

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет природокористування  
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій  
Кафедра фізики та інженерної механіки



**СИЛАБУС  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«Фізика геосфери Землі»**

ОПП «Екологія»  
Спеціальність 101 - Екологія  
РВО перший «Бакалавр»

**ВИКЛАДАЧ**

**Пономаренко Олександр Миколайович**

Електронна пошта:

*alexanderponomaren-  
ko54@gmail.com*

Телефон

+380662026554

Доцент кафедри фізики та інженерної механіки Львівського національного університету природокористування, кандидат фізико-математичних наук. Викладач з 41-річним досвідом, автор та співавтор понад 150 наукових статей і навчально-методичних розробок.

Читає курси: Фізика з основами біофізики, Основи агрометеорології та кліматології, Інженерна механіка (Теоретична механіка та опір матеріалів), Фізика.

ЛЬВІВ 2023

## АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

У межах зазначеної дисципліни курсу здобувачі вищої освіти формують загальні та спеціальні (фахові) компетентності. Дисципліна «Фізика геосфери Землі» є базовою у формуванні сучасних уявлень про фізичні процеси- фізику Землі, що протікає у надрах Землі, фізичних основ теоретичних та прикладних геофізичних методів дослідження земної кори з огляду на питання екології.

**Обсяг курсу:** 4 кредити (120 годин): 32 годин лекцій, 32 години лаб., 72 годин самостійної роботи, екзамен.

### МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**1.1. Метою вивчення дисципліни** є сформувати та надати загальну уяву про геофізичні поля, процеси для дослідження земної кори і Землі в цілому, показати, які фундаментальні фізичні властивості масивів гірських порід лежать в основі геофізичних досліджень. Курс повинен розбудити інтерес до майбутньої спеціальності, як інтегрованої науки, заснованої на використанні новітніх досягнень геології, фізики, математики й інформатики. Геофізика, досліджуючи ті ж самі явища, що й інші науки про Землю – геологія, географія і т.д., відрізняється від них тим, що в ній у значно більшому обсязі використовуються методи фізико-математичного аналізу явищ природи та земних структур для розв'язування екологічних проблем.

**1.2. Основним завданням** навчальної дисципліни «Фізика геосфери Землі» є викласти предмет і метод геофізики, як науки, що дає опис природи фізичних полів Землі, властивостей і закономірностей їхнього розподілу в просторі і в часі; показати місце геофізики серед інших наук про Землю. Необхідно дати загальне уявлення про геофізику як про засіб рішення фундаментальних і прикладних задач по вивченню будівлі й еволюції Землі, для рішення екологічних проблем.

У результаті вивчення курсу "Фізика геосфери Землі" студент повинен **набути такі загальні та фахові компетентності:**

1. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з екології, що передбачає застосування теорій та методів відповідної науки і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
2. Здатність застосовувати знання з фізики геосфери Землі у практичних ситуаціях.
3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел фізичних та біофізичних публікацій.
4. Прагнення до застосування знань з фізики геосфери Землі до збереження навколишнього середовища.
5. Здатність застосовувати знання з фізики геосфери Землі для найбільш ефективного ведення сільськогосподарського виробництва та підвищення врожайності з екологічно чистою продукцією.
6. Здатність оцінювати, інтерпретувати й синтезувати теоретичну інформацію та практичні, виробничі і дослідні дані з фізики геосфери Землі у галузях

сільськогосподарського виробництва.

7. Здатність управляти комплексними діями або проектами із застосування знань з фізики геосфери Землі, відповідальність за прийняття рішень у конкретних виробничих умовах.

1.3 Вивчення дисципліни «Фізика геосфери Землі» дозволить отримати такі **програмні результати навчання:**

1. Порівнювати та оцінювати сучасні науково-технічні досягнення з фізики геосфери Землі з метою застосування їх у галузі екології.
2. Демонструвати знання й розуміння фундаментальних дисциплін в обсязі, необхідному для володіння відповідними навичками в галузі екології.
3. Проектувати та організовувати заходи вирощування високоякісної екологічно чистої сільськогосподарської продукції із застосуванням знань з фізики геосфери Землі відповідно до чинних вимог.

