

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра прикладної фізики та фізики плазми

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В.о. директора ННІ «Фізико-технічний
факультет»



Пилип КУЗНЄЦОВ

2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Фізика газового розряду

рівень вищої освіти	перший (бакалавр)
галузь знань	10 – “Природничі науки” (шифр і назва)
спеціальність	105 – “Прикладна фізика та наноматеріали” (шифр і назва)
освітня програма	“Прикладна фізика” (шифр і назва)
спеціалізація	“Фізичні технології” та “Фізика плазми” (шифр і назва)
вид дисципліни	обов’язкова (обов’язкова / за вибором)
Навчально-науковий інститут	ННІ “Фізико-технічний факультет”

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою ННІ «Фізико-технічний факультет»
“25” серпня 2023 року, протокол №8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Бірюков Олександр Анатолійович доктор фізико-математичних наук, професор, професор
кафедри прикладної фізики та фізики плазми.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Протокол від “24” липня 2023 року № 12

Завідувач кафедри прикладної фізики та фізики плазми



(підпис)

Ігор ГАРКУША

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми Прикладна фізика

(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми



(підпис)

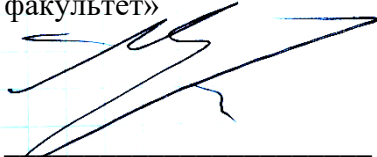
Ігор ГІРКА

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

Протокол від “14” серпня 2023 року № 11

Голова науково- методичної комісії ННІ «Фізико-технічний
факультет»



Микола ЮНАКОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Фізика газового розряду” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки першого рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – “Природничі науки”. Спеціальність: 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”. Освітня програма: “Прикладна фізика”. Спеціалізація: “Фізичні технології” та “Фізика плазми”

Предметом вивчення навчальної дисципліни є фізичні механізми виникнення та існування газових розрядів різноманітних типів, дії магнітного поля на електричний струм в газі, розряди в постійних та змінних електромагнітних полях.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння студентами основних закономірностей в теоретичній та експериментальній фізиці газових розрядів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- засвоїти основні методи розрахунку параметрів газових розрядів;
- створити практичну основу для розуміння студентами принципів фізики газових розрядів.
- сформувати у студентів загальну та предметну компетентність.

Фахові компетентності

1. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження (СК-3).
2. Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок (СК-4).
3. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (СК-5).
4. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень (СК-9).
5. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень (СК-11).

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
7-й	
Лекції	
64 год.	
Практичні, семінарські заняття	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
56 год.	
у тому числі індивідуальні завдання	
	10 год.

1.5. Заплановані результати навчання

За вимогами освітньо-професійної програми «Прикладна фізика» спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти повинні досягти таких програмних результатів навчання:

- знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики (**Зн-1**);
- знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з теоретичної та прикладної фізики. (**Зн-4**);
- знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій. (**Зн-5**)
- застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів. (**Ум-1**)
- застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики. (**Ум-2**)
- застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій. (**Ум-3**)
- вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики. (**Ум-4**)
- відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації. (**Ум-5**)
- класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики. (**Ум-6**)

- мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв’язування фізичних задач, комп’ютерного моделювання фізичних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів. (**Ум-7**);
- презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію. (**Ком-2**)
- планувати й організувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів. (**Ком-3**)
- оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов’язані з реалізацією проєктів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проєктів. (**Ком-4**)
- мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку. (**Ком-6**)
- мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. (**АіВ-1**);
- знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров’я людини. (**АіВ-2**);
- знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров’я людини. (**АіВ-3**);

Студенти мають досягти таких результатів практичного значення:

знати:

- основні методи розрахунку параметрів газових розрядів;
- принципи створення газових розрядів різноманітних типів і вимірювання їх параметрів;
- особливості взаємодії електричних та магнітних полів з низькотемпературною плазмою газових розрядів;

вміти:

- виділити найбільш важливий ефект в умовах конкретного завдання або експерименту;
- розрахувати основні параметри кінцевого стану, до якого приходять система в результаті іонізаційних процесів розвитку газових розрядів;
- правильно обробляти та інтерпретувати отримані результати

2. Тематичний план навчальної дисципліни.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ПРОТІКАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ В ГАЗІ.

Тема 1. Класифікація видів електричного струму в газі.

Структура курсу «Фізика газового розряду» та його зв’язок з іншими курсами, що викладаються студентам. Короткий огляд навчальної літератури та наукових джерел за тематикою лекцій. Спрямований рух та перенесення енергії частинок у слабоіонізованій

плазмі. Періоди релаксації за імпульсами та енергіями заряджених частинок. Співвідношення Ейнштейна. Коефіцієнти перенесення.

Тема 2. Амбіполярна дифузія.

Рівняння балансу частинок та енергій у слабоіонізованій плазмі. Граничні умови. Розподіл концентрації заряджених частинок при рекомбінації на стінці. Розподіл заряджених частинок при рекомбінації в об'ємі газового розряду. Розпад плазми.

Тема 3. Струм на електрод у слабоіонізованій плазмі

Вольт-амперна характеристика електрода в плазмі. Закон Чайльдса. Теорія Бома. Визначення параметрів плазми за ВАХ зонда. Класифікація видів електричного струму в газі.

Тема 4. Механізми емісії електронів з електродів та стінок, що обмежують газовий розряд.

