

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра ядерної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету

_____ 2018 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Нейтрино та астрофізика частинок
(Neutrinos and astroparticle physics)

(повна назва навчальної дисципліни)

для здобувачів освітньо-наукового рівня
доктор філософії

галузь знань - 10 природничі науки
(шифр і назва)

спеціальність - 104 фізика та астрономія
(шифр і назва напрямку підготовки)

освітній рівень - третій (освітньо-науковий)

освітньо-наукова програма «Фізика та астрономія»
(назва програми)

вид дисципліни **вибіркова**

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2018/2019
Період навчання	2 курс
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	англійська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі: доктор фіз.-мат.наук, доцент Аушев В.Є.

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

Пролонговано: на 2019/2020 н.р. _____ (Оліх О.Я.) «10»_05_.2019 р. №21
(підпис, ПІБ, дата)

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

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

КИЇВ – 2018

Розробники: Аушев Володимир Єгорович, доктор фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри ядерної фізики

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО
Протокол №_7_ від « 16 » _____03_____2018 року

Завідувач кафедри

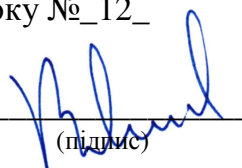

_____ (підпис)

(Каденко І.М.)
(прізвище та ініціали)

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «_16_» ___04_____ 2018 року №_12_

Голова науково-методичної комісії _____


_____ (підпис)

(Зеленський С.Є.)
(прізвище та ініціали)

1. Мета дисципліни – надання студентам необхідних знань і розуміння стану досліджень в сучасній фізиці нейтрино і фізиці елементарних частинок в контексті астрофізичних явищ, що включає сучасні уявлення про утворення частинок і механізми їх прискорення в природі і народження атомних ядер в зірках і космічних променях.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Базові знання з ядерної фізики, фізики елементарних частинок та астрономії. Знання основ квантової механіки та спеціальної теорії відносності. Вміння проводити розрахунки з використанням відповідних виразів із цих розділів фізики.

3. Анотація: Спецкурс "Neutrino and astroparticle physics" дозволить аспірантам оволодіти сучасними уявленнями про експериментальні і теоретичні підходи, що застосовуються для дослідження нейтрино і різних процесів пов'язаних з ними, а також про механізми утворення і прискорення частинок у Всесвіті, включаючи нуклеосинтез на зірках. Курс тісно пов'язаний із фізикою елементарних частинок при високих енергіях, ядерною фізикою, астрофізикою, фізикою нейтрино і сучасними теоріями в рамках Стандартної моделі і поза нею.

4. Завдання:

- Ознайомлення з сучасним станом досліджень в фізиці нейтрино, теоретичними підходами, які використовуються для опису взаємодії нейтрино і їх властивостей, а також використання нейтрино як інструменту вивчення наднових.
- Сучасні астрофізичними і космологічними моделі нуклеосинтезу. Енергетика зірок і Сонця, механізми утворення і прискорення елементарних частинок у Всесвіті.

5. Результати навчання за дисципліною: (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Код	Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)	Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1.1	Знати: Фізичні положення, покладені в основу сучасної фізики нейтрино. Загальні відомості про поширеність елементів у Всесвіті і в Сонячній системі. Відмінності поширеності деяких елементів в космічних променях. Дозірковий синтез протонів, нейтронів і альфа-частинок. Особливості синтезу елементів до заліза і нікелю. CNO-цикли. Роль нейтронів в утворенні важких елементів	Лекція, практичні заняття, самостійна робота	Тест: 60% правильних відповідей	15%
1.2	Знати: Проблема маси нейтрино.	Лекція, практичні заняття,	Тест: 60% правильних відповідей	15%

