



ФІЗИКА ПЛАЗМИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський) / Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	V курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	135 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Тематичні контрольні, модульна контрольна, курсова робота, екзамен
Розклад занять	http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник, Васін Андрій Володимирович (044 525-63-95), av966@yahoo.com Практичні: Васін Андрій Володимирович https://www.researchgate.net/profile/Andriy_Vasin https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7005419344
Розміщення курсу	http://apd.ipt.kpi.ua/pages/127/fizika-plazmi

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна «Фізика плазми» належить до предметів, які можна характеризувати як вступ до широкого розділу фізичної науки, в даному випадку це фізика плазми. **Метою** курсу є підвищення загального рівня знань студентів, введення їх у коло явищ, які розглядає фізика плазми, ознайомлення їх з основними термінами, поняттями, методами і ідеями, що були розвинуті в цьому напрямку науки, підготовка їх до самостійної праці із оригінальною науковою літературою.

Предметом вивчення є характерні явища в системах заряджених частинок: особливості колективного руху заряджених частинок завдяки їх електро-магнітній взаємодії, та особливості індивідуального руху окремих заряджених частинок в електричних та магнітних полях. Розглядаються основні модельні підходи для теоретичного опису плазми, та деякі прикладні аспекти пов'язані з плазмовими технологіями.

Паралельно із лекційним викладанням базових понять фізики плазми, проводяться практичні заняття, які полягають в критичному розгляд деяких специфічних або, навпаки, типових фізичних явищ, розрахунках параметрів явищ, та рішення деяких розрахункових задач. Практичні заняття проводиться як у виді колективного обговорення так і в індивідуальному (самостійному) виді.

В **результаті** вивчення навчальної дисципліни «Фізика плазми» студенти

будуть знати:

- загальні і характерні властивості плазми як системи заряджених частинок з дальнім характером взаємодії;
- основні поняття про природу елементарних та колективних процесів в плазмі, явищ переносу в плазмі при відсутності та наявності магнітного поля;
- методи модельного опису плазми: загальних положення магнітогідродинамічної та кінетичної моделей;
- особливості руху заряджених частинок в магнітному полі
- специфічні механізми випромінювання систем заряджених частинок;
- фізичні механізми електричного пробоя та основні властивості плазми газового електричного розряду
- фізичні принципи та основні напрямки плазмових технологій

будуть вміти

- орієнтуватися в термінології, основах математичного формалізму модельних концепцій;
- виявляти і прогнозувати специфічну поведінку систем заряджених частинок, що зумовлюється дальньою кулонівською та електромагнітною взаємодією;
- практичного використання отриманих знань в основній фаховій роботі, та суміжних галузях.

отримують досвід:

- пошуку та критичного аналізу сучасної наукової літератури з заданої проблеми;
- проведення елементарних розрахунків параметрів плазми та систем заряджених частинок;
- застосовування знань у самостійній роботі, доповідати та представляти результати цієї роботи, а також відповідати на запитання

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для ефективного засвоєння курсу у студента мають бути навички користування апаратом математичного аналізу, базовими поняттями електродинаміки, класичної та квантової механіки. Студент має бути обізнаний у міжнародних системах одиниць, та мати навички роботи з комп'ютерними пакетами типу Майкрософт Офіс.

Засвоєні теоретичні знання та отримані практичні навички під час вивчення навчальної дисципліни «Фізика плазми» можна використовувати в навчальних дисциплінах, пов'язаних з вивченням явищ, технологій та методик, в яких використовуються або розглядаються явища пов'язані із плазмою, або з системами заряджених частинок (плазмові та іонно/електронно променеві технології та експериментальні методики/обладнання).

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ.

Плазма як стан речовини. Основні поняття фізики плазми. Визначення поняття плазми. Квазінейтральність. Елементарні та колективні процеси в плазмі. Одиниці виміру енергії. У фізиці плазми.

Потенціал пробного заряду в плазмі. Порівняння з кулонівським потенціалом. Радіус Дебая (Дебаєвське екранування). Число частинок у дебаєвській сфері. Енергія кулонівської взаємодії й ступінь ідеальності плазми. Плазмові коливання. Характерний часовий масштаб розділу зарядів.

Методи та моделі теоретичного опису плазми

Кінетичний опис. Опис стану плазми як термодинамічної системи із застосуванням одночасткової функції розподілу. Нерівноважні процеси в газах. Кінетичне рівняння Больцмана. Інтеграл зіткнень. Інтеграл зіткнень в τ -наближенні. Застосування τ -наближення для розрахунку електропровідності плазми в однорідному електричному полі. Модель беззіткневої плазми із самоузгодженим електромагнітним полем. Система рівнянь Власова.

