

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра загальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету

Руслан БОБК



2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Екофізика

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
галузь знань _____ 10 Природничі науки _____
(шифр і назва)
спеціальність _____ 104 Фізика та астрономія _____
(шифр і назва)
освітня програма _____ освітньо-наукова програма «Фізика» _____
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни _____ обов'язкова _____
(обов'язкова / за вибором)
факультет _____ фізичний _____
(назва факультету)

2025 / 2026 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

“29” серпня 2025 року, протокол № 10.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

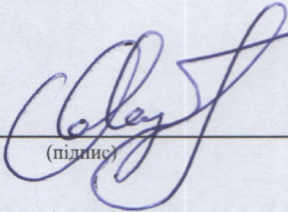
Олег ЛАЗОРЕНКО, доктор фіз.-мат. наук, доцент, завідувач кафедри загальної фізики фізичного факультету;

Сергій МЕЛЬНИК, кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри теоретичної фізики ім. І. М. Лівшиця фізичного факультету

Програму схвалено на засіданні кафедри загальної фізики

“29” серпня 2025 року, протокол № 14-24/25.

Завідувач кафедри

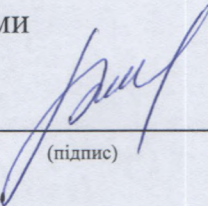


(підпис)

Олег ЛАЗОРЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо - наукової програми «Фізика».

Гарант освітньо - наукової програми



(підпис)

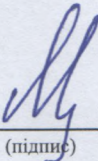
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією
фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол № 5 від “28” серпня 2025 року.

Голова методичної комісії



(підпис)

Микола МАКАРОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Еконофізика» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки

магістра

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальність

104 Фізика та астрономія

(шифр і назва)

освітня програма

освітньо-наукова програма «Фізика»

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни.

Метою викладання навчальної дисципліни є

отримання студентом уявлень про сучасну еконофізику на прикладі двох окремих на-прямків, пов'язаних з використанням ідей теоретичної та фрактальної фізик для дослідження процесів в економіці та фінансах..

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни.

Основними завданнями вивчення дисципліни є

- засвоєння студентом основ і сутності інформаційно-вимірювального методу;
- оволодіння студентом основами побудови векторного простору класичних станів, як результатів фізичних вимірів;
- опанування студентом основами динаміки твердих тіл у фізичному та економічному просторах на базі інформаційно-вимірювального методу;
- оволодіння студентом основами монофрактального та мультифрактального аналізів часових рядів в економіці та фінансах;
- оволодіння студентом основами моделювання монофрактальних і мультифрактальних часових рядів в економіці та фінансах;
- формування у студента цілісного наукового, і зокрема, фрактального світогляду.

Інтегральні компетентності:

ІК. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальні компетентності:

ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 4. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК 5. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК 6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 8. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК 9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 11. Здатність дотримуватися принципів академічної доброчесності.

Фахові компетентності:

ФК 1. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК 2. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

ФК 3. Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і нефаківцям.

ФК 4. Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та/або астрономії.

ФК 5. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

ФК 8. Здатність встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, пов'язувати результати досліджень із сучасними фізичними та астрономічними теоріями і уявленнями.

ФК 9. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

ФК 13. Здатність проводити аналіз наукових результатів, отриманих в області фізики та астрономії.

ФК 14. Здатність ефективно використовувати людські та матеріальні ресурси для вирішення фундаментальних та прикладних наукових завдань.

1.3. Кількість кредитів: 3.

1.4. Загальна кількість годин: 90.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни.

