характеристики. Інтегральні теореми векторного аналізу.*

Поняття тензорного поля. Стаціонарні і нестаціонарні тензорні поля. Фізичні та геометричні приклади тензорних полів. Тензор-функція скалярного аргументу та її похідна. Скалярні поля та їх характеристики. Поверхні рівня скалярного поля. Градієнт скалярного поля в точці. Властивості градієнта. Векторні поля та їх характеристики. Потік, дивергенція, циркуляція та ротор векторного поля.

Теореми Остроградського та Стокса у векторному вигляді. Диференціальні операції першого і другого порядків. Оператор Лапласа і гармонічні функції. Оператор Гамільтона набла та його властивості. Застосування оператора набла до добутоків скалярних і векторних полів.

#### **Змістовий модуль 4.** *Спеціальні види векторних полів. Елементи тензорного аналізу.*

Потенціальне векторне поле. Критерій потенціальності векторного поля. Визначення скалярного потенціалу поля. Фізичні приклади потенціальних полів. Соленоїдальне векторне поле. Критерій соленоїдальності. Визначення векторного потенціалу поля. Лапласове векторне поле. Критерій гармонічності поля. Основна теорема векторного аналізу.

Поле тензора другого рангу. Потік тензорного поля. Приклади обчислення потоку тензорного поля. Похідна тензорного поля в точці за напрямом.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години					Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин	Лекційні заняття, год		Практичні заняття, год		о/д ф.	з/дист ф.	Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
			о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.					
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
1	15	12	4		8		3		10	5	15
2	15	12	4		8		3		5	10	15
3	15	12	4		8		3		5	5	15
4	15	12	4		8		3		10	10	15
Усього за змістові модулі	60	48	16		32		12		30	30	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30						30		20	20	40
Загалом		<b>90</b>						<b>100</b>			

#### 5. Темі лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Основні елементи векторної алгебри.	2	
1	Поняття тензора. Закон перетворення компонент тензора. Приклади тензорів. Властивості тензорів.	2	
2	Криволінійні координати. Ортогональні системи координат.	2	
2	Операції над тензорами. Головні осі тензора. Інваріанти тензора.	2	
3	Тензорні поля. Скалярні і векторні поля та їх характеристики.	2	
3	Інтегральні теореми векторного аналізу. Диференціальні операції першого і другого порядку. Дії з оператором «набла».	2	
4	Спеціальні види векторних полів.	2	
4	Елементи тензорного аналізу.	2	
	Разом	16	

## 6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	Основні елементи векторної алгебри	2	
1	Базиси в лінійному просторі	2	
1	Поняття тензора. Закон перетворення компонент тензора	2	
1	Приклади тензорів. Властивості тензорів	2	
2	Криволінійні координати	2	
2	Ортогональні системи координат	2	
2	Операції над тензорами	2	
2	Головні осі тензора. Інваріанти тензора	2	
3	Тензорні поля. Скалярні поля та їх характеристики	2	
3	Тензорні поля. Векторні поля та їх характеристики	2	
3	Інтегральні теореми векторного аналізу	2	
3	Інтегральні теореми векторного аналізу	2	
4	Потенціальне векторне поле. Соленоїдальне векторне поле	2	
4	Основна теорема векторного аналізу	2	
4	Поле тензора другого рангу. Потік тензорного поля	2	
4	Похідна тензорного поля в точці за напрямом	2	
	Разом	32	



## 7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тест 1 (теорія ЗМ1)	Питання для підготовки: ** 1. Скалярне поле. Поверхні рівня. 2. Похідна за напрямом. Градієнт скалярного поля та його властивості. Оператор $\nabla$ "набла". 3. Векторне поле. Векторні лінії. 4. Потік та дивергенція векторного поля, їх фізичний зміст та застосування.	5 тестових питань з загальним балом 10 ***	10
	Практична самостійна робота (ЗМ1)	Завдання: ** 1. Знайти поверхню рівня. 2. Знайти похідну поля в заданому напрямку.	2 завдання: одне завдання - 3 бали, друге завдання - 2 бали. ***	5
<b>Усього за ЗМ 1 контр. заходів</b>	<b>2</b>			<b>15</b>
2	Тест 2 (теорія ЗМ2)	Питання для підготовки: ** 1. Циркуляція й ротор векторного поля. 2. Диференціювання вектора за напрямом. Дивергенція поля швидкості рідини. Рівняння нерозривності. 3. Застосування диференційних операцій до векторних і скалярних функцій різного вигляду. 4. Криволінійні координати. Диференційні оператори в ортогональній Декартовій системі координат, та в криволінійних координатах.	5 тестових питань з загальним балом 5 ***	5
	Контрольна робота 1 (ЗМ2)	Завдання: ** 1. Знайти поверхню рівня. 2. Знайти похідну поля в заданому напрямку. 3-4. Знайти циркуляцію векторного поля двома способами. 5. Знайти швидкість зростання поля.	5 завдання по 2 бали кожне ***	10
<b>Усього за ЗМ 2 контр. заходів</b>	<b>2</b>			<b>15</b>
3	Тест 3 (теорія ЗМ3)	Питання для підготовки: ** 1. Інтегральні теореми векторного і тензорного аналізу. Тедеми Остроградського і Стокса та їх наслідки 2. Потенціальне векторне поле. Скалярний потенціал 3. Соленоїдальне векторне поле. Векторний потенціал. 4. Лапласові векторне поле . 5. Основна теорема векторного аналізу.	10 тестових питань з загальним балом 10 ***	10
	Практична самостійна робота (ЗМ3)	Завдання: 1-2. Знайти вказані характеристики поля.	2 завдання: одне завдання - 3 бали, друге завдання - 2	5

