

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ННІ «Інститут геології»

Кафедра *геофізики*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора інституту  
з навчальної роботи

*В. Демидов* Всеволод ДЕМИДОВ  
: «*26*» *серпня* 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

*Теорія поля*

для студентів

галузь знань  
спеціальність  
освітній рівень  
освітня програма  
блок дисциплін  
вид дисципліни

**10 Природничі науки**  
**103 Науки про Землю**  
**Бакалавр**  
**Геологія та менеджмент надрокористування**  
**Геофізика**  
**Вибіркова**

Форма навчання	<b>денна</b>
Навчальний рік	<b>2022/2023</b>
Семестр	<b>5</b>
Кількість кредитів ECTS	<b>4</b>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<b>українська</b>
Форма заключного контролю	<b>іспит</b>

Викладач: *Безродний Дмитро Анатолійович*, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики, доцент

Продовжено: на 20~~23~~<sup>24</sup>/20~~24~~<sup>25</sup> н.р. *В. Демидов* «*26*» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)


на 20~~24~~<sup>25</sup>/20~~25~~<sup>26</sup> н.р. *В. Демидов* «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ «\_\_» 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата+)

© Дмитро БЕЗРОДНИЙ


КИЇВ – 2022

Розробник: *Безродний Дмитро Анатолійович*, кандидат геологічних наук, доцент  
кафедри геофізики, доцент

Затверджено  
В.о. зав. кафедри геофізики  
  
Олександр ШАБАТУРА  
Протокол № 19 від «29» червня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією інституту **ННІ «Інститут геології»**

Протокол № 1 від «26» серпня 2022 року

Голова науково-методичної комісії  Всеволод ДЕМИДОВ

**Мета дисципліни** – надання здобувачам базових знань з основ векторного аналізу та загальних положень теорії скалярних і векторних фізичних полів, загальних положень теорії потенціальних гравімагнітних полів та основних положень теорії електромагнітних полів (електродинаміки).

**Вимоги до вибору навчальної дисципліни:**

1. Знання теоретичних основ математики, фізики та геофізичних методів.

**Анотація навчальної дисципліни / референс:**

*В програмі дисципліни основна увага приділяється питанням: основи векторного аналізу. Розглядаються скалярні й векторні поля, їх класифікація та визначення. Математично характеризуються гравітаційне й постійне магнітне поля, зокрема, обернені задачі в теорії потенціальних полів та приклади розв'язання обернених задач у потенціальних полях. Характеризуються вектори електромагнітного поля, електричні заряди й струми. Пояснюються основні рівняння змінного електромагнітного поля. До розгляду включено енергію електромагнітного поля та змінні електромагнітні поля в однорідних середовищах.*

**Завдання (навчальні цілі):**

- ознайомити із термінологічним апаратом теорії поля;
- формування у здобувачів необхідного професійного рівня теоретичних знань і вмінь в області загальної теорії поля;
- надати здобувачам необхідного професійного рівня положень теорії гравімагнітних полів;
- ознайомлення здобувачів з положеннями теорії електромагнітних полів;
- засвоєння здобувачами знань із областей, що необхідні для вивчення ними спеціальних дисциплін блоку «Геофізика».

**Результати навчання:**

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форма/Методи викладання і навчання	Форма/Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Основні операції над векторами, вектор-функцію скалярного аргументу та її властивості	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.2	Потенціали векторних полів, довільні криволінійні координати та їх диференціальні характеристики	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.3	Основні формули теорії поля, гармонічні функції та основні підходи при виконанні диференціальних операцій	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.4	Основи теорії гравімагнітних полів, умови коректності та стійкості розв'язку обернених задач	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
1.5	Основні закони та граничні умови векторів для електричних полів постійних і змінних струмів	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %

1.6	Особливості рівнянь для гармонійних електромагнітних полів дипольних джерел та їх особливості	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
2.1	Виконувати операції над векторами, застосовувати різні операції при дослідженні векторних полів	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
2.2	Застосовувати диференціальні операції для аналізу гравітаційного та магнітного полів	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
2.3	Використовувати закони електродинаміки для дослідження електромагнітних полів	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 10 %
3.1	Вміти організувати бригадну роботу для ефективного вирішення поставленої задачі	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 5 %
4.1	Розуміння особистої відповідальності за професійні рішення які можуть давати інформацію про геологічне середовище	лекція, практичне заняття	Письмова робота	до 5 %

**Структура курсу:** лекційні заняття, практичні заняття і самостійна робота студентів.

### **Схема формування оцінки:**

#### **Форми оцінювання здобувачів**

##### **1. Семестрове оцінювання:**

- 1) Контрольна робота з основ векторного аналізу, скалярних й векторних полів – 15 балів (рубіжна оцінка 9 балів)
- 2) Контрольна робота з теми з основ теорії гравітаційного, магнітного й електромагнітного полів – 15 балів (рубіжна оцінка 9 балів).
- 3) Оцінка за виконання та захист практичних робіт на практичних заняттях – 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

**2. Підсумкове оцінювання у формі іспиту<sup>1</sup>:** максимальна оцінка 40 балів, рубіжна оцінка 24 бали. Під час іспиту здобувач пише тест і відповідає на питання.