<i>Нормативна / за вибором: нормативна</i>	
<i>Денна форма навчання</i>	<i>Заочна (дистанційна) форма навчання</i>
<i>Рік підготовки</i>	
<i>2-й</i>	
<i>Семестр</i>	
<i>3-й</i>	
<i>Лекції</i>	
<i>36 год.</i>	
<i>Практичні, семінарські заняття</i>	
<i>0 год.</i>	
<i>Лабораторні заняття</i>	
<i>0 год.</i>	
<i>Самостійна робота</i>	

54 год.	
<i>Індивідуальні завдання</i>	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти повинні досягти таких *результатів навчання*:

знати:

- сутність інформаційно-вимірювального методу, проблеми об'єктивності у межах інформаційно-вимірювального методу, формалізації процедури класичного вимірювання та виявлення об'єктивних властивостей об'єкта, що спостерігається, типологію фізичних вимірів у рамках інформаційно-вимірювального методу;
- про векторний простір класичних станів, як результатів фізичних вимірів;
- основи динаміки твердих тіл у фізичному та економічному просторах на основі інформаційно-вимірювального методу, інформаційне формулювання принципу причинності та його фізичні наслідки, принцип найменшої дії як інформаційно-вимірювальний аналог принципу відсутності безризикового арбітражу;
- основи динаміки економічних систем на основі інформаційно-вимірювального методу як основа фундаментальної «еконофізики»;
- про дихотомічні виміри та квантові ігри в економіці та теорії свідомості, парадокси теорії квантових вимірів та їх інформаційно-вимірювальний аналіз, парадокси динаміки економічних систем та їх інформаційно-вимірювальний аналіз, узагальнений принцип додатковості для систем із кількома спостерігачами;
- основи моделювання фрактальних і мультифрактальних процесів в економіці та фінансах;
- основи монофрактального та мультифрактального аналізів процесів в економіці та фінансах;

вміти:

- проводити вимірювання в економіці з використанням угод, як фундаментальних вимірів, релятивістського простору економічних станів, класичної релятивістської динаміки економічних систем;
- виводити закони релятивістської динаміки на основі інформаційно-вимірювального методу;
- проводити моделювання фрактальних і мультифрактальних процесів в економіці та фінансах;
- проводити монофрактальний і мультифрактальний аналізи процесів в економіці та фінансах.

Програмні результати навчання:

ПРН 1. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної

теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

ПРН 2. Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.

ПРН 4. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.

ПРН 5. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.

ПРН 6. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.

ПРН 7. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та/або астрономії, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.

ПРН 9. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.

ПРН 10. Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.

ПРН 11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Вступ. Екофізика як новий напрямок сучасної науки. Мета, завдання та структура курсу. Організація навчального процесу.

Розділ 1. Інформаційно-вимірювальний метод моделювання фізичних та економічних систем.

Тема 1. Сутність інформаційно-вимірювального методу.

Проблема об'єктивності у межах інформаційно-вимірювального методу. Формалізація процедури класичного вимірювання та виявлення об'єктивних властивостей об'єкта, що спостерігається. Типологія фізичних вимірів у рамках інформаційно-вимірювального методу.

Тема 2. Векторний простір класичних станів, як результатів фізичних вимірів.

Геометрія Евкліда. Геометрія Мінковського. Розмірність та метрика фізичного простору.

Тема 3. Вимірювання в економіці.

Угоди як фундаментальні чи класичні виміри. Побудова релятивістського простору економічних станів. Класична релятивістська динаміка економічних систем.

Тема 4. Основи динаміки твердих тіл у фізичному та економічному просторах, на основі інформаційно-вимірювального методу.

Інформаційне формулювання принципу причинності та його фізичні наслідки. Принцип найменшої дії як інформаційно-вимірювальний аналог принципу відсутності безризикового арбітражу. Виведення законів релятивістської динаміки на основі інформаційно-вимірювального методу. Динаміка економічних систем на основі інформаційно-вимірювального методу як основа фундаментальної еконофізики.

Тема 5. За межами фізичних моделей.

Дихотомічні виміри та квантові ігри в економіці та теорії свідомості. Парадокси теорії квантових вимірів та їх інформаційно-вимірювальний аналіз. Парадокси динаміки економічних систем та їх інформаційно-вимірювальний аналіз. Узагальнений принцип додатковості для систем із кількома спостерігачами.

Розділ 2. Фрактальний підхід в еконофізиці.

Тема 6. Фрактальні та мультифрактальні сигнали та процеси.