### Інформаційний обсяг навчальної дисципліни (зміст) «Фізика геосфери Землі»

Тижень день	Тема, короткі тези	Форма діяльності К-сть год	
1-2	<b>СОНЯЧНА СИСТЕМА І ЗЕМЛЯ.</b> Відомості про Сонячну систему. Гіпотези виникнення Сонячної системи. Сонце. Планети Сонячної системи. Метеорити, комети, астероїди. Земля і Місяць. Закони небесної механіки. Рух Землі і взаємодія із Сонцем. Моделі виникнення і розвитку Землі. Походження Землі. Еволюційні процеси походження Землі. Гаряча і холодна теорія виникнення Землі. Вік Землі. Шкала абсолютної геологічної хронології. Природна радіоактивність. Ядерні реакції. Ізотопи. Радіоізотопні методи. Походження хімічних елементів. Походження хімічних елементів у космічних об'єктах. Еволюційні процеси походження мінералів в атмосфері, корі та ядрі Землі.	Лекція 4	Лабор 4
3-4	<b>ФІЗИЧНІ ПОЛЯ ЗЕМЛІ.</b> Види фізичних полів. Класифікація взаємодій у природі: електромагнетні, гравітаційні, сильні, слабкі, надсильні, далекодіючі, Короткодіючі та ядерні взаємодії. Співвідношення між взаємодіями. Фізичні основи спостережуваних явищ в атмосфері, корі та мантії Землі. Обертання тіл, на які діють зовнішні сили. Поняття про діючі сили.	Лекція 4	Лабор 4
5	<b>ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗЕМЛІ.</b> Методи визначення радіуса Землі. Механічні властивості	Лекція 2	Лабор 2

	Землі. Маса Землі і Сонця. Визначення маси Землі. Земля як неоднорідне тіло обертання. Проблеми фігури обертової рідкої маси. Теорія Клеро. Зміни швидкості обертання та фігура Землі. Коливання швидкості обертання. Маса і середня густина Землі. Тиск усередині Землі. Фізичні процеси в оболонках Землі. Деформація і напруженість для різних середовищ. Середовище з ускладненими механічними властивостями і його застосування.		
6	<b>ГЛОБАЛЬНІ ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ЗЕМЛІ.</b> Магматичні процеси в Землі. Вулканічна діяльність Прості фізичні моделі вулканів. Еволюція й розвиток континентів Землі. Конвекційні процеси в мантії та корі Землі. Геодинаміка ефектів обертання Землі. Проблема стабільності осі обертання Землі. Тектонічні процеси. Рух континентів.	Лекція 2	Лабор 2
7	<b>ГІДРОСФЕРА.</b> Процеси у гідросфері. Водна оболонка Землі. Морські течії. Циркуляція океанічних вод. Припливи і відпливи. Потужність водної оболонки. Співвідношення океану та суші. Особливості формування рельєфу океанічного дна. Фізичні властивості водної оболонки Землі. Розподіл температур. Прісна й океанічна вода. Особливості обміну води у природі. Льодові шапки планети.	Лекція 2	Лабор 2
8	<b>ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В АТМОСФЕРІ.</b> Походження й еволюція атмосфери Землі. Взаємозв'язок океану й атмосфери з оболонками Землі та вплив на клімат Землі.. Склад атмосфери. Тепловий баланс Землі й атмосфери. Поглинання і розсіяння енергії в атмосфері. Вплив сонячної активності на атмосферу Землі. Вода в атмосфері. Теорія поширення хвиль в атмосфері. Основи газодинаміки у дослідженні атмосфери Землі. Виникнення руху повітряних мас. Земні катаклізми й атмосферні явища. Оптичні явища та розсіяння світла в атмосфері. Атмосферна прозорість в аерозолі. Поляризаційна карта неба, анізотропія молекул і багаторазове розсіяння. Поглинання і випромінювання в газах при високих температурах. Оптичні властивості нагрітого повітря.	Лекція 4	Лабор 4
9	<b>ГРАВІТАЦІЙНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ.</b> Гравітаційне поле Всесвіту. Головні властивості потенціалу	Лекція 2	Лабор 2