Результати навчальної діяльності здобувачів оцінюються за 100 бальною шкалою.

**Змістовні модулі (ЗМ) формують бали, які виставляються за результатами роботи здобувача впродовж усього семестру, як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру. Підсумкова оцінка складається із суми балів за змістовні модулі та балів за іспит.**

	ЗМ1/Частина 1	ЗМ2/Частина 2	іспит	Підсумкова оцінка
<b>Мінімум</b>	18	18	24	60
<b>Максимум</b>	30	30	40	100

<sup>1</sup> 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 (**100** балів - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен**).

<sup>2</sup> Здобувач не допускається **до іспиту**, якщо під час семестру набрав менше 20 балів.<sup>3</sup> Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

**Організація оцінювання:** Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: виконання 6 практичних робіт (де здобувачі мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі використовуючи окреслені викладачем методи та засоби), та проведення 2 письмових модульних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі письмового іспиту.

#### Шкала відповідності

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

---

<sup>2</sup> У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20** балів, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

<sup>3</sup> У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20** балів, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	Самостійна робота
<i>Частина 1. Основи векторного аналізу. Скалярні й векторні поля, їх класифікація та визначення</i>				
	Вступ	2		
1	<b>Тема 1.</b> Вектор-функція скалярного аргументу	2	2	4
2	<b>Тема 2.</b> Скалярне поле	4	2	4
3	<b>Тема 3.</b> Векторне поле	4		6
4	<b>Тема 4.</b> Диференціальні операції в криволінійних координатах	4		6
5	<b>Тема 5.</b> Символічні методи при виконанні диференціальних операцій	2	2	5
6	<b>Тема 6.</b> Формули Гріна. Гармонічні функції	2		5
7	<b>Тема 7.</b> Класифікація векторних полів та їх визначення	2	2	6
	<i>Контрольна робота 1</i>			2
<i>Частина 2. Гравітаційне й магнітне поля. Основи теорії електромагнітних полів</i>				
8	<b>Тема 8.</b> Гравітаційне й постійне магнітне поле	2	2	6
9	<b>Тема 9.</b> Вектори електромагнітного поля, електричні заряди й струми	2	2	6
10	<b>Тема 10.</b> Основні рівняння змінного електромагнітного поля	6		5
11	<b>Тема 11.</b> Енергія електромагнітного поля	2		4
12	<b>Тема 12.</b> Змінні електромагнітні поля в однорідних середовищах	4	2	5
	<i>Контрольна робота 2</i>			2
	<i>Екзаменаційна робота з дисципліни</i>			
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>38</b>	<b>14</b>	<b>66</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг 120 год.**<sup>4</sup>, в тому числі:

Лекцій – **38 год.**

Практичні заняття – **14 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **66 год.**

<sup>4</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА:

### Змінні електромагнітні поля в однорідних середовищах

#### Основні:

1. Кузьменко Е. Д., Рева М. В. Теорія поля. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 410 с.
2. Ткаченко Ю.Ф., Федоришин Д.Д., Федорів В.В., Лизун С.О. Теорія поля. – Ів.-Франківськ: Факел, 2006. – 106 с
3. [Pierre van Baal](#) A Course in Field Theory 1st Edition 2013 CRC Press 234 Pages
4. [P. Moon, D. E. Spencer](#) Field Theory Handbook: Including Coordinate Systems, Differential Equations and Their Solutions 2nd ed. 1988