	Осциляції нейтрино. Найважливіші сучасні нейтринні експерименти. Ключова роль Фермілаб, КЕК і ЦЕРН в цих дослідженнях.	самостійна робота		
2.1	Вміти: Логічно і послідовно формулювати основні поняття у нейтринній фізиці і вміти використовувати методи пучків нейтрино для вивчення осциляцій нейтрино. Самостійно обчислити енергетику зірок, розраховувати параметри установок для планування експериментів в астрофізиці частинок.	розрахунково-аналітична (експериментальна /творча робота)	Звіт по виконанню творчих аналітично-розрахункових робіт, презентація, дискурс	30%
4.1	Прийняти і обґрунтувати рішення.....	Лекція, практичні заняття, самостійна робота	Кейс-задача	40%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	2.1	4.1
Програмні результати навчання				
Еволюція Всесвіту і поширеність елементів	+			+
Фізика ароматів в нейтринних дослідженнях			+	+
Сучасні дослідження в астрофізиці частинок		+		+
Парадигма осциляцій нейтрино			+	+
Синтез ядер на зірках	+			+
Нейтринна астрономія і пошуки темної матерії		+		+

ПРН 1.1. Знати основи методології та організації наукових досліджень.	+
ПРН 1.2. Знати основи теорії твердого тіла та процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами та кристалами.	
ПРН 1.3. Знати основи теорії та методики експериментальних досліджень елементарних збуджень молекул, кристалів та наночастинок.	+
ПРН 1.4. Знати особливості будови, фізичних властивостей та елементарних збуджень наноструктур, теоретичних моделей, що застосовуються для їх опису та методів експериментального дослідження.	+
ПРН 1.5. Знати основи основи теорії та методики експериментальних досліджень властивостей матеріалів..	
ПРН 1.6. Знати принципи побудови низькорозмірних систем, сучасні експериментальні методи дослідження та діагностики низькорозмірних систем.	

ПРН 1.7. Знати теоретичні методи опису процесів розсіювання рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами.	+
ПРН 1.8. Знати основи фізики напівпровідникових низькорозмірних систем, явища екранування носіїв заряду, приповерхневого квантування, основи ємнісної спектроскопії, процесів саморегулювання при одержанні та дослідження напівпровідникових низькорозмірних систем, включаючи квантові ями, дроти, точки, надгратки.	
ПРН 1.9. Знати загальні методи представлення та передачі інформації та основні способи побудови локальних мереж та методи поєднання їх між собою.	+
ПРН 1.10. Знати методи чисельних розрахунків і обробки результатів експериментів і спостережень.	+
ПРН 1.11. Знати методи отримання, особливості структури та властивості металевих систем.	
ПРН 1.12. Знати програмні пакети для розрахунку електронної та атомної структури матеріалів.	
ПРН 1.13. Знати дифракційні методи для дослідження неупорядкованих структур.	
ПРН 1.14. Знати методи отримання та відповідні особливості структури та властивостей функціональних матеріалів.	
ПРН 1.15. Знати експериментальні методи дослідження функціональних матеріалів.	
ПРН 1.16. Знати методи квантово-хімічних розрахунків.	
ПРН 1.17. Знати програмні пакети - GAUSSIAN, MATLAB, Mathematica, Origin.	+
ПРН 2.1. Здійснювати основні типи спектроскопічних досліджень зразків у конденсованому стані, обробляти та аналізувати результати таких досліджень.	
ПРН 2.2. Застосовувати наявні та створювати нові теоретичні моделі для опису процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами, кристалами та наночастинками.	
ПРН 2.3. Здійснювати розрахунки енергетичного спектру електронних та коливальних елементарних збуджень молекул, кристалів та наночастинок.	
ПРН 2.4. Вміти формулювати фізичні принципи дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами; планувати та виконувати експеримент в галузі дослідження	