	<p>сили тяжіння. Рівняння Лапласа та Пуассона. Поняття про гравіметричні методи дослідження. Основи потенціальної теорії. Другі похідні потенціалу сил тяжіння. Теорія гравітаційного поля Землі. Сила тяжіння та її потенціал. Вплив відцентрових сил. Доцентрова сила і її потенціал. Проблема Стокса та її вирішення для сфероїда. Формули для нормальної сили тяжіння. Градієнти сили тяжіння. Відхилення поверхні рівня від сферичної форми. Нормальні значення других похідних гравітаційного потенціалу.</p>		
10	<p><b>Сила тяжіння на поверхні Землі.</b> Ізостазія. Дослідження фігури геоїда. Нормальний геоїд. Квазігеоїд. Стиснення Землі. Стиснутий еліпсоїд і геоїд. Зміни сили тяжіння та фігура Землі. Земля як однорідне тіло обертання. Дія на вісь Землі. Прецесія і стиск Землі. Приливи, вільна нутація. Вплив Місяця на Землю. Ізостатична рівновага у земній корі.</p>	Лекція 2	Лабор 2
11	<p><b>СЕЙСМІЧНІСТЬ ТА БУДОВА ЗЕМЛІ.</b> Вільні коливання Землі. Сфероїдальні коливання. Крутильні коливання. Сейсмічна активність Землі. Землетруси. Механізм виникнення землетрусів і зони напружень. Енергія землетрусів. Шкала магнетуд. Про генезис землетрусів. Теорія пружного відгуку. Типи рухів земної кори під час землетрусів. Теорія розсіяння акустичних, сейсмічних та електромагнетних хвиль. Сейсмічні середовища. Кореляція відбитих хвиль. Основи сейсмології. Сейсмічні дослідження земної кори. Основи геометричної сейсміки Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Закон заломлення-відбивання. Годограф і його властивості. Годографи відбитих хвиль. Поширення та спостереження сейсмічних хвиль. Об'ємні і поверхневі сейсмічні хвилі. Поширення об'ємних хвиль. Хвилеводи. Принципи використання об'ємних хвиль для вивчення внутрішньої будови Землі. Внутрішня будова Землі за даними спостережень об'ємних хвиль. Земна кора. Головні структурні елементи земної кори. Поверхня Мохоровичича. Мантия. Ядро.</p>	Лекція 2	Лабор 2
12-13	<p><b>МАГНІТНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ ТА ПЛАНЕТ СОЛЯНОЇ СИСТЕМИ.</b> Магнетне поле Землі. Походження магнетних полів Землі та небесних тіл.</p>	Лекція 4	Лабор 4

