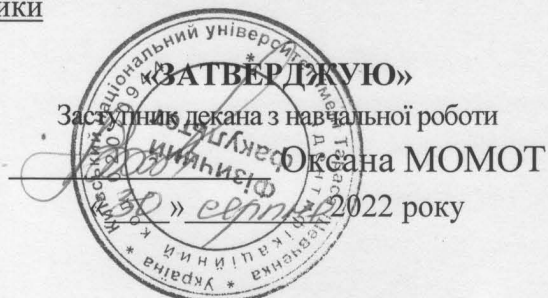


КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний факультет

(назва факультету, інституту, центру, коледжу)

Кафедра квантової теорії поля та космомікрофізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма квантова теорія поля, фізика високих енергій,
теоретична енергетика
(назва освітньої програми)

вид дисципліни вибіркова

Форма навчання денна

Навчальний рік 2022/2023

Семестр 3

Кількість кредитів ECTS 3

Мова викладання, навчання
та оцінювання українська

Форма заключного контролю іспит

Викладач: Горбар Едуард Володимирович

Пролонговано: на 20___/20___ н.р. _____ (_____) «____» _____ 20___ р.
(підпис, ПІБ, дата)

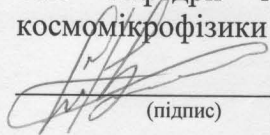
на 20___/20___ н.р. _____ (_____) «____» _____ 20___ р.
(підпис, ПІБ, дата)

Розробник:

Горбар Едуард Володимирович, д.ф.-м.н., с. н. с., професор кафедри квантової теорії поля та космомікрофізики.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри квантової теорії поля та космомікрофізики



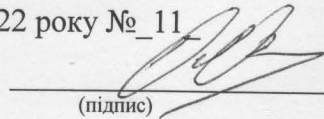
Станіслав ВІЛЬЧИНСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Протокол № 17 від « 27 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії



Олег ОЛІХ
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____

1. Мета дисципліни – формування комплексу знань, вмінь і навичок дослідження сучасних проблем фізики та астрофізики високих енергій та ознайомлення з теоретичними положеннями цієї дисципліни.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. **Знати** основні принципи фізики високих енергій і квантової теорії поля, спеціальної теорії відносності, ядерної фізики, знати основні положення Стандартної Моделі.

2. **Вміти** застосовувати знання з електродинаміки, статистичної фізики, ядерної фізики та фізики елементарних частинок, розв'язувати задачі з сучасних проблем фізики високих енергій.

3. Анотація навчальної дисципліни: Курс «Сучасні проблеми фізики високих енергій» присвячений вивченню основ сучасної релятивістської ядерної фізики, феноменології зіткнень важких іонів при високих енергіях, сучасних методів прискорення, фізики космічних променів, даних астрофізичних спостережень активних ядер галактик, солітонних та топологічно нетривіальних інстантонних розв'язків в калібрувальних теоріях.

4. Завдання (навчальні цілі) – основними завданнями вивчення дисципліни «Сучасні проблеми фізики високих енергій» є формування системи знань та ознайомлення із сучасними проблемами та напрямками досліджень у фізиці високих енергій, елементарних частинок, космофізиці та астрофізиці високих енергій.

Згідно освітньо-наукової програми «Квантова теорія поля» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

Інтегральної

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

загальних

- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. (ЗК04)

фахових:

- Здатність володіти сучасним математичним апаратом для проведення теоретичних досліджень квантової теорії поля. (СК11).

Згідно освітньо-наукової програми «Фізика високих енергій» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

Інтегральної

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

загальних

ЗК02.Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03.Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК04.Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК05.Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

фахових:

СК08.Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

СК12. Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей елементарних частинок та процесів взаємодії.

Згідно освітньо-наукової програми «Ядерна енергетика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

Інтегральної

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

Загальних

ЗК01.Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02.Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03.Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

фахових:

СК09. Здатність ефективно використовувати на практиці сучасні теорії та методи управління наукою та ділового адміністрування.