низькорозмірних систем;	
ПРН 2.5. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними та нанорозмірними системами.	
ПРН 2.6. Вміти застосовувати знання із функціонування та діагностики низько розмірних напівпровідникових систем, планувати та виконувати фізичний експеримент в галузі фізики низькорозмірних напівпровідникових систем.	
ПРН 2.7. Володіти методами кодування та стиснення даних, вміти визначати основні характеристики найпоширеніших технологій локальних мереж та критерії вибору маршруту доправлення пакетів.	+
ПРН 2.8. Вміти обирати відповідні програмні пакети для розрахунків фізичних властивостей низькорозмірних систем.	
ПРН 2.9. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів.	
ПРН 2.10. Вміти встановлювати зв'язки між особливостями структури та властивостями металевих систем.	
ПРН 2.11. Вміти обирати відповідні програмні пакети для наукових розрахунків.	
ПРН 2.12. Вміти застосовувати квантово-хімічні розрахунки для органічних молекулярних систем.	
ПРН 2.13. Вміти проводити дослідження будови, конформації, електронних, коливних, фізико- механічних, радіаційних, радіобіологічних, радіоекологічних властивостей функціональних матеріалів.	
ПРН 3.1. Володіти здатністю презентувати результати своїх досліджень на наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій діяльності;	+
ПРН 3.2. Формулювати висновки фізичних досліджень у формі, що відповідає можливостям сприйняття не спеціалістів.	+
ПРН.4.1. Аналізувати наукові праці, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання;	+
ПРН 4.2. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми;	
ПРН 4.3. Здійснювати процедуру встановлення цінності джерел наукової інформації шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.	

ПРН 5.1. Знати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії;	+
ПРН 5.2. Знати праці провідних вчених та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження.	

7.1 Форми оцінювання здобувачів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням результатів навчання які на них мають бути оцінені, а також кількість балів/відсоток у підсумковій оцінці із дисципліни, пороговий рівень позитивної оцінки)

- Оцінювання під час навчального періоду:

1. Контрольна робота (тест): РН 1.1.— 10 балів.

2. Реферат: РН1.1, РН 2.1. - 20 балів.

3. Виступи на семінарах: РН1.1, РН2.1 – 30балів,

3. Іспит – 40 балів

- підсумкове оцінювання (у формі іспиту)

- форма оцінювання;

- максимальна кількість балів які можуть бути отримані здобувачами (40 балів по 100 бальній шкалі);

- результати навчання які будуть оцінюватись;

- форма проведення і види завдань (а також їх частка в сукупній оцінці);

- мінімальний пороговий рівень екзаменаційної оцінки, за якої іспит вважається складеним,

наприклад (для випадку коли на іспит виноситься 40 балів): “Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за іспит не може бути меншою 24 балів”

Слід також чітко прописати умови, які висуваються викладачами даної дисципліни як необхідна умова допуску до іспиту: “Здобувач не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 60 балів .

У випадку коли здобувач на іспиті набрав менше вказаної кількості балів вони не додаються до семестрової оцінки (незалежно від кількості балів, отриманих під час навчального періоду), в екзаменаційній відомості у колонці “бали за іспит/екзамен” ставиться “0”, а в колонку «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час навчального періоду.

Мінімальна кількість балів не може бути меншою ніж різниця рівня порогової оцінки (60 балів) і кількості балів в винесених на іспит (зазвичай 40) — якщо у здобувача менше 20 балів, він фізично не в змозі отримати позитивну оцінку. Викладач, якщо це аргументовано результатами навчання які не виносяться на іспит, може визначити і вищий рівень мінімальної оцінки (як правило до 36 балів).

7.2 Організація оцінювання:

(обов’язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

7.3 Шкала відповідності оцінок

Рівень досягнень, %/ Marks. %	Рівень досягнень, % / Marks. %
Відмінно / Excellent	90-100%
Добре / Good	75-89%
Задовільно / Satisfactory	60-74%
Незадовільно / Fail	0-59%
Зараховано /Passed	60-100
Незараховано / Fail	0-59

8. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Матеріал навчального курсу містить 6 тем, викладених в 9 лекціях.

ТЕМА 1. Фізика нейтрино в СМ

Історія відкриття нейтрино. Властивості нейтрино як елементарних частинок. Класичні нейтринні експерименти. Джерела нейтрино. Типова будова детекторів. Огляд найбільш значущих експериментів в минулому, діючих експериментів і майбутніх.

ТЕМА 2. Парадигма осциляцій нейтрино

Ієрархія мас. Результати вимірювання мас нейтрино. Порушення CP парності в нейтрино. Абсолютні маси нейтрино. Нейтрино Майорана проти нейтрино Дірака. Фізика ароматів в нейтринній фізиці. Порушення CP парності в нейтрино.