	<p>Опис магнетного поля Землі. Рівняння електромагнетного поля. Елементи земного магнетизму. Розподіл елементів земного магнетизму. Складові магнетного поля Землі. Розділення магнетного поля на внутрішнє, зовнішнє і вихрове. Графічне зображення магнетного поля Землі. Магнетні карти. Палеомагнетизм. Природа земного магнетизму. Фізичні теорії головного магнетного поля Землі. Перші і сучасні гіпотези походження магнетного поля Землі. Магнетне поле Землі як поле однорідної намагніченої сфери. Уявлення магнетного потенціалу Землі і його похідних у вигляді ряду. Ядро Землі як джерело магнетного поля. Аналітичні уявлення магнетного поля Землі. Теорія гідромагнетного динамо і земний магнетизм. Математична теорія динамoeфекту. Рух магнетного полюса. Загальні відомості і класифікація магнетних варіацій. Магнетні варіації. Періодичні магнетні варіації. Рух Сонячної плазми. Магнетогідродинамічний хаос. Сонячна активність і її зв'язок із магнетною. Магнетні збурення. Взаємодія сонячного випромінювання із магнетним полем Землі. Магнетний екран Землі. Магнетосфера Землі. Квантово-механічні явища. Полярні сніва.</p>		
14	<p><b>ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ.</b> Атмосферна електрика. Грози. Блискавки. Причини іонізації атмосфери. Струми в газах та рідинах. Іоносфера та її властивості. Електропровідність іоносфери. Електричні явища в корі та мантиї Землі. Струми в корі та мантиї Землі. Електромагнітні властивості гірських порід. Питомий електричний опір. Діелектрична і магнітна проникність. Принципи виміру постійного електричного і перемінного електромагнітного поля. Основні принципи інтерпретації даних геоелектрики.</p>	Лекція	Лабор
15	<p><b>ОСНОВИ ЯДЕРНОЇ ГЕОФІЗИКИ.</b> Фізичні і технічні основи ядерної геофізики, ядерно-геофізичні методи і їхнє застосування при пошуках, розвідці й експлуатації корисних копалин. Радіометричні, гама- і рентгенівські, нейтронні й активаційні методи. Області застосування ядерної геофізики.</p>	Лекція 2	Лабор 2
16	<p><b>ТЕПЛОВЕ ПОЛЕ ЗЕМЛІ. ГЕОТЕРМІЯ.</b> Теплове поле Землі і його джерела (глобальні і ло-</p>	Лекція 2	Лабор 2

	кальні). Геотермічні параметри, що характеризують теплові властивості гірських порід і корисних копалин. Тепловий потік і його варіації. Методи і засоби вивчення теплового поля. Спостереження в повітрі, на денній поверхні, у гірських виробленнях.		
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

## **ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ**

### **Формат навчальної дисципліни**

Основними видами навчальних аудиторних занять, під час яких здобувачі вищої освіти отримують необхідні знання, є лекції, лабораторні, практичні заняття та консультації.

При викладанні лекційного матеріалу передбачено поєднання таких форм і методів навчання, як лекції-бесіди та лекції-візуалізації. Лекція-бесіда забезпечує безпосередній контакт викладача з аудиторією та дає змогу привернути увагу здобувачів вищої освіти до найбільш важливих питань теми лекції, детермінувати у процесі діалогу особливості сприйняття навчального матеріалу здобувачами вищої освіти.

Лекція-візуалізація – візуальна форма подачі лекційного матеріалу з розгорнутим або коротким коментуванням візуальних матеріалів, що переглядають технічними засобами навчання або аудіо-відеотехніки. При проведенні лабораторних занять передбачено поєднання таких форм і методів навчання, як робота у малих групах.

Здобувачі вищої освіти працюють з друкованим інформативним матеріалом або з матеріалом мережі Інтернет, виконують усні та письмові завдання (контрольні питання або тести), виконують індивідуальні завдання на комп'ютерах у спеціалізованих програмних комплексах, виступають з доповідями і презентаціями, підготовленими як індивідуальні проекти.

### **ВІДПРАЦЮВАННЯ ПРОПУЩЕНИХ ЗАНЯТЬ**

Відпрацювання пропущених занять із дисципліни «Фізика геосфери Землі» здійснюється згідно «Положення про порядок відпрацювання студентами Львівського національного університету природокористування пропущених лекційних, практичних, лабораторних та семінарських занять». Студент представляє конспект з пропущеної теми лекційного курсу та опрацьований лабораторний матеріал (захист роботи або контрольна робота чи тестові завдання) з відповідної тематики. Самостійне вивчення навчальної дисципліни за вищевказаними темами передбачає також підготовку рефератів, доповідей, презентацій (максимальна кількість балів – 5 за одну тему, але не більше 10 балів за весь курс дисципліни).

