

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Перший проректор

\_\_\_\_\_

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Програма навчальної дисципліни

Тензорний аналіз

(назва навчальної дисципліни)

напрямок \_\_\_\_\_ 6.040203 – «Фізика» \_\_\_\_\_  
(шифр, назва напрямку)

спеціальність \_\_\_\_\_  
(шифр, назва спеціалізації)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр, назва спеціалізації)

факультет \_\_\_\_\_ фізичний \_\_\_\_\_

2015 / 2016 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету (інституту, центру)

“ 18 ” \_\_\_\_\_ 2015 року, протокол № 7 \_\_\_\_\_

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

**Котвицький Альберт Тадеушевич, канд. фіз-мат. наук, доц.**

Програму схвалено на засіданні кафедри

\_\_\_\_\_ теоретичної фізики імені академіка. М. Ліфшиця \_\_\_\_\_

Протокол від “ 7 ” \_\_\_\_\_ вересня \_\_\_\_\_ 2015 року протокол № 8 \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри теоретичної фізики академіка. М. Ліфшиця \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ ( Рашба Г.І. )  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

\_\_\_\_\_ фізичного факультету \_\_\_\_\_

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 17 ” \_\_\_\_\_ вересня \_\_\_\_\_ 2015 року № 1 \_\_\_\_\_

Голова методичної комісії \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Макаровський М.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “**Тензорний аналіз**” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки першого рівню вищої освіти – бакалавр

напряму підготовки 6.040203 – фізика  
спеціальності

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни “Тензорний аналіз” є геометрія просторів Евкліда, Мінковського, Рімана, їх групи перетворень, тензорний аналіз у цих просторах, теорія многовидів і шарувань.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

**Розділ 1. Тензорна алгебра (Теми 1-9)**

**Розділ 2. Тензорний аналіз (Теми 10-17)**

**Розділ 3. Диференціальна геометрія (Теми 18-21)**

### **1. Мета та завдання навчальної дисципліни**

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Тензорний аналіз» є формування уявлень студентів про загальні властивості тензорних конструкцій та ріманову геометрію.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Тензорний аналіз» є навчити студентів

- розуміти узагальнення поняття - тензор,
- вміти перевіряти математичний вираз на «тензорність»,
- розраховувати коваріантні похідні тензорів довільних рангів,
- обчислювати геодезичні криві,
- розуміти та розраховувати похідну Лі
- розраховувати тензор кривини Рімана, Риччи та скалярну кривизну.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

**знати** основні фізичні та геометричні рівняння в тензорному вигляді,

**вміти** проводити математичні розрахунки у коваріантному та компонентному вигляді.

## 2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань (предметна область), напрям, спеціальність, рівень вищої освіти / освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань (предметна область)  0402 «Фізико-математичні науки»	за вибором студента
		Рік підготовки 3-й
Індивідуальне завдання  (назва)	Напрямок: 6.040203 - фізика	Семестр
Загальна кількість годин 108		6-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 2	Спеціальність:  Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень)  бакалавр	Лекції
		72 год.
		Практичні, семінарські
		немає
		Лабораторні
		немає
		Самостійна робота
		36 год.
		Індивідуальні завдання:
		немає
Вид контролю:		
залік		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):  
для денної форми навчання – 200%

## 3. Виклад змісту навчальної дисципліни

### Розділ 1. ТЕНЗОРНА АЛГЕБРА

- Тема 1. Загальні поняття про тензори (інтуїтивний огляд).
- Тема 2. Перетворення тензорів.
- Тема 3. Визначення тензора.
- Тема 4. Тензори в фізиці.
- Тема 5. Алгебраїчні операції над тензорами.
- Тема 6. Тензорна густина.
- Тема 7. Геометричне представлення тензорів першого рангу.
- Тема 8. Геометричне представлення тензорів другого рангу.
- Тема 9. Геометричне представлення скалярного добутку та дії тензора другого рангу на вектор.

### Розділ 2. ТЕНЗОРНИЙ АНАЛІЗ

- Тема 10. Введення коваріантної похідної від вектора.

- Тема 11. Узагальнення коваріантної похідної від тензора довільного рангу.  
 Тема 12. Коваріантна похідна та паралельне перенесення тензорів.  
 Тема 13. Геодезичні криві як паралельне перенесення вектора швидкості.  
 Тема 14. Геодезичні криві як екстремаль функціоналу.  
 Тема 15 Зв'язності та їх властивості.  
 Тема 16. Коваріантна похідна від тензорної густини довільного рангу.  
 Тема 17. Похідна Лі.