ТЕМА 3. Розсіяння нейтрино і фізика поза стандартною парадигмою

Режим низьких і проміжних енергій. Стерильні нейтрино (від радіоактивних розпадів, реакторів і на прискорювачах). Магнітні моменти. Нейтрино в космології та астрофізиці.

ТЕМА 4. Всесвіт і поширеність елементів

Уявлення про походження протонів, нейтронів і альфа-частинок за теорією Великого вибуху. Детальних розгляд хронології етапів еволюції. Особливості поширеності різних хімічних елементів на зірках і в Сонячній системі. Дозірковий (космологічний) нуклеосинтез.

ТЕМА 5. Синтез ядер на зірках і в просторі

Життєві цикли зірок. Нейтронні зірки і чорні дірки. Вибухи наднових. Особливості синтезу елементів до заліза і нікелю. CNO-цикли. Утворення важких елементів під дією нейтронів та впливом бета-розпадів. Космічні промені. Нуклеосинтез під дією космічних променів. Особливості утворення легких елементів. Поширеність ядер і частинок в космічних променях.

ТЕМА 6. Найновіші експериментальні дослідження в астрофізиці

Роль нейтрино в космології та астрофізиці. Нейтринна астрономія. Пошуки темної матерії. Космічних фон (СМВ). Гравітаційні хвилі,

Лекція 1. Нейтринна фізика. – 2 год.

Фізика нейтрино. Джерела нейтрино. Типова будова нейтринних детекторів. Найбільш значущих експериментів в минулому, діючих експериментів і таких, які зараз в розробці (зокрема DUNE і Hyper-Kamiokande).

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-5, 9,10].

Лекція 2. Парадигма осциляцій нейтрино. – 2 год.

Ієрархія мас. Результати вимірювання мас нейтрино. Абсолютні маси нейтрино. Нейтрино Майорана проти нейтрино Дірака.

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-5, 9,10].

Лекція 3. Фізика ароматів в нейтринних дослідженнях. – 2 год.

СКМ матриці. Порушення CP парності в нейтринних взаємодіях. Пошуки явищ поза Стандартною Моделлю.

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-5, 9,10].

Лекція 4. Розсіяння нейтрино і явища поза стандартною парадигмою. – 2 год.

Режим низьких і проміжних енергій. Стерильні нейтрино (від радіоактивних розпадів, реакторів і на прискорювачах). Магнітні моменти. Нейтрино в космології та астрофізиці.

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.

2.Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-5, 9,10].

Лекція 5. Еволюція Всесвіту і поширеність елементів . – 2 год.

Уявлення про походження протонів, нейтронів і альфа-частинок за теорією Великого вибуху. Детальних розгляд хронології етапів еволюції. Особливості поширеності різних хімічних елементів на зірках і в Сонячній системі. Дозірковий (космологічний) нуклеосинтез.

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1.Вивчення матеріалу лекції.

2.Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-8].

Лекція 6. Синтез ядер на зірках. – 2 год.

Життєві цикли зірок. Нейтронні зірки і чорні дірки. Вибухи наднових. Особливості синтезу елементів до заліза і нікелю. Утворення важких елементів під дією нейтронів та впливом бета-розпадів.

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1.Вивчення матеріалу лекції.

2.Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-8].

Лекція 7. Космічні промені – 2 год.

Нуклеосинтез під дією космічних променів. Особливості утворення легких елементів. Поширеність ядер і частинок в космічних променях.

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1.Вивчення матеріалу лекції.

2.Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1-8].

Лекція 8. Нейтринна астрономія і пошуки темної матерії – 2 год.

Спостереження вибуху наднових нейтринними детекторами. Перспективи розвитку нейтринної астрономії. Експерименти по прямому і непрямому детектуванню ТМ.

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [1, 11-13].

Лекція 9. Сучасні дослідження в астрофізиці частинок – 2 год.

Мікрохвильовий космічний фон (СМВ), гравітаційні хвилі, гама астрономія при надвисоких енергіях.

Завдання для самостійної роботи (10 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.
2. Опрацювання проблемного матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.

Література [11-13].