5. Результати навчання за дисципліною:

| Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність) | | Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання | Методи оцінювання та порогів критерій оцінювання (за необхідності) | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|---|---|---|---|--|
| Код | Результат навчання | | | |
| 1. Знати | | | | |
| 1.1 | основні поняття сучасної релятивістської ядерної фізики, фізики високих енергій | <ul style="list-style-type: none"> • лекції • самостійна робота | <ul style="list-style-type: none"> • контрольні роботи • тематичний контроль самостійної роботи • екзаменаційна робота | 14 |
| 1.2 | основні методи прискорення елементарних частинок | | | 13 |
| 1.3 | основні положення фізики космічних променів | | | 13 |
| Загалом: | | | | 40 |
| 2. Вміти | | | | |
| 2.1 | аналізувати властивості ефективного лагранжіана Ейлера-Гайзенберга | <ul style="list-style-type: none"> • лекції • самостійна робота | <ul style="list-style-type: none"> • контрольні роботи • тематичний контроль самостійної роботи • екзаменаційна робота | 13 |
| 2.2 | розв'язувати практичні задачі в фізиці високих енергій | | | 14 |
| 2.3 | аналізувати феноменологію зіткнень важких іонів | | | 13 |
| Загалом: | | | | 40 |
| 3. Комунікація | | | | |
| 3.1 | презентувати результати самостійної роботи у форматі усних та/або письмових повідомлень із/без використання наочних засобів | <ul style="list-style-type: none"> • лекції • самостійна робота | <ul style="list-style-type: none"> • контрольні роботи • тематичний контроль самостійної роботи • екзаменаційна робота | 10 |
| Загалом: | | | | 10 |
| 4. Автономність та відповідальність | | | | |
| 4.1 | застосовувати отримані знання в професійній діяльності | <ul style="list-style-type: none"> • лекції • самостійна робота | <ul style="list-style-type: none"> • контрольні роботи • тематичний контроль самостійної роботи • екзаменаційна робота | 10 |
| Загалом: | | | | 10 |

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

| Програмні результати навчання | 1 | | | | 2 | | | | 3 | | | | 4 | | | | |
|--|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|--|---|--|--|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | 1 | 2 | 3 | | 1 | | | | 1 | | | | |
| ОНП «Квантова теорія поля» | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>РН10. Відшукувати 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.</i> | + | + | + | | | | | | | | | | | | | + | |
| <i>РН16. Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.</i> | | | | | | | + | + | + | | | | | | | + | |
| ОНП «Фізика високих енергій» | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>РН03. Застосовувати сучасні теорії наукового менеджменту та ділового адміністрування для організації наукових та прикладних досліджень в області фізики та астрономії.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | + | + |
| <i>РН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та астрономії, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.</i> | | | | | | | | | + | | | | | | | + | |
| <i>РН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.</i> | | | | | | | | | + | | | | | | | + | |
| <i>РН12. Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експериментів і спостережень.</i> | | | | | | | | | + | + | + | | | | | + | + |
| <i>РН23. Вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між статичними та динамічними характеристиками частинок.</i> | + | + | + | | | | | | | | + | | | | | | |
| ОНП «Ядерна енергетика» | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>РН01. 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.</i> | + | + | + | | | | | | | | | | | | | | + |
| <i>РН02. Проводити експериментальні та теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті</i> | | | | | | | | | | | | | | | | + | + |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|--|--|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|
| <i>існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| РН04. Вибирати та використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних в фізичних та астрономічних дослідженнях і оцінювання їх достовірності. | + | + | + | | | | | | | | | | | | | | | + | |
| РН10. Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв’язання складних задач фізики та астрономії, використовуючи різні джерела, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані. | + | + | + | | | | | | | | | | | | | | | + | |
| РН12. Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та астрономічних об’єктів і процесів, обробки результатів експериментів і спостережень. | | | | | | | | | + | + | | | | | | | | + | |
| РН13. Створювати фізичні, математичні і комп’ютерні моделі природних об’єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження. | + | + | + | | | | | | + | | | | | | | | | + | |
| РН23. Вміти використовувати методи розрахунку радіаційного захисту для медичних установок та іншого обладнання, яке використовує джерела іонізуючого випромінювання . | | | | | | | | | + | | | | | | | | | + | |

7. Схеми формування оцінки.