Поняття фрактала, класифікація фракталів. Фрактальні розмірності математичних і фізичних фракталів. Моделі детермінованих і стохастичних фрактальних сигналів і процесів. Персистентність та антиперсистентність. Методи монофрактального аналізу фінансових часових рядів

Тема 7. Моделювання фрактальних процесів у економіці.

Випадкове блукання. Одновимірний дискретний випадок. Безперервна границя. Центральна гранична теорема. Швидкість конвергенції, теореми Беррі – Есс'єна.

Стохастичні процеси Леві та граничні теореми. Стабільні розподіли. Масштабування та самоподібність. Гранична теорема для стабільних розподілів. Ступеневі розподіли. Санкт-петербурзький парадокс. Ступеневі закони у фінітних системах. Статистики зміни ціни. Нескінченно подільні випадкові процеси. Стабільні процеси. Процес Пуассона. Випадкові змінні із гамма-розподілом. Рівномірно розподілені випадкові змінні.

Стаціонарність і часова кореляція. Стаціонарні стохастичні процеси. Кореляція. Випадкові процеси з короткотерміною кореляцією. Випадкові

процеси з довготерміною кореляцією. Порівняння короткотермінового та довготермінового шумів.

Часова кореляція у фінансових часових рядах. Автокореляційна функція та спектральна щільність. Кореляції більш високих порядків. Волатильність. Стаціонарність цінних змін.

Стохастичні моделі цінової динаміки. Леві-стабільна негаусівська модель. t -розподіл Ст'юдента. Комбінація гаусівських розподілів. Усічений політ Леві. Масштабування та його порушення. ARCH і GARCH процеси.

Тема 8. Мультифрактальний аналіз фінансових рядів.

Традиційний мультифрактальний формалізм (P-модель). Узагальнена статистична сума. Спектр узагальнених фрактальних розмірностей. Скейлінгова експонента. Інформаційна розмірність. Кореляційна розмірність. Функція мультифрактального спектру. Показник сингулярності. Зв'язок функції мультифрактального спектру зі скейлінговою експонентою. Перетворення Лежандра. Властивості функції мультифрактального спектру. Мультифрактальні властивості часової динаміки біткоїна.

Тема 9. Мультифрактальне випадкове блукання, кероване ермітовим процесом.

Узагальнений броунівський рух. Ермітівські процеси. Ермітівське мультифрактальне випадкове блукання та його властивості. Фінансові застосування ермітівського мультифрактального випадкового блукання.

Підсумкова лекція.

Основні підсумки курсу.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	Разом	у тому числі					Разом	у тому числі				
		л.	сем.	лаб.	інд.	с. р.		л.	сем.	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Інформаційно-вимірjuвальний метод моделювання фізичних та економічних систем												
Вступ	1	1										
Тема 1. Сутність інформаційно-вимірjuвального методу	7	2				5						
Тема 2. Векторний простір класичних станів, як результатів фізичних вимірів	10	4				6						
Тема 3. Вимірjuвання в економіці	9	4				5						
Тема 4. Основи динаміки твердих тіл у фізичному та економічному просторах, на основі інформаційно-вимірjuвального методу	10	4				6						
Тема 5. За межами фізичних моделей	8	3				5						
Разом за розділом 1	45	18				27						
Розділ 2. Фрактальний підхід в еконофізиці												
Тема 6. Фрактальні та мультифрактальні сигнали та процеси	8	2				6						
Тема 7. Моделювання фрактальних	17	8				9						

процесів у економіці												
Тема 8. Мультифрактальний аналіз фінансових рядів	10	4				6						
Тема 9. Мультифрактальне випадкове блукання, кероване ермітовим процесом	9	3				6						
Підсумкова лекція	1	1										
Разом за розділом 2	45	18				27						
Разом годин	90	36				54						

4. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом.