Магніто-гідродинамічний опис. 2-х рідинна модель. Рівняння неперервності. Рівняння балансу імпульсу. 2-х рідинне рівняння. Питомий опір плазми в 2-х рідинній моделі. Однорідинна модель. Система магнітодинамічних рівнянь. Наближення «нескінченної провідності». Збереження магнітного потоку. Альфвейновські хвилі.

Розгляд елементарних процесів. Загальні поняття. Процеси іонізації, рекомбінації, збудження. Поняття ефективного перерізу процесу. Довжина вільного пробігу та частота зіткнень частинок у плазмі. Рівняння кінетики іонізації-рекомбінації в плазмі. Коронарна рівновага. Формула Ельверта. Переріз процесу ударної іонізації в моделі Томсона.

Зіткнення частинок у плазмі

Оцінка перерізу розсіювання заряджених частинок на нейтралах та на заряджених частинках. Детальний опис кулонівського розсіювання. Переріз кулонівського розсіювання (транспортний переріз). Кулонівський логарифм. Внесок розсіювання на великі та малі кути. Частота кулонівських зіткнень.

Розсіювання заряджених частинок на нейтралах Ефект Рамзауера.

Обмін енергією заряджених частинок.

Процеси переносу в плазмі.

Класична дифузія. Амбіполярна дифузія.

Теплопровідність.

Електропровідність (сильно- та слабоіонізована плазма).

Формула Спитцера. Відрив температури легких та важких заряджених частинок у плазмі в електричному полі.

Плазма газового розряду

Загальні поняття об електричному розряді в газі.

Елементарна теорія пробую Таунсенда. Лавинний механізм пробую.

Експерименти Столетова та Пашена (експериментальні підтвердження лавинного механізму).

Електричний пробій при великому розрядному проміжку і великій напруженості поля.

Класифікація розрядів.

Тліючий розряд постійного струму. Структура стовпа тліючого розряду

Дуговий розряд.

Іскровий розряд. Коронний розряд. Блискавка.

Рух заряджених частинок у магнітному полі.

Загальне рівняння руху. Рух зарядженої частинки в однорідному магнітному полі.

Дрейфове наближення (наближення ведучого центру).

Дифузія заряджених частинок у магнітному полі. Бомівська дифузія.

Проблема втримання плазми в магнітному полі. Магнітні пастки.

Нестійкості в плазмі.

Випромінювання плазми

Вступ. Випромінювання абсолютно чорного тіла. Випромінювання плазми. Сплошний та лінійчатий спектр.

Сплошний спектр

Магніто-гальмівне випромінювання.

Рекомбінаційне випромінювання.

Лінійчатий спектр. Доплерівське та Штарківське уширення ліній.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основним навчальним матеріалом для студентів є конспект лекцій викладача та рекомендована література. Викладач має широку електронну бібліотеку підручників, в тому числі актуальні курси лекцій з фізики плазми відомих зарубіжних університетів. Ці курси будуть надані студенту за їх бажанням. Студент має право обрати джерело знань, але його знання повинні відповідати навчальній програмі курсу.

Основна рекомендована література

1. О.К. Черемных, Физика плазмы, изд. КПИ 2000.
2. Ф. Чен. Введение в физику плазмы. М.: Наука, 1982.
3. К.Д. Синельников, Б.Н. Руткевич, Лекции по физике плазмы, Издательство Харьковского университета, 1964.
4. Л.А. Арцимович, Р.З. Сагдеев, Физика плазмы для физиков. М.: Атомиздат, 1979.

Додаткова рекомендована література

5. Е.Е. Каломцев. Коллективные процессы в плазме. М.: Высшая школа, 1988.
6. Е.М. Смирнов. Введение в физику плазмы. М.: Наука, 1982.
7. Ф. Чен. Введение в физику плазмы. М.: Наука, 1982.
8. С.К. Жданов, В.А. Курнаев, М.К. Романовский, И.В. Цветков, Основы физических процессов в плазме и плазменных установках. М.: МИФИ, 2000.
9. И.А. Котельников, Г.В.Ступаков. Лекции по физике плазмы. Новосиб. ун-т, 1996.
10. С.Ю.Лукьянов, Горячая плазма и управляемый ядерный синтез. М.: Наука, 1975.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Тема	Лекція	Прак-тичні	Основні завдання Контрольний захід	Термін виконання
1.	Тема 1. Вступ.	•	•	Ознайомче опитування	1 тиждень
2.	Тема 2. Взаємодія частинок в плазмі	•	•	-	-
3.	Тема 3. Процеси переносу в плазмі у відсутності магнітного поля	•	•	Письмове опитування 1 (теми 2,3)	2 місяць
4.	Тема 4. Рух заряджених частинок в магнітному полі	•	•	-	-
5.	Тема 5. Процеси переносу в плазмі в магнітному полі	•		Письмове опитування 2 (теми 4,5)	3 місяць
6.	Тема 6. Теоретичні моделі опису плазми	•	
7.	Тема 7. Випромінювання плазми	•	•		
8	Тема 8. Плазма електричного розряду та сучасні плазмові технології	•	•	Модульна контрольна робота	4 місяць