Контроль знань здійснюється за системою ECTS, яка передбачає дворівневе оцінювання засвоєного матеріалу, зокрема:

- **оцінювання теоретичної підготовки**
(результати навчання: знати 1.1 – 1.3), що складає 40% від загальної оцінки;
- **оцінювання практичної підготовки**
(результати навчання: вміти 2.1-2.3; комунікація 3.1; автономність та відповідальність 4.1), що складає 60% загальної оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- **семестрове оцінювання** розмежоване поміж лекційними заняттями, самостійною роботою. Загалом форми викладання і навчання проводяться у форматі усних та письмових завдань, обов’язкову кількість яких оцінюють різною кількістю балів:

- *min* – найменша кількість балів (їх отримання є свідченням, що студент приділив недостатньо уваги окремому завданню)
- *max* – висока кількість балів (їх отримання є свідченням, що студент приділив достатньо уваги та самоорганізації для опрацювання теми)

| Форми викладання і навчання | Форми контролю | Результати навчання | Кількість балів | |
|-------------------------------------|--|----------------------------------|-----------------|-----|
| | | | min | max |
| Лекційні заняття | Контрольна робота 1 | 1.1-1.3 2.1-2.3 | 17 | 40 |
| | Контрольна робота 2 | 3.1 4.1 | | |
| Самостійна робота | Тематичний контроль самостійної роботи | 1.1-1.3 2.1-2.3 3.1 4.1 | 7 | 20 |
| Загалом за роботу у семестрі | | | 24 | 60 |

- **відпрацювання пропусків** лекційних занять, всі пропуски студентом без поважної причини повинні бути відпрацьовані підготовкою рефератів та/або доповіді по відповідних питаннях розглянутих на лекціях.

- **допуском студента до підсумкового оцінювання** є виконання обов'язкових самостійних завдань, відпрацювання пропусків лекційних занять та набирання мінімальної (**24**) кількості балів.

- **підсумкове оцінювання у формі екзамену** здійснюється у формі письмового екзамену. Екзаменаційний білет включає два теоретичних питання і одне практичне. Загальна кількість балів за екзаменаційну роботу складає 40 балів (20+4+6+10).

Оцінка за екзаменаційну роботу вноситься у екзаменаційну відомість тільки якщо вона рівна або більша 24 балам (тобто від 24 до 40). Якщо загальна оцінка за екзаменаційну роботу буде меншою 24 балів, тоді у екзаменаційну відомість вноситься 0 балів і іспит є нескладеним і загальна оцінка за навчальну дисципліну є «незадовільною».

7.2 Організація оцінювання:

| Форма оцінювання | Форми викладання і навчання | Форми контролю | Графік оцінювання | |
|-------------------|-----------------------------|--|--|---|
| | | | конкретизований | загальний |
| Семестрова | Лекційні заняття | Контрольна робота 1 | Після теми 3 | Впродовж теоретичного навчання у семестрі |
| | | Контрольна робота 2 | Після теми 6 | |
| | | | | |
| | Самостійна робота | Тематичний контроль самостійної роботи | В рамках теоретичного навчання, до початку семестрового контролю | |
| Підсумкова | Письмова | Екзаменаційна | Залежно від графіку | Впродовж |

| | | | | |
|--|--------|---------------|----------|-----------------------|
| | робота | робота | навчання | семестрового контролю |
|--|--------|---------------|----------|-----------------------|

7.3 Шкала відповідності оцінок

| | |
|----------------------------------|--------|
| Відмінно / Excellent | 90-100 |
| Добре / Good | 75-89 |
| Задовільно / Satisfactory | 60-74 |
| Незадовільно/ Fail | 0-59 |
| Зараховано / Passed | 60-100 |
| Незараховано / Fail | 0-59 |

Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

| № п/п | Номер і назва теми | Кількість годин | |
|---|---|-----------------|-----------|
| | | Лекції | С/Р |
| <i>Змістовий модуль 1 Прискорювачі. Космічні промені. Зіткнення важких іонів</i> | | | |
| 1 | Тема 1 Лінійні прискорювачі. Колайдери. Плазменний механізм прискорення | 4 | 8 |
| 1 | Тема 2 Космічні промені. Спалахи наднових зірок. Активні галактики. Квасари. Космічне мікрохвильове випромінення | 4 | 8 |
| 2 | Тема 3 Зіткнення важких іонів. Кварк-глюонна плазма | 4 | 8 |
| 3 | Модульна контрольна робота 1 | | |
| <i>Змістовий модуль 2 Квантова теорія поля у зовнішніх полях. Непертурбативні топологічні розв'язки</i> | | | |
| 4 | Тема 4 Проблема ієрархій. Теорії Великого Об'єднання. Розпад протона | 4 | 8 |
| 5 | Тема 5 Квантова теорія поля у зовнішніх полях. Ефективний лагранжіан Ейлера-Гайзенберга | 4 | 8 |
| 6 | Тема 6 Солітони і інстантони в квантовій теорії поля | 6 | 12 |
| | Модульна контрольна робота 2 | | |
| | ВСЬОГО | 30 | 60 |

Загальний обсяг – **90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Самостійна робота – **60 год.**

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна (Базова):

1. Sessler A., Wilson E. Engines of discovery: A century of particle accelerators. New Jersey: WORLD SCIENTIFIC, 2006.
2. Rajaraman R. Solitons and instantons. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1982.
3. Cheng T.-H., Li L.-F. Gauge theory of elementary particle physics. Oxford: Oxford University Press, 2000.
4. Birrell N.D., Davis P.C.W. Quantum fields in curved space. Cambridge: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1982.
5. Perkins D. Particle astrophysics. Oxford: OXFORD UNIVERSITY PRESS, 2003.
6. Емельянов В.М., Тимошенко С.Л., Стриханов М.Н. Введение в релятивистскую ядерную физику. М.:ФИЗМАТЛИТ, 2004.
7. Greiner W., Muller B., Rafelski J. Quantum electrodynamics of strong fields. Berlin: SPRINGER-VERLAG, 1985.

Додаткова:

1. Perkins D. Introduction to high energy physics. Cambridge: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2012.
2. Г.В. Киселев. Проблемы развития ядерной энергетики. М.:ЗНАНИЕ, 1990.
3. T.K. Gaisser. Cosmic rays and particle physics, Cambridge: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1990.
4. D.S. Gorbunov and V.A. Rubakov. Introduction to the theory of the early Universe. WORLD SCIENTIFIC, 2011.
5. G. Ross. Grand unified theories, WESTVIEW PRESS, 1984.

Екзаменаційні питання з курсу сучасні проблеми фізики високих енергій.

1. Термоядерний синтез. Токамаки. Проект ІТЕР.
2. Квасари. Джерело випромінення квазаров.
3. Зіткнення важких ядер і множинне народження частинок.
4. Активні галактичні ядра. Сейфертовські галактики і блазари.
5. Релятивістська ядерна фізика. Зіткнення важких ядер.
6. Лінія 21 см, ранній Всесвіт.
7. Кварк-глюонна плазма в зіткненнях важких іонів.
8. Фазові переходи в ранньому Всесвіті. Первинна космічна плазма.
9. Лінійні прискорювачі. Проект ІЛС.
10. Рекомбінація, космічне мікрохвильове випромінення та космологічні параметри.
11. Принцип сильної фокусировки. Синхрофазотрони та синхротрони.
12. Спалахи наднових зірок. Магнетари.
13. Прискорювач ЛНС.
14. Гравітаційні хвилі, джерела їх генерації та спостереження. Проекти LISA та BBO.
15. Механізм Фермі прискорення космічних променів.
16. Теорії Великого Об'єднання. Розпад протона.
17. Проблема ієрархій в Стандартній Моделі.
18. Космічні промені надвисоких енергій, генерація і спостереження.
19. Гравітаційні хвилі, джерела їх генерації та спостереження. Проекти LISA та BBO.
20. Проект Future Circular Collider.
21. Плазменний механізм прискорення заряджених частинок. Проект AWAKE в ЦЕРНі.
22. Фазові переходи в ранньому Всесвіті. Первинна космічна плазма.
23. Квантова електродинаміка в сильних полях. Ефективний лагранжіан Ейлера-Гайзенберга.
24. Народження частинок сильним електричним полем. Ефект Швінгера.