#### Додаткові:

1. Steven R. (1995) Field theory. (Graduate texts in mathematics; 158) 512 p.

## **Питання до іспиту**

1. Як виконується скалярне та векторне множення двох векторів?
2. Як обчислюється змішаний векторно-скалярний добуток векторів?
3. Як виконується подвійний векторний добуток векторів.
4. Зображення площадки вектором. Запис плоского та тілесного кутів.
5. Вектор-функція скалярного аргументу, її приклади.
6. Похідна вектор-функції по скалярному аргументу та її властивості.
7. Інтегрування вектор-функції скалярного аргументу.
8. Скалярне поле, поверхні однакового рівня скалярного поля.
9. Похідна скалярного поля за заданим напрямком.
10. Градієнт скалярного поля, оператор Гамільтона та вираження градієнта в символічній формі.
11. Векторне поле. Векторні лінії векторного поля, рівняння векторних ліній.
12. Потік вектора через поверхню.
13. Дивергенція векторного поля, вираження дивергенції в символічній формі.
14. Теорема Гауса-Остроградського.
15. Застосування теореми Гауса-Остроградського для вивчення кулонових та ньютонівих полів.
16. Потенціал кулонових та ньютонівих полів, рівняння Лапласа й Пуассона.
17. Поле об'ємного кульового заряду.
18. Лінійний інтеграл вектора-функції.
19. Циркуляція вектора вздовж контуру нескінченно малої площадки.
20. Вихровий вектор (ротор), вираження ротора в символічній формі.
21. Поле вихорів. Приклади вихорів у фізичних полях.
22. Теорема Стокса.
23. Загальна характеристика криволінійних координат.
24. Запис градієнта в криволінійних координатах.
25. Запис дивергенції в криволінійних координатах.
26. Запис лапласіана в криволінійних координатах.
27. Запис ротора в криволінійних координатах.
28. Застосування символічного методу в диференціальних операціях.
29. Похідна вектор-функції по заданому напрямку.
30. Приклади застосування символічного методу при виконанні диференціальних операцій.
31. Диференціальні операції другого порядку.
32. Поняття про просторове диференціювання.
33. Формули Гріна.
34. Гармонічні функції, їх приклади та властивості.
35. Змішана задача Діріхле-Неймана.
36. Внутрішня задача Діріхле. Функція Гріна та її властивості.
37. Розв'язок внутрішньої задачі Діріхле для сфери. Інтеграл Пуассона.
38. Розв'язок задачі Діріхле для плоскої поверхні.
39. Одно- та багатозв'язні області визначення поля, їх характеристика.
40. Класифікація векторних полів.
41. Потенціальне поле в однозв'язній області визначення.
42. Потенціальне поле в багатозв'язній області визначення.
43. Соленоїдалне поле, його характеристика та властивості. Векторний потенціал.
44. Загальна постановка задачі визначення поля за його розходженням та вихором. Єдиність розв'язку.
45. Визначення потенціального поля та його потенціалу.
46. Визначення соленоїдного поля й векторного потенціалу.

47. Визначення поля загального виду.
48. Потенціал та сила тяжіння гравітаційного поля точкової маси та маси, розосередженої в об'ємі.
49. Пряма та обернена задачі в теорії геофізичних потенціальних полів.
50. Потенціал поля сили тяжіння для двовимірних тіл, логарифмічний потенціал.
51. Гравітаційне поле горизонтального циліндра.
52. Гравітаційне поле кулі.
53. Пряма задача гравіметрії для вертикального уступу та циліндра.
54. Магнітне поле дипольного джерела.
55. Магнітне поле намагніченого горизонтального циліндра.
56. Магнітне поле намагніченої кулі.
57. Про стійкість і коректність розв'язку обернених задач в теорії потенціальних полів.
58. Критерії єдиності розв'язку обернених задач в теорії потенціальних полів.
59. Обернена задача для поля кульового джерела.
60. Обернена задача для поля витягнутого циліндра.
61. Інтегральні (прямі) методи розв'язку обернених задач в потенціальних полях.
62. Загальна постановка розв'язку обернених задач методом підбору.
63. Вектори електромагнітного поля та їх фізична інтерпретація. Матеріальні рівняння.
64. Електрична та магнітна проникності середовища.
65. Постійний електричний струм у провідному середовищі. Закон Ома.
66. Особливості електричних полів в анізотропних середовищах.
67. Поле точкового джерела в анізотропному середовищі.
68. Закон збереження заряду і рівняння неперервності (перший закон Кірхгофа).
69. Другий закон Кірхгофа. Об'єднаний закон постійного електричного поля. Рівняння Лапласа для потенціалу електричного поля.
70. Закон Джоуля-Ленца в диференціальній формі.
71. Механічні сили в магнітному полі постійного струму.
72. Закони Біо-Савара-Лапласа та повного струму.
73. Струм зміщення.
74. Перше рівняння Максвелла як узагальнення закону повного струму.
75. Закон індукції Фарадея та друге рівняння Максвелла.
76. Дивергенція векторів поля. Повна система рівнянь Максвелла.
77. Рівняння Максвелла і класи електромагнітних полів.
78. Електромагнітні поля в однорідних середовищах. Диференціальні рівняння для векторів поля.
79. Граничні умови для векторів електромагнітного поля.
80. Тонкий провідний шар в електромагнітному полі, гранична умова Шейнмана-Прайса.
81. Векторний та скалярний електродинамічні потенціали.
82. Вектор Герца.
83. Граничні умови для електродинамічних потенціалів.
84. Гармонійні поля та рівняння електродинаміки в комплексній формі.
85. Комплексне хвильове число.
86. Диференціальна форма закону Джоуля-Ленца для змінних електромагнітних полів.
87. Вектор Умова-Пойтінга та його фізична сутність.
88. Рівняння енергетичного балансу в електромагнітному полі.
89. Потік енергії в стаціонарному електромагнітному полі.
90. Енергетичний баланс в гармонійних електромагнітних полях.
91. Енергетичний баланс при комплексних діелектричній та магнітній проникностях.
92. Плоске гармонійне електромагнітне поле в однорідному просторі, фазова швидкість, довжина хвилі, імпеданс.
93. Тонкий провідний шар в електромагнітному полі.

94. Електромагнітне поле гармонійного магнітного диполя в однорідному середовищі.
95. Електромагнітне поле гармонійного електричного диполя в однорідному провідному просторі.
96. Особливості гармонійних полів дипольних джерел в ближній і дальній зонах джерел збудження.