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	<i>Опрацювання навчального матеріалу за наступними темами:</i>	
1.1	Тема 1. Сутність інформаційно-вимірювального методу	5
1.2	Тема 2. Векторний простір класичних станів, як результатів фізичних вимірів	6
1.3	Тема 3. Вимірювання в економіці	5
1.4	Тема 4. Основи динаміки твердих тіл у фізичному та економічному просторах, на основі інформаційно-вимірювального методу	6
1.5	Тема 5. За межами фізичних моделей	5
1.6	Тема 6. Фрактальні та мультифрактальні сигнали та процеси	6
1.7	Тема 7. Моделювання фрактальних процесів у економіці	9
1.8	Тема 8. Мультифрактальний аналіз фінансових рядів	6
1.9	Тема 9. Мультифрактальне випадкове блукання, кероване ермітовим процесом	6
	<i>Разом</i>	54

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

7. Методи навчання

Під час викладання курсу використовуються наступні *методи навчання*: лекції, консультації, залік.

В умовах запровадження в Україні військового стану проведення занять з даного курсу відповідно до наказів по Університету може відбуватися за дистанційною або змішаною формою. У такому разі використовується наступний формат проведення занять.

Лекції відбуваються в on-line режимі з використанням технології Zoom.

Консультації надаються аудиторно або в on-line режимі з використанням технологій Zoom, Skype та Google Meet.

Підсумковий залік проводиться аудиторно або в on-line режимі з використанням технологій Zoom.

Повний комплекс навчально-методичної документації перед початком проведення занять розміщується на сайті факультету.

8. Методи контролю

У навчальному процесі використовуються наступні *види контролю*: поточний і семестровий підсумковий контроль.

Поточний контроль використовується у вигляді перевірки рукописного конспекту лекцій.

Семестровий підсумковий контроль застосовується у вигляді заліку наприкінці семестру.

9. Схема нарахування балів

Максимальну кількість балів за кожен з видів діяльності наведено у наступній таблиці.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальне завдання										Екзамен	Сума
Розділ 1					Розділ 2				Разом		
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9			
4	4	4	4	4	5	5	5	5	40	60	100

T1, T2 ... T9 – теми розділів.

Для допуску до складання підсумкового контролю (іспиту) здобувач вищої освіти повинен створити **повний** рукописний конспект лекцій та протягом семестру набрати **не менше 10 балів** з навчальної дисципліни під час поточного контролю та самостійної роботи.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Протягом семестру студент може отримати максимум **40 балів** (Семестрова оцінка S), що нараховуються за виконання повного рукописного конспекту лекцій.

Оцінка відповідає відсоткові правильного виконання поставленого завдання.

На письмовому заліку (Залікова оцінка E) студент може отримати максимум **60 балів**. Залікове завдання містить три теоретичні запитання (завдання), що приносять максимум 20+20+20 балів.

Оцінка E відповідає відсоткові правильного виконання поставленого завдання.

Завдання вважається **виконаним вірно**, коли студент **самостійно** дав повну, вірну та вичерпну відповідь на поставлені запитання, **не користуючись** жодними зовнішніми джерелами інформації або підказками інших осіб, а також може (в разі необхідності) дати *прилюдне вірне, повне та вичерпне пояснення* щодо змісту цієї відповіді.

У разі виявлення факту **академічної недоброчесності** із боку студента підчас заліку його Залікова оцінка E **повинна бути зменшена до 0**, а сам студент **має бути видалений з аудиторії**, до проводиться іспит (пункт 7.10.5 «Положення про організацію освітнього процесу в ХНУ імені В. Н. Каразіна» від 21.06.2024 р.).

Підсумкова оцінка (P) з курсу «Екофізика» є арифметичною сумою Семестрової (S) та Залікової (E) оцінок:

$$P = S + E.$$

Підсумкова оцінка P , що вимірюється в балах (від 1 до 100 балів), перетворюється на оцінку за національною шкалою згідно наступної таблиці.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70 – 89	добре	
50 – 69	задовільно	
1 – 49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Лазоренко О. В., Чорногор Л. Ф. Фрактальна радіофізика. 1. Теоретичні основи // Радіофізика та радіоастрономія. – 2020. –Т. 25, № 1. – С. 3 –77. <https://doi.org/10.15407/rpra25.01.003>.
2. Лазоренко О. В., Чорногор Л. Ф. Фрактальна радіофізика. 2. Фрактальний і мультифрактальний аналіз // Радіофізика та радіоастрономія. – 2023. –Т. 28, № 1. – С. 5 –70. <https://doi.org/10.15407/rpra28.01.005>.
3. Moon F. C. Chaotic Vibrations. An Introduction for Applied Scientists and Engineers. – New Jersey: Wiley-Interscience, 2004. – 309 p.
4. Feder J. Fractals. New York and London: Springer, 1988. 284 p.
5. Crownover R. M. Introduction to Fractals and Chaos. – Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1995. – 299 p.
6. Feldman D. P. Chaos and Fractals. An Elementary Introduction. – Oxford: Oxford University Press, 2012. – 408 p.
7. Schroeder M. Fractals, Chaos, Power Laws. – New York: W. H. Freeman and Company, 1991. – 429 p.
8. Mandelbrot B. B. The Fractal Geometry of Nature. – New York: W. H. Freeman and Company, 1982. – 468 p.
9. Barnsley M. Fractals Everywhere. – Academic Press, 1988. – 394 p.; – San Diego: Morgan Kaufman, 1993. – 531 p.
10. Quadfeul S.-A. Fractal Analysis and Chaos in Geosciences. – Novi Sad: InTech Press, 2012. – 174 p.
11. Mandelbrot B. B. Fractals and Chaos. The Mandelbrot Sets and Beyond. – New York: Springer-Verlag, 2004. – 308 p.
12. Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing. San Diego, CA: Academic Press, 1998. 671 p.
13. Turcotte D. L. Fractals and Chaos in Geology and Geophysics. – Cambridge: Cambridge University Press, 1997. – 398 p.
14. Горобець Ю. І., Кучко А. М., Вавилова І. Б. Фрактальна геометрія у природознавстві: Навчальний посібник. – Київ, Наукова думка, 2008. – 232 с.
15. Takayasu H. Fractals in physical sciences. Manchester and New York: Manchester University Press, 1990. – 170 p.
16. Tarasov V. E. Fractional dynamics. Applications of fractal Calculus to Dynamics of Particles, Fields and Media. – Springer, 2011. – 522 p.

Допоміжна література

17. The Colours of Infinity: The Beauty and Power of Fractals / Ed. N. Lesmoir-Gordon, B. Mandelbrot, I. Stewart. – Springer, 2010. – 207 p.
18. Levy-Vehel J., Lutton E. Fractals in Engineering. New Trends in Theory and Applications. – New York: Springer-Verlag, 2005. – 289 p.
19. Fractals in Multimedia / Ed. M. F. Barnsley. – Springer, 2002. – 257 p.
20. Fractals in Geophysics / Ed. C. H. Scholz, B. B. Mandelbrot. – Springer Basel AG, 1989. – 313 p.
21. Mandelbrot B. B. Multifractals and 1/f Noise. wild self-Affinity in Physics (1963 – 1976). – New York: Springer-Verlag, 1999. – 431 p.

11. Інформаційні ресурси в Інтернеті, інше методичне забезпечення

<http://sci-lib.com/>

<http://diagram.com.ua/library>

<http://www.all-ebooks.com/>

<http://arxiv.org/>

1. Платон. «Держава» <http://izbornyk.org.ua/plato/plat.htm>

2. Р. Пенроуз. «Тіні розуму» <https://readli.net/teni-razuma-v-poiskah-nauki-o-soznanii/>

3. Р. Декарт. «Міркування про метод»

<https://www.management.com.ua/vision/vis017.html>

4. С. І. Мельник, І. Г. Тулузов. «Свідомість та матерія. Інформаційно-вимірювальний підхід. Узагальнений принцип додатковості»
<https://philpapers.org/archive/MEL-24.pdf>

5 А. Пуанкаре. «Наука і метод»

<https://kph.ffs.npu.edu.ua!/e-book/clasik/data/poincare/index.htm>

6. З. В. Партико Лекція 1. Теорія інформації та її концепції

<http://journlib.univ.kiev.ua/index.php?act=article&article=1171>