

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет
Кафедра ядерної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету

16.05.2018 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика прискорювачів (Accelerator 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 українська

Форма заключного контролю іспит

Викладачі: Безшийко О.А., канд. фіз.-мат. наук, доцент

(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

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__»_____ 20__р.

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__»_____ 20__р.

КИЇВ – 2018

Розробники: Безшийко Олег Анатолійович, канд. фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри ядерної фізики

Робоча програма дисципліни **Фізика прискорювачів (Accelerator Physics)** затверджена
на засіданні кафедри ядерної фізики

Протокол №_7_ від « 16 » _____03_____2018 року

Завідувач кафедри



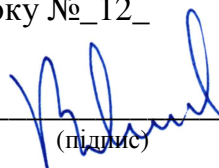
(підпис)

(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 аспірантам необхідних відомостей із фізики прискорювачів
2. **Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

Аспірант повинен знати:

1. Основні базові поняття електродинаміки.
2. Основні закономірності руху заряджених частинок в електричних і магнітних полях.

Аспірант повинен вміти:

1. Логічно і послідовно формулювати основні поняття у фізиці прискорювачів.
2. Самостійно опанувати та використовувати літературу з фізики прискорювачів.
3. Використовувати засоби і методи розрахунків комп'ютерного моделювання.

3. Анотація: Прискорювачі заряджених частинок відіграють важливу роль при дослідженнях у фізиці високих енергій, ядерній фізиці середніх і низьких енергій та прикладних застосуваннях іонізуючого випромінювання. Курс тісно пов'язаний з фізикою елементарних частинок при високих енергіях, ядерною фізикою і сучасними теоріями в рамках Стандартної моделі і поза нею. Цей курс охоплює базові професійні навички в сфері фізики і техніки прискорювачів, як у фундаментальних напрямках досліджень, так і прикладних.

4. Завдання:

- Ознайомлення з основними фізичними принципами прискорення заряджених частинок
- Ознайомлення з основними закономірностями руху заряджених частинок в прискорювачах

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: загальні відомості про фізику основних методів прискорення заряджених частинок. Основні закономірності руху заряджених частинок в прискорювачах.	Лекція, практичні заняття, самостійна робота	Тест: 60% правильних відповідей	15%
1.2	Знати: способи покращення характеристик прискорених пучків. Методи контролю прискорених пучків.	Лекція, практичні заняття, самостійна робота	Тест: 60% правильних відповідей	15%
2.1	Вміти: Логічно і послідовно	розрахунково-аналітична	Звіт по експериментальній	30%

	формулювати основні поняття у фізиці прискорювачів. Самостійно опанувати та використовувати літературу з фізики прискорювачів.	(експериментальна /творча робота)	роботи; виконання творчих аналітично-розрахункових робіт, презентація, дискурс	
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				
Основи фізичних принципів прискорення	+		+	
Сучасні прискорювальні комплекси		+	+	
Фізика прискорених пучків		+	+	+

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 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, надґратки.	
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 – 30 балів,

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 спиті 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. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і практичних занять

Змістовні модулі:

ТЕМА 1. Основи фізичних принципів прискорення. (7 год.)

Класифікація прискорювачів. Прямі методи прискорення. Каскадні прискорювачі. Електростатичні генератори. Формування іонних пучків. Індукційні методи прискорення. Лінійні індукційні прискорювачі. Резонансні методи прискорення. Циклічні прискорювачі. Ізохронний циклотрон. Прискорювачі релятивістських частинок. Синхрофазотрон (протонний синхротрон). Мікротрон. Метод зустрічних пучків. Параметри пучків.

Прискорювально-накопичувальні комплекси. Колективні методи прискорення. Кільватерне прискорення.

ТЕМА 2. Сучасні прискорювальні комплекси (7 год.)

Прискорювальні комплекси Європи. Російські діючі прискорювачі та в стадії будівництва. Прискорювальні комплекси США та Канади. Прискорювачі Китаю, Японії та Південної Кореї. Сучасний стан прискорювальної техніки в Україні.

ТЕМА 3. Фізика прискорених пучків (8 год.)

Основи оптики заряджених пучків. Рівняння руху. Розв'язки систем рівнянь руху частинок в прискорювачі. Матричне представлення руху. Рух в магнітному полі. Типи магнітів. Динаміка пучків. Рівняння Хіла. Бетатронні коливання. Синхротронні коливання. Фазовий простір. Емітанс пучка. Аксептанс. Бетатронна функція. Типи фокусування. Слабке та сильне фокусування. Періодичні фокуруючі системи. FODO. Дисперсійна функція.

Лекція 1. Основи фізичних принципів прискорення. ч.1 – 4 год.

Класифікація прискорювачів. Прямі методи прискорення. Каскадні прискорювачі. Електростатичні генератори. Формування іонних пучків. Індукційні методи прискорення. Лінійні індукційні прискорювачі. Резонансні методи прискорення. Циклічні прискорювачі. Ізохронний циклотрон. Прискорювачі релятивістських частинок. Синхрофазотрон (протонний синхротрон).

Завдання для самостійної роботи (16 год.)

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

Література [1-9].

