

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
Кафедра ядерної фізики та високих енергій



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Проблеми пошуку темної матерії**  
(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 **Фізика високих енергій**  
(назва освітньої програми)  
вид дисципліни **обов'язкова**

Форма навчання денна  
Навчальний рік 2022/2023  
Семестр 1  
Кількість кредитів ECTS 3  
Мова викладання, навчання та оцінювання українська  
Форма заключного контролю екзамен

Викладачі: докт. фіз.-мат. наук, професор В.С.Аушев,

канд. фіз.-мат. наук, доцент Ю.М.Оніщук

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 2022/2023 н.р. (підпис, ПІБ, дата) «30» 08 2023р.

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

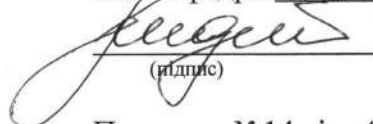
на 20  /20   н.р. (підпис, ПІБ, дата) «  »    20  р.

КИЇВ – 2022

Розробник: *Аушев В.Є.*, доктор фіз.-мат. наук, професор КЯФ,  
*Оніщук Ю.М.*, канд. фіз.-мат. наук, доцент КЯФ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ядерної фізики та високих енергій

  
(підпис)

( Каденко І.М. )  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 14 від «03» червня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

( Оліх. О.Я. )  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 \_\_\_\_ року

## **ВСТУП**

### **1. Мета дисципліни** - надання студентам

- необхідних теоретичних відомостей з базисних знань про властивості гіпотетичної темної матерії;
- необхідних відомостей з основних ідей її експериментального спостереження в сучасній фізиці високих енергій;
- практичних навичок для участі в сучасних експериментах: теорія гравітації та Стандартна модель, сучасні експерименти по пошуку темної матерії, фізика WIMP-частинок.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

- Успішне опанування базових курсів фізики («Фізика атомного ядра та елементарних частинок»).
- Знання теоретичних основ курсу («Фізика атомного ядра та елементарних частинок»)

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

„ Проблеми пошуку темної матерії ” –основні поняття і основи знань в фізиці темної матерії .

**Структура курсу:** робота з вивчення програмного матеріалу вміщена в одному змістовному модулі.

У межах змістовного модулю передбачається оцінювання домашніх самостійних завдань; контрольних робіт. Студент може отримати максимально 60 балів за контрольні роботи.

У межах модуля передбачається проведення контролю з розв'язку задач за темою матеріалу модуля та розробки проблемних тем самостійної роботи студента.

**4. Завдання (навчальні задачі)** – засвоєння основних методів і знань, що використовуються в фізиці темної матерії . Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика високих енергій» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

#### Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та 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.

**ЗК08.**Здатність використовувати основні методи програмування та моделювання у фізиці.

#### Фахових:

- СК02.** Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та астрономії.
- СК04.** Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та астрономії.

### 5. Результати навчання за дисципліною:

| Результат навчання<br>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність) |                                                                                  | Методи викладання і навчання            | Методи оцінювання | Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|
| Код                                                                                             | Результат навчання                                                               |                                         |                   |                                            |
| 1.1                                                                                             | Засвоєння основних методів і знань про темну матерію та її взаємодію             | Лекція                                  | Тест              | 15                                         |
| 2.1                                                                                             | Застосування детекторів реєстрації віддачі ядер в діапазоні десятків-сотень кеВ. | Лекція, практичне заняття (лабораторні) | Тест              | 85                                         |

### 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

| Результати навчання дисципліни                                                                                                                                                                                                   | 1.1 | 2.1 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|
| <b>Програмні результати навчання</b>                                                                                                                                                                                             |     |     |
| <b>РН04.</b> Вибирати та використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних в фізичних та астрономічних дослідженнях і оцінювання їх достовірності.                                                                      | +   | +   |
| <b>РН05.</b> Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та астрономічних явищ, об'єктів та процесів.                                                                                                | +   | +   |
| <b>РН07.</b> Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та астрономії, оприлюднених у формі публікацій чи усної доповіді.                                                                | +   | +   |
| <b>РН09.</b> Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи спілкуючись із колегами.                                | +   | +   |
| <b>РН13.</b> 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. | +   | +   |

### Контроль знань і розподіл балів, які отримують студенти.

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум – 40 балів* для одержання заліку обов’язково.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

**При простому розрахунку отримаємо**

|                 | Змістовий модуль1 | Змістовий модуль2 | іспит     | Підсумкова оцінка |
|-----------------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------|
| <i>Мінімум</i>  | _____             | _____             | <b>22</b> | <b>60</b>         |
| <b>Максимум</b> | _____             | _____             | <b>40</b> | <b>100</b>        |

**При цьому, кількість балів:**

- **1-34** відповідає оцінці «незадовільно» з обов’язковим повторним вивченням дисципліни;
- **35-59** відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- **60-64** відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- **65-74** відповідає оцінці «задовільно»;
- **75 - 84** відповідає оцінці «добре»;
- **85 - 89** відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- **90 - 100** відповідає оцінці «відмінно».