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

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	практ.з ан.	лаб. роб.	самоств. робота
Змістовий модуль 1.					
1	Нейтринна фізика	2			10
2	Парадигма осциляцій нейтрино	2			10
3	Фізика ароматів в нейтринних дослідженнях	2			10
4	Розсіяння нейтрино і явища поза стандартною парадигмою	2			10
	Практичне заняття		2		3
Змістовий модуль 2.					
5	Еволюція Всесвіту і поширеність елементів	2			10
6	Синтез ядер на зірках	2			10
7	Космічні промені	2			10
8	Нейтринна астрономія і пошуки темної матерії	2			10
9	Сучасні дослідження в астрофізиці частинок	2			10
	Практичне заняття		2		3
	ВСЬОГО	18	4		96

Загальний обсяг год. –120-, в тому числі:
лекцій – 18 год.;
практичні заняття – 4 год.;
консультації – 2 год.
самостійна робота - 96 год.,

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна: (Базова)

1. Donald H. Perkins: INTRODUCTION TO HIGH ENERGY PHYSICS, 4th edition (Cambridge University Press 2000)
2. F.Halzen & A.Martin: Quarks and Leptons, (John Wiley 1984)
3. B.R. Martin & G. Shaw: Particle Physics, 3rd edition (Wiley 2008)
4. D. Griffiths: Introduction to Elementary Particles, 2nd edition (Wiley 2008)
5. Ernest M. Henley & Alejandro Garcia: SUBATOMIC PHYSICS, 3rd Edition (World Scientific Publishing 2007).
6. Christian Iliadis: Nuclear Physics of Stars, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim, 2007

Додаткова:

7. A.G.W Cameron, Stellar evolution, Nuclear Astrophysics, and Nucleogenesis // Ontario, 1961.
8. M. M. Woolfson, The Origin and Evolution of the Solar System// Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia, IOP Publishing Ltd 2000
9. R. Mohapatra, S. Antusch, K. Babu, G. Barenboim, M.-C. Chen, et al., “Theory of neutrinos: A White paper,” Rept.Prog.Phys., vol. 70, pp. 1757–1867, 2007.
10. S. F. King, A. Merle, S. Morisi, Y. Shimizu, and M. Tanimoto, “Neutrino Mass and Mixing: from Theory to Experiment,” New J.Phys., vol. 16, p. 045018, 2014.
11. U. Sarkar , “Particle and Astroparticle Physics”, Taylor & Frances Group, 2008, 530 c.
12. European Astroparticle Physics Strategy 2017-2026, www.appec.org
13. Claus Grupen, Astroparticle Physics, Springer Berlin Heidelberg New York, 2005, 415 c.

Інтернет-ресурси:

<http://atom.univ.kiev.ua/>;

Питання на ЕКЗАМЕН

- Які основні джерела досліджуваних нейтрино.
- Розповісти типову будову нейтринного детектора.
- Застосування одно- і двофазних ТРС в фізиці нейтрино.
- Осциляції нейтрино.
- Проблема маси нейтрино.
- Межі для визначення абсолютних значень мас нейтрино трьох поколінь.
- Галактичні нейтрино.
- Реєстрація нейтрино від наднових.
- Проблема сонячних нейтрино.
- Стерильні нейтрино.
- Особливості фізики нейтрино при низьких і середніх енергіях.
- Порушення CP парності в нейтрино.
- Історія передбачення і відкриття нейтрино.
- Останні нобелівські відзнаки в фізиці нейтрино.
- Поширеність елементів у Всесвіті.
- Легкі нейтрино. Важкі нейтрино.
- Утворення протонів, нейтронів і альфа-частинок на ранній стадії Всесвіту.
- Чому деякі легкі елементи могли утворитися лише в космічних променях, а не зірках.
- Коли і в якому вигляді були пов'язані в гелію майже всі нейтрони.
- r - процес в утворенні важких елементів
- s - процес в утворенні важких елементів.
- Згорання водню в циклі $4p \rightarrow He$.
- Роль нейтронів в синтезі елементів поза залізом.
- CNO -цикли згорання елементів в зірках аж до утворення групи нікель-заліво.
- Які процеси стали джерелом нейтронів при нуклеосинтезі.