1	2	3	4	5
		Вимоги до виконання та оформлення *	бали. ***	
<b>Усього за ЗМ 3 контр.заходів</b>	<b>2</b>			<b>15</b>
4	Тест 4 (теорія ЗМ4)	Питання для підготовки: ** 1.Поняття тензора и закон перетворення їх компонент. Тензори другого рангу: тензор напруг, тензор деформації. 2.Тензори в системах узагальнених координат. Фізичні компоненти тензорів Інваріантність тензорних рівнянь. 3.Операції над тензорами, головні осі тензора. 4.Тензорне поле. Циркуляція. Теорема Остроградського і теорема Стокса.	5 тестових питань з загальним балом 5 ***	<b>5</b>
	Контрольна робота 2 (ЗМ4)	Завдання: 1-2. Знайти вказані характеристики поля. 3. Знайти потік поля. 3. Знайти циркуляцію поля. 5. Знайти ротор поля. Вимоги до виконання та оформлення *	5 завдання по 2 бали кожне ***	<b>10</b>
<b>Усього за ЗМ 4 контр.заходів</b>	<b>2</b>			<b>15</b>
<b>Усього за змістові модулі контр.заходів</b>	<b>8</b>			<b>60</b>

\* Вимоги до виконання та оформлення кожної **контрольної або самостійної роботи**:

- завдання кожної контрольної роботи студент розв'язує в аудиторії або дистанційно протягом 80 хв, самостійної – 10-15 хв., за умови повної ідентифікації студента;
- кожний студент розв'язує власний варіант контрольної роботи;
- виконані завдання оформлюються власноруч студентом, письмово;
- кожне завдання супроводжується умовою і повним розв'язанням із зазначенням формул, теорем, властивостей, ознак і т.п., які застосовуються при розв'язанні;
- під час дистанційного навчання виконані завдання фотографуються і викладаються до СЕЗН MOODLE.

\*\* Кожний контроль у формі **тестування** проводиться в СЕЗН MOODLE у визначений викладачем час;

- тест містить 5-10 питань різного рівня складності і охоплює всі питання відповідних змістових модулів;
- максимальна оцінка за тест становить від 5 до 10 балів з часом виконання до 20 хвилин залежно від кількості і складності питань;
- оцінка за тестове питання залежить від типу тестового питання:  
«Множинний вибір» у випадку однієї правильної відповіді оцінюється за принципом «правильно-неправильно» ,  
«Множинний вибір» з декількома правильними відповідями оцінюється залежно від кількості правильно обраних варіантів,  
«Визначити пропущені слова» оцінка залежить від правильного вибору кожного пропущеного слова,  
«Відповідність» оцінка залежить від кількості правильно встановлених відповідностей,

«Числова» оцінюється за принципом «правильно-неправильно»,

«Коротка відповідь» передбачає вписування правильної відповіді, при цьому викладач може переоцінити відповідь студента у випадку, коли відповідь є частково вірно;

- студенту надається 2 спроби з вибором або найкращої оцінки, або середнього арифметичного балів за кожну спробу.

\*\*\* Оцінювання кожного окремого завдання контрольної, самостійної роботи або індивідуального практичного розрахункового завдання здійснюється за формулою

$$s = m \cdot \frac{v}{100}, \quad (1)$$

де  $s$  – підсумковий бал за завдання,  $m$  – максимальний бал за завдання,  $v$  - відсоток виконання.