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів включає проробку матеріалів лекцій, підготовку до аудиторних занять, виконання домашніх розрахункової роботи та розв'язок задач, написання реферату.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування занять не є жорсткою вимогою але є вкрай бажаним і тому заохочується в 1 бал за заняття. Успішне засвоєння матеріалу такого специфічного курсу без пояснень викладача практично неможливе. Якщо студент пропускає більш 70 занять, по рішення викладача (на підставі результатів поточного та календарного контролю), він може бути зобов'язаний проробити самостійно і доповісти вибрані питання.

Пропущені контрольні заходи

Всі контрольні роботи є обов'язковими до виконання. Результат контрольних робіт для студента(-ки), який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, студент(-ка) має можливість написати контрольну роботу, але бали за неї будуть помножені на коефіцієнт 0,8.. Повторне написання модульної контрольної роботи не допускається.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, аргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються. По узгодженню, обговорення спірних питань може бути проведено публічно за участю студентів групи, що дає можливість іншим студентам розвинути навички наукової дискусії та аргументації.

Дистанційне навчання (необов'язковий пункт)

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів за певною тематикою допускається за умови відповідного рішення керівництва університету, інституту та кафедри.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Контрольні заходи протягом семестру

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кількість	Всього
1.	Відвідування занять	16	1	16	16
2.	Тематичні контрольні опитування	20	10	2	20
3.	Модульна контрольна робота (МКР)	10	10	1	10
4.	Вчасно виконана курсова робота (термін обговорюється із студентами на початку семестру)	4	4	1	4
5.	Екзамен	50	50	1	50
	Всього				100

Відвідування студентами лекцій заохочується додатковими балами.

Календарний контроль

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації 1		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг	≥ 8 балів	≥ 16 балів

Тематичні опитування та МКР

Оцінювання результатів опитування за темами та МКР здійснюється на основі письмового опитування на формах-бланках викладача. Опитування містить 10 питань та/або завдань за пройдени теми. Кожна вірна відповідь – 1 бал. На кожне запитання заплановано не менш 10 хвилин. Допускається використання відкритих он-лайн джерел інформації.

За бажанням студентів проводиться публічний розгляд робіт із поясненням щодо оцінювання відповідей.

Курсова робота

Курсова робота є індивідуальна робота. Тема роботи обирається студентом за власним бажанням і узгоджується з викладачем або обирається із списку, який надає викладач. Тема роботи не повинна дублювати лекційний матеріал. Найбільш вітається робота, яка містить критичний аналіз оригінальних наукових публікацій. Допускається детальний аналіз тем, викладених в посібниках, але не освітлених в лекційному курсі. Оцінка визначається комплексом: вибір тематики, оформлення, творчий підхід. Фінальна оцінка складається на основі захисту, - індивідуальної публічної співбесіди з викладачем у присутності студентів. В обговоренні курсової роботи можуть брати участь усі студенти групи.

Курсова робота оцінюється за наступними критеріями

Якість викладення результатів (макс. 30 балів)

Якість оформлення роботи (макс. 20 балів)

Захист курсової роботи (макс. 50 балів)

Екзамен

Семестрова атестація у виді екзамену проводиться письмово зі студентами, які змогли отримати за рейтингом достатню кількість балів (набрали протягом семестру не менше ніж 25 балів ($RD \geq 25$)). Рейтингова оцінка складається з цього рейтингу та результатів усного екзамену.

Студенти, які протягом семестру отримали менше ніж 25 балів, можуть з метою допуску до семестрової атестації (екзамену) виконувати додаткове завдання (реферат по теоретичному питанню або практичні задачі). Якщо результати написання додаткового завдання є позитивними, студент отримує додаткові бали і допуск до екзамену.

Оцінка екзамену складається з рейтингу за семестр (максимум 50 баллів) та оцінки за відповідь на екзамені (максимум 50 баллів). Умовою допуску до екзамену є рейтинг за семестр не менше 25 балів.

Екзаменаційний білет складається з 3 питань. Максимальна кількість балів за екзамен складає 50 балів. Максимальна кількість балів за 1-2 питання – 15 балів. Максимальна кількість балів 3 питання – 20 балів.

¹ Там само.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф., д.ф.м.н., с.н.с., Васін А.В.

Ухвалено кафедрою _____ (протокол № ____ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету² (протокол № __ від _____)

² Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.