Форма підсумкового контролю успішності навчання – *екзамен*.

### **КРИТЕРІЇ ПОТОЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ**

Оцінювання студента здійснюється згідно «Положення про критерії оцінювання знань та вмінь студентів Львівського національного університету

природокористування». Поточне оцінювання здійснюється за кожним завданням. Оцінюються і завдання, виконувані в аудиторії, і завдання, виконувані під час самостійної роботи. Протягом вивчення дисципліни здійснюється самоконтроль. Загальні критерії оцінок: «відмінно» – здобувач вищої освіти виявив всебічні, систематичні та глибокі знання навчального матеріалу дисципліни, передбаченого програмою; опрацював основну та додаткову літературу, рекомендовану програмою; проявив творчі здібності у розумінні, логічному, стислому та ясному трактуванні навчального матеріалу; засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності. «добре» – здобувач вищої освіти виявив систематичні та глибокі знання вище середнього рівня навчального матеріалу дисципліни; продемонстрував уміння легко виконувати завдання, передбачені програмою; опрацював літературу, рекомендовану програмою; засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни, їх значення для подальшої професійної діяльності. «задовільно» – здобувач вищої освіти виявив знання навчального матеріалу дисципліни в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої професійної діяльності; виконав завдання, передбачені програмою; ознайомився з основною літературою, що зазначена у програмі. «незадовільно» – здобувач вищої освіти не має знань зі значної частини навчального матеріалу; припускає принципові помилки при виконанні більшості передбачених програмою завдань.

## МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ

1. **Усне опитування** (індивідуальне, детальний аналіз відповідей студентів).
2. **Письмова аудиторна та поза аудиторна перевірка** (розв'язування задач і прикладів, виконання схем, підготовка різних відповідей, рефератів, контрольні роботи (з конкретних питань тощо).
3. **Практична перевірка** (виконання практичної роботи, аналіз виробничої інформації, розв'язання професійних завдань і т. д.).
4. **Стандартизований контроль:** письмовий екзамен (можливе проведення у дистанційній формі).

**Види контролю:** поточний контроль, проміжна та семестрова атестація.

### Питання з дисципліни «Фізика геосфери Землі», які виносяться на екзамен

1. Як з карти України знайти тиск в середині Землі.
2. Порахувати маси оболонок Землі.
3. Порахувати момент інерції оболонок Землі.
4. Зміна періоду обертання Землі під час зледенінь
5. Виберіть хатку за перший семестр
6. Скільки часу треба, щоб лід розтанув, якщо сонце весь час гріє.
7. Виведіть співвідношення Майєра  $C_p/C_v = K_s/K_t$
8. Знайти масу Землі та окремих оболонок з врахуванням залежності від глибини густини кожної з оболонок.
9. Що таке провідники, напівпровідники і діелектрики, використовуючи петрофі-



зичні властивості і енергетичні характеристики.