**Шкала відповідності (за умови іспиту)**

| За 100 – бальною шкалою | За національною шкалою |               |
|-------------------------|------------------------|---------------|
| 90 – 100                | 5                      | Відмінно      |
| 85 – 89                 | 4                      | Добре         |
| 75 – 84                 |                        |               |
| 65 – 74                 | 3                      | Задовільно    |
| 60 – 64                 |                        |               |
| 35 – 59                 | 2                      | не задовільно |
| 1 – 34                  |                        |               |

**Шкала відповідності (за умови заліку)**

| За 100 – бальною шкалою | За національною шкалою |
|-------------------------|------------------------|
| 90 – 100                | Зараховано             |
| 85 – 89                 |                        |
| 75 – 84                 |                        |
| 65 – 74                 |                        |
| 60 – 64                 |                        |
| 1 – 59                  | не зараховано          |

**ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ**

| № теми | НАЗВА ТЕМИ | Кількість годин |                    |                   |
|--------|------------|-----------------|--------------------|-------------------|
|        |            | Лекції          | Лабораторні роботи | Самостійна робота |

| ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |   |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| 1                  | Вступ. Перші вказівки на існування темної матерії в спостереженнях галактики Кома. Гіпотеза Цвікі про невидиму темну матерію (ТМ, 'dark matter'). Непрямі докази існування ТМ. Доля ТМ в загальному балансі матерії Всесвіту.                                                                                                                                                                                                                                | 2 | - | 6 |
| 2                  | Прямі і непрямі методи детектування WIMP-частинок. Методологія прямого детектування. Кінематика прямого детектування ТМ. Кандидати на частинки ТМ (аксіони, стерильні нейтрино, темні фотони, ...).                                                                                                                                                                                                                                                          | 4 | - | 6 |
| 3                  | Низькі енергії WIMP-частинок (холодна ТМ). Масивні частинки ТМ. Слабка взаємодія частинок ТМ. Стабільність — збереження в часі з часів утворення. Широка розповсюдженість у Всесвіті.                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 | - | 6 |
| 4                  | Технології прямого детектування темної матерії. Бульбашкові камери на рідкому водні 1960х років. Часо-проекційна камера. Пропозиція Нігрена 1974 про створення часо-проекційних камер (ЧПК). Методи детектування і частинки темної матерії Принцип одержання тривимірних зображень треків. Діапазони довжин хвиль різних речовин в ЧПК. Вплив напруги на сигнал. Порівняльні характеристики різних наповнювачів ЧПК. Різниця сигналу від електронів та ядер. | 4 |   | 8 |
| 5                  | Використання сцинтилюючих кристалів для детектування ТМ. Застосування германієвих детекторів. Колайдерні експерименти із вимірюванням величини винесеної з детектора.                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 4 |   | 6 |
| 6                  | Порівняння захисту від космічних променів товщею води і підземних приміщень. Зростання по роках чутливості експериментів по детектуванню ТМ. Найважливіші лабораторії світу, які проводять експерименти з ТМ.                                                                                                                                                                                                                                                | 2 |   | 8 |
| 7                  | Спін залежні та спін-незалежні процеси. ZEPLIN, LUX, LZ, DamaLibra, Xenon100/nT. DAMA/LIBRA, SuperCDMS. EDELWEISS-II Поняття довірчого об'єму (fiducial volume)                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 4 |   | 8 |
| 8                  | ICARUS, DEAP-3600, DarkSide50, ArDM. CoGeNT, PICASSO, CRESST. Форма сигналів та пороги для відсікання фону.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 4 |   | 6 |
| 9                  | Інші експерименти по прямому детектуванню темної матерії. Експерименти по непрямому детектуванню ТМ. Місце ТМ в сучасній астрофізиці                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4 |   | 6 |

|                            |           |  |           |
|----------------------------|-----------|--|-----------|
| Модульна контрольна робота |           |  |           |
| <b>Всього</b>              | <b>30</b> |  | <b>60</b> |

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

Лекцій - **30 год.**

Лабораторні заняття - **0 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Тренінги - **0 год.**

Консультації – **1 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### **а) основна:**

1. Donald H. Perkins: INTRODUCTION TO HIGH ENERGY PHYSICS, 4th edition (Cambridge University Press 2000) (level of this course, для студентів старших курсів Оксфорда та аспірантів: for advanced undergraduates and introduction text for graduate students) (є переклад на російську 1-го видання)
2. F.Halzen & A.Martin: Quarks and Leptons, (John Wiley 1984), (good graduate level, textbook above level of this course)(є переклад на російську 1-го видання)
3. B.R. Martin & G. Shaw: Particle Physics, 3rd edition (Wiley 2008) (level of this course) (є переклад на російську 1-го видання)
4. Ernest M. Henley & Alejandro Garcia: SUBATOMIC PHYSICS, 3rd Edition (World Scientific Publishing 2007). (The level of presentation is aimed at the senior undergraduate or first-year graduate student).(є переклад на російську 1-го видання)

### **б) додаткова:**

5. Мухин К. Н. Экспериментальная ядерная физика. Т. II. Физика элементарных частиц. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 376 с.
6. Новожиллов Ю.В. Введение в теорию элементарных частиц. М.: Наука, 1972, 472 с.
7. Маршак Р., Судершан Э. Введение в физику элементарных частиц. М.: Изд-во иностр.лит., 1962, 236 с.
8. Булавін Л. А., Тартаковський В. К. Ядерна фізика. – К.: Знання, 2005.
9. Иишханов Б. С. Частицы и атомные ядра. – М.: МГУ, 2007;  
<http://nuclphys.sinp.msu.ru>.

### **Интернет-ресурси:**

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/>; <http://atom.univ.kiev.ua/>;  
<http://pdg.lbl.gov>;  
<http://www.webelements.com/>