Лекція 2. Основи фізичних принципів прискорення. ч.2 – 3 год.

Мікротрон. Метод зустрічних пучків. Параметри пучків. Прискорювально-накопичувальні комплекси. Колективні методи прискорення. Кільватерне прискорення.

Завдання для самостійної роботи (16 год.)

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

Література [1-9].

Лекція 3. Сучасні прискорювальні комплекси. ч.1 – 4 год.

Прискорювальні комплекси Європи. Російські діючі прискорювачі та в стадії будівництва. Прискорювальні комплекси США та Канади.

Завдання для самостійної роботи (16 год.)

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

Література [1-9].

Лекція 4. Сучасні прискорювальні комплекси. ч.2 – 3 год.

Прискорювачі Китаю, Японії та Південної Кореї. Сучасний стан прискорювальної техніки в Україні.

Завдання для самостійної роботи (16 год.)

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

Література [1-9].

Лекція 5. Фізика прискорених пучків. ч.1 – 2 год.

Основи оптики заряджених пучків. Рівняння руху. Розв'язки систем рівнянь руху частинок в прискорювачі. Матричне представлення руху. Рух в магнітному полі. Типи магнітів. Динаміка пучків. Рівняння Хіла. Бетатронні коливання. Синхротронні коливання.

Практичні: (2 год.)

Розв'язки систем рівнянь руху частинок в прискорювачі.

Завдання для самостійної роботи (16 год.)

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

Література [1-9].

Лекція 6. Фізика прискорених пучків. ч.2 – 2 год.

Фазовий простір. Емітанс пучка. Аксептанс. Бетатронна функція. Типи фокусування. Слабке та сильне фокусування. Періодичні фокуруючі системи. FODO. Дисперсійна функція.

Практичні: (2 год.)

Моделювання характеристик пучків.

Завдання для самостійної роботи (16 год.)

1. Вивчення матеріалу лекції.

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

Література [1-9].

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекцій – 18 год.

Семінари – _____ год.

Практичні заняття - 4 год.

Лабораторні заняття - _____ год.

Консультації - 2 год.

Самостійна робота - 96 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. **Черняев А.П.** Ускорители в современном мире. - М.: МГУ, 2012.

2. **Пашков П.Т.** Основы теории протонного синхротрона. – Протвино, 1999.

3. **Лебедев А.Н., Шальнов А.В.** Основы физики и техники ускорителей. М.: Энергоатомиздат, 1991.

4. **Винокуров Н.А.** Лекции по электронной оптике для ускорительных физиков. – ИЯФ СО РАН, НГУ, Кафедра физики ускорителей.
<http://accel.inp.nsk.su/lit.php>

5. **Lee S.Y.** Accelerator Physics. 3 ed. – S-NJ-L-NK:World Scientific, 2012.

6. **Wiedemann H.** Particle Accelerator Physics. – Berlin-Heidelberg: Springer, 2007.

7. **Wilson E.** An Introduction to Particle Accelerators. – Oxford publ., 2001.

Додаткова:

8. **Комар Е.Г.** Основы ускорительной техники. - М.: Атомиздат, 1975.

9. **Иссинский И.Б.** Введение в физику ускорителей заряженных частиц. Курс лекций. Дубна: ОИЯИ, 2012.

10. **Добрецов Ю.П.** Ускорители заряженных частиц в экспериментальной физике высоких энергий. М.: МИФИ, 2008.

Интернет-ресурси:

[http://atom.univ.kiev.ua/;](http://atom.univ.kiev.ua/)

ПИТАННЯ НА ЕКЗАМЕН

1. Класифікація прискорювачів.
2. Прямі методи прискорення.
3. Каскадні прискорювачі.
4. Електростатичні генератори.
5. Формування іонних пучків.
6. Індукційні методи прискорення.
7. Лінійні індукційні прискорювачі.
8. Резонансні методи прискорення.
9. Циклічні прискорювачі.
10. Ізохронний циклотрон.
11. Прискорювачі релятивістських частинок.
12. Синхрофазотрон (протонний синхротрон).
13. Мікротрон.
14. Метод зустрічних пучків.
15. Параметри пучків.
16. Прискорювально-накопичувальні комплекс.
17. Колективні методи прискорення.
18. Кільватерне прискорення.
19. Прискорювальні комплекси Європи.
20. Російські діючі прискорювачі та в стадії будівництва.
21. Прискорювальні комплекси США та Канади.
22. Прискорювачі Китаю, Японії та Південної Кореї.
23. Сучасний стан прискорювальної техніки в Україні.
24. Основи оптики заряджених пучків.
25. Рівняння руху.
26. Розв'язки систем рівнянь руху частинок в прискорювачі.
27. Матричне представлення руху.
28. Рух в магнітному полі.
29. Типи магнітів.
30. Динаміка пучків.
31. Рівняння Хіла.
32. Бетатронні коливання.

33. Синхротронні коливання.
34. Фазовий простір.
35. Емітанс пучка.
36. Аксептанс.
37. Бетатронна функція.
38. Типи фокусування.
39. Слабке та сильне фокусування.
40. Періодичні фокуруючі системи.
41. FODO.
42. Дисперсійна функція.