Критерії визначення  $v$  (%):

- 90-100%: завдання повністю виконано без помилок; відповідає виявленню студентом всебічного системного і глибокого знання програмного матеріалу; засвоєнню ним основної і додаткової літератури; чіткому володінню понятійним апаратом, методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою дисципліни; вмінню використовувати їх для вирішення як типових, так і нетипових практичних ситуацій; виявленню творчих здібностей в розумінні, викладі та використанні навчально-програмного матеріалу;
- 60-89%: повністю виконано без суттєвих помилок; відповідає виявленню знань основного програмного матеріалу; засвоєнню інформації в межах лекційного курсу; володінню необхідними методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою; вмінню використовувати їх для вирішення типових ситуацій, припускаючи окремих незначних помилок;
- 0-59%: більше 30% завдання виконано невірно; відповідає виявленню значних прогалин у знаннях основного програмного матеріалу; не досить упевненому володінню окремими поняттями, методиками та інструментами, про що свідчать принципові помилки під час їх використання.

## 8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
<b>Залік</b>	Теоретичне завдання у формі тестування	Питання для підготовки: Всі питання, що містяться в стовпчику 3 розділу 7 даної робочої програми. А також за посиланнм URL: <a href="https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=1453">https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=1453</a>	Підсумковий тест складається з 10 питань, які охоплюють весь матеріал дисципліни. Максимальна кількість балів за тест становить – 20 балів.	<b>20</b>
	Практичне завдання - індивідуальне завдання (ІЗ)	Індивідуальне завдання (ІЗ) складається з 12 задач за змістовими модулями 1-4Розв'язані з детальними поясненнями задачі оформлюються в окремому зошиті. Термін захисту кожного завдання – тиждень пере залаковим Умови індивідуальних завдань і рекомендації до їх виконання розміщено на сторінці курсу у Moodle: <a href="https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=1453">https://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=1453</a>	Максимальна оцінка 20 балів Розрахунок балів проводиться за формулою (1).	<b>20</b>
Усього за підсумковий семестровий контроль				<b>40</b>

## 9. Рекомендована література

### Основна

1. Гребенюк С.М., Стреляєв Ю.М., Клименко М.І. Тензорний аналіз: навчальний посібник для студентів освітнього ступеня «бакалавр» напряму підготовки «Математика». Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 90 с.
2. Стреляєв Ю.М., Клименко М.І. Основи векторного і тензорного аналізу: навчальний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напряму підготовки «Фізика». Запоріжжя: ЗНУ, 2012. 69 с.
3. Разумова М.А., Хотяїнцев В.М. Основи векторного і тензорного аналізу. Київ : Видавничо- поліграфічний центр “Київський університет”, 2011. 216 с.

### Додаткова

1. Киричевський В.В., Кудря В.І., Стреляєв Ю.М. Основи тензорного аналізу: навчально-методичний посібник для студентів математичного факультету. Запоріжжя: ЗНУ, 2005. 88 с.
2. Сеньків М.Т. Векторний і тензорний аналіз. Львів : вид-во Львів. ун-ту, 1990, 148 с.
3. Schey, H. M. Div Grad Curl and all that: An informal text on vector calculus. New York : W. W. Norton & Company. 2005. 176 p.
4. Corral Michael. Vector Calculus. Schoolcraft College : 2021. 222 p.
5. Збірник задач з векторного та тензорного числення / М. Ф. Ледней, М. А. Разумова, О. В. Романенко, В. М. Хотяїнцев. — К. : ВПЦ «Київський університет», 2010. 36 с.
6. De Souza Sánchez Filho E. Tensor Calculus for Engineers and Physicists. Springer : 2016. 29 с.

### Інформаційні джерела

1. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: <http://moodle.znu.edu.ua/course/view.php?id=1453>
2. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua/>
3. Бібліотека сайту EqWorld. Електронні ресурси з тензорного аналізу. URL: <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/difgeometry.htm>
4. Новая электронная библиотека. Електронні ресурси з векторного аналізу. URL: [http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/matematika/matematiceskii\\_analiz/](http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/matematika/matematiceskii_analiz/)
5. Бібліотека TWIRPX. Електронні ресурси з векторного і тензорного аналізу. URL: <https://www.twirpx.com/files/science/mathematics/tensor/>
6. Онлайн курс з векторного аналізу. URL: [https://www.whitman.edu/mathematics/calculus\\_online/chapter16.html](https://www.whitman.edu/mathematics/calculus_online/chapter16.html)
7. Web Study Guide for Vector Calculus. URL: <http://sites.science.oregonstate.edu/math/home/programs/undergrad/CalculusQuestStudyGuides/vcalc/vcalc.html>
8. Онлайн курс з векторного аналізу для інженерів. URL: <https://www.edx.org/learn/calculus>