### Розділ 3. ДИФЕРЕНЦІАЛЬНА ГЕОМЕТРІЯ

- Тема 18. Введення тензора кривини Римана типу (1,3).  
 Тема 19. Алгебраїчні властивості тензора кривини Римана типу (0,4).  
 Тема 20. Тензор Річчі та скалярна кривизна.  
 Тема 21. Тотожність Біанкі та звернута тотожність Біанкі.

### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
<b>7 семестр</b>						
<b>Розділ 1. Тензорна алгебра</b>						
Тема 1	3	2				1
Тема 2	6	4				2
Тема 3	6	4				2
Тема 4	3	2				1
Тема 5	6	4				2
Тема 6	6	4				2
Тема 7	3	2				1
Тема 8	6	4				2
Тема 9	6	4				2
<b>Розділ 2. Тензорний аналіз</b>						
Тема 10	3	2				1
Тема 11	6	4				2
Тема 12	6	4				2
Тема 13	3	2				1
Тема 14	6	4				2
Тема 15	6	4				2
Тема 16	3	2				1
Тема 17	6	4				2
<b>Розділ 3. Диференціальна геометрія</b>						
Тема 18	6	4				2
Тема 19	6	4				2
Тема 20	6	4				2
Тема 21	6	4				2
<b>Усього годин</b>	<b>108</b>	<b>72</b>				<b>36</b>
<b>Залік</b>						

### 5. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Практичні заняття учбовим планом не передбачені.

### 6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	Розрахунок квадрата вектора в непрямокутній системі координат.	3	4
2	Перетворення базисних векторів та ковекторів.	1	опитування
3	Визначення тензора довільного рангу.	2	опитування
4	Вектор швидкості, сила, градієнт.	2	опитування
5	Переставлення індексів, згортка, тензорний добуток.	1	опитування
6	Детермінант метричного тензора, символ Леві-Чівіта.	2	опитування
7	Геометричне представлення векторів та ковекторів.	2	опитування
8	Геометричне представлення тензорів другого рангу.	1	4
9	Геометричне представлення скалярного добутку.	2	опитування
10	Розрахунок коваріантної похідної від ковектора.	2	опитування
11	Коваріантна похідна від тензора довільного рангу.	1	опитування
12	Рішення рівняння паралельного перенесення вектора по сфері.	2	опитування
13.	Геодезичні на сфері.	2	опитування
14	Рівняння Ейлера-Лагранжа для вільної матеріальної точки на довільній поверхні.	1	опитування
15	Символи Кристоффеля.	2	опитування
16	Коваріантна похідна від символу Леві-Чівіта.	2	опитування
17	Похідна Лі від довільних тензорів.	1	опитування
18	Розрахунок комутатора коваріантної похідної від вектора.	2	опитування
19	Симетрія та антисиметрія тензора кривини Римана.	2	опитування
20	Згортка тензора кривини Римана.	2	опитування
21	Отримання тотожності Біанкі.	2	опитування
	Разом	36	

### 7. Індивідуальні завдання

#### 8. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

#### 9. Методи контролю

Залік.

### 10. Розподіл балів, які отримують студенти Залік (6 семестр)

Поточний контроль та самостійна робота			Сума
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	
T1-T9	T10-T17	T18-T21	100
40	40	20	

T1, T2 ... T9 – теми розділів.

Для зарахування заліку студент повинен здати 3 розділи і набрати не менше 20 балів за 1, 2 розділи та не менше 10 балів за 3-й розділ и набрати у підсумку не менше 50 балів.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

### 11. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
3. Мультимедійні презентації деяких лекцій.

#### Базова література

1. Дубровин Б.А., Новиков С.П., Фоменко А.Т. Современная геометрия.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля.
3. Рашевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ.
4. Погорелов А.В. Дифференциальная геометрия.
5. Арнольд В.И. Математические методы классической механики.

#### Допоміжна література

1. Рашевский П.К. Курс дифференциальной геометрии.
  2. Погорелов А.В. Внешняя геометрия выпуклых поверхностей.
  3. Розендорн Э.Р. Задачи по дифференциальной геометрии.
- Фоменко А.Т. Дифференциальная геометрия и топология. Дополнительные главы

#### Інформаційні ресурси

##### Сайт кафедри теоретичної фізики:

[http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students\\_study\\_ukr.html](http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_study_ukr.html)  
[http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students\\_ref\\_ukr.html](http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_ref_ukr.html)

<http://cosmolearning.org/video-lectures/tensor-calculus/>  
<http://www.digital-university.org/free-topics-in-tensors-analysis-videos>