10. Знайти розмір котла, який утвориться під водоспадом.
11. Знайти момент інерції всіх оболонок Землі.
12. Яку роботу треба виконати, щоб підняти Україну на 10 см.
13. Знайти енергію обертового руху і момент кількості руху оболонок Землі.
14. Визначіть і доведіть, яка з оболонок дає найбільший вклад в момент інерції Землі.
15. Знайти кінетичні енергії всіх оболонок Землі.
16. Отримати із співвідношень Майєра  $K_s = K_t + VT/C_v$  ( $\alpha K_t$ )
17. Оцініть, на яких глибинах речовина кори починає бути пластичною.
18. Знайти корінь континентальної кори за даними океанічної кори.
19. Яка частина айсберга є під водою.
20. Уявімо собі, що ми маємо соляний діапір у вигляді циліндра діаметром 200 км. Густина кори 2,2 висота діапіру 4 км, яка його частина буде в корі.
21. Знайти всі величини скалярні і векторні і як вони між собою пов'язані.
22. Отримати із співвідношень Майєра  $C_p = C_v + VT\alpha K_t$
23. Знаходження маси атмосфери Землі.
24. Порівняйте напруженість гравітаційного поля на поверхні Землі, на поверхні Місяця, Сонця.
25. Що таке магнітна сприйнятливність середовища?
26. Що таке точка Кюрі?
27. Що таке діа- і парамагнетики?
28. Вивести потенціал гравітаційного та електричного полів.
29. Петрофізичні характеристики порід.
30. Записати рівняння Максвелла в електродинаміці для середовищ.
31. На скільки зменшиться маса Сонця, якщо припустити, що за 7 млрд. років вся маса, яка вигоріла, перейшла в енергію випромінювання.
32. На яку максимальну відстань ми бачимо з Говерли?
33. Знайти потоншення кори під підводною западиною.
34. Знайти, до якої відмітки понизиться рівень води у артезіанському колодязі під час експлуатації родовища артезіанських вод.
35. Що таке фери- і антиферромагнетики?
36. Яке зусилля треба прикласти і яку роботу треба виконати, щоб занурити на дно тіло (кулястої форми) і яку роботу треба виконати при цьому.
37. Оцініть, яка різниця тисків виникне, якщо врахувати поправку  $dg$  з глибиною (Маріанська западина).
38. Оцініть на скільки змінюється прикладені сили тиску на дні Тихого океану і Маріанської западини.
39. Порівняти напруженість гравітаційного поля всіх сусідів на поверхні Землі з напруженістю гравітаційного поля Сонця.
40. Як зміниться момент інерції еліпсоїда обертання при зміні ексцентриситету.
41. Знайти зменшення кори для континентального моря.
42. Який період обертання Землі був в силурі
43. Виведіть різницю припливної сили на поверхні Місяця створеного Землею.
44. Знайти температуру атмосфери землі в докембрію.
45. Яка з планет Сонячної системи немає магнітного поля?

46. Порахувати який тиск чинить Україна на мантію.
47. Що таке  $A$ (робота) для земних середовищ.
48. Оцінити з табличних даних яка максимальна гора на Землі.
49. Як з карти України знайти масу Землі
50. Знайти дані про Сонячну систему як члена нашої галактики.
51. Порахувати масу атмосфери з табличних даних.
52. Яку силу треба прикласти, щоб підняти тіло, яке лежить на дні.
53. Знайти потоншення кори під озером на континенті.

### **Рекомендована література**

#### **Базова**

#### **Допоміжна**

#### **Інформаційні ресурси**

4. Бібліотечно-інформаційні ресурси, книжковий фонд, періодика та фонди на електронних носіях бібліотеки ЛНУП, наукових, науково-технічних та інших бібліотек України.
5. Електронні інформаційні ресурси мережі Інтернет з переліком сайтів:  
<http://lnau.edu.ua/lnau/index.php/uk/f-s/mex/navplanmeh261015/4386-navplanmash2017.html>

### **ПОЛІТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ («ПРАВИЛА ГРИ») В АУДИТОРНИЙ ЧАС**

Навчальна дисципліна передбачає колективну роботу. Студенти під час лекційних занять ведуть конспект із відповідної теми. Під час заняття або ж в кінці лектор ставить питання, веде діалог з аудиторією для кращого засвоєння теоретичного матеріалу. Середовище в аудиторії є дружнім, творчим, відкритим до конструктивної критики. Усі завдання, передбачені програмою, мають бути виконані у встановлений термін. Якщо здобувач вищої освіти відсутній з поважної причини, він/вона презентує виконані завдання під час самостійної підготовки та консультації викладача. Під час роботи над індивідуальними науково-дослідними завданнями та проектами не допустимо порушення академічної доброчесності.