Термоелектронна емісія. Ефект Шотткі. Автоелектронна емісія. Термоавтоелектронна емісія. Вибухова емісія. Іон-електронна емісія. Електрон-електронна емісія.

Тема 5. Перехід газового розряду з несамотійного в самотійний.

Теорія електронних лавин. Характеристики струму в газі з об'ємним і граничним іонізатором. Критерій пробою. Перебіг пробою в часі.

Тема 6. Параметри пробою газу в електричному полі.

Коефіцієнти Таундсена α і γ . Залежність $\alpha = f(E/p)$. Закон подібності Пашена. Ефект і константа Столетова. Потенціал запалювання. Криві запалювання розряду Пашена. Пробій з урахуванням просторового заряду. Якісна картина Роговського.

Тема 7. Загальна картина процесів в позитивному стовпі.

Основні елементарні процеси в позитивному стовпі. Теплові та спрямовані швидкості заряджених частинок. Траєкторії руху частинок. Величини та напруженості поздовжнього (струмового) і поперечного (амбіполярного) електричних полів. Баланс частинок і енергій.

Тема 8. Теорія позитивного стовпа.

Два режими існування позитивного стовпа. Теорія позитивного стовпа низького тиску при малій густині струму (теорія Шотткі). Вольт-амперна характеристика позитивного стовпа. Контракція позитивного стовпа. Фізичні межі існування.

РОЗДІЛ 2. ТЛІЮЧИЙ І ДУГОВИЙ РОЗРЯДИ НИЗЬКОГО ТИСКУ.

Тема 9. Феноменологічні характеристики тліючого розряду.

Конструкції газорозрядних систем для створення тліючого розряду. Загальна фізична картина процесів в тліючому розряді. Просторова структура тліючого розряду. Вольт-амперна характеристика розряду між електродами. Види тліючих розрядів.

Тема 10. Катодний шар тліючого розряду.

Темний тліючий розряд і роль об'ємних зарядів у створенні катодного шару. Напруга на розряді з просторовим зарядом. Катодний шар. Нормальні параметри розряду. Тліючий розряд з порожнистим катодом.

Тема 11. Анодна область тліючого розряду при низькому тиску газу.

Розподіл параметрів тліючого розряду в анодній області за низького тиску газу. Механізми утворення позитивних і негативних анодних падінь. Анодні плями. Взаємодія сусідніх областей струму.

Тема 12. Дія електричного струму на стан газу.

Нагрівання газу та пов'язаний з ним перерозподіл густини. Спрямований рух електронів та іонів і розподіл густини. Теорія поздовжнього градієнта тиску. Поперечний градієнт тиску. Поділ суміші газів.

Тема 13. Розряди в змінному електричному полі.

Характерні масштаби та періоди розрядів. Види розрядів. Індукційний розряд. Модель металевого циліндра. Ємнісний розряд: α і γ режим. Характеристики приелектродних шарів. Динаміка заряджених частинок і параметри плазми.

Тема 14. Електрична дуга низького тиску з термокатодом.

Закон $3/2$ для струму в вакуумі. Біполярний рух заряджених частинок в катодному шарі дугового розряду з термокатодом за низького тиску газу. Теорія подвійного шару Ленгмюра. Режими роботи термокатоду. Термоемісійні перетворювачі енергії.

Тема 15. Вакуумна дуга низького тиску з холодним катодом

Механізм емісії катода. Катодна пляма дуги та її властивості. Управління траєкторією руху катодних плям за допомогою магнітних полів. Особливості плазми вакуумної дуги. Генерація парів матеріалу катода і макрочасток катодом дуги. Вакуумно-плазмові дугові технологічні установки типу «Булат».

РОЗДІЛ 3. ДІЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ В ГАЗІ

Тема 16. Позитивний стовп газового розряду в магнітному полі.

Особливості руху заряджених частинок в газових розрядах з магнітним полем. Дія магнітного поля на електричний струм в газі. Коефіцієнти переносу в магнітному полі. Параметр Холла.

Тема 17. Теорія позитивного стовпа в слабкому магнітному полі.

Параметри позитивного стовпа в МГД наближенні. Аномальна дифузія в сильних магнітних полях. Дуга низького тиску в металевих камерах в поздовжньому магнітному полі. Ефект «короткого замикання».

Тема 18. Розряди в поперечному магнітному полі.

Конструкції газорозрядних систем з поперечним магнітним полем: пеннінговський та магнетронний розряди. Динаміка заряджених частинок. Режими розряду і фізичні картини процесів. Ларморівські шари просторового заряду. НВЧ-розряд з використанням явища електронного циклотронного резонансу.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	ла б	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Особливості протікання електричного струму в газі.						
Тема 1. Класифікація видів електричного струму в газі	7	3				4
Тема 2. Амбіполярна дифузія.	6	3				3
Тема 3. Струм на електрод в слабоіонізованій плазмі.	7	3				4
Тема 4. Механізми емісії електронів з електрода і стінок, що обмежують газовий розряд.	7	3				4
Тема 5. Перехід газового розряду від несамостійного в самостійний.	7	3				4
Тема 6. Параметри пробою газу в електричному полі.	7	3				4
Тема 7. Загальна картина процесів в позитивному стовпі	6	3				3
Тема 8. Теорія позитивного стовпа.	7	4				3
Разом за розділом 1	54	25				29
Розділ 2. Тліючий і дугового розряди низького тиску.						

Тема 9. Феноменологічні характеристики тліючого розряду.	6	3				3
Тема 10. Катодний шар тліючого розряду.	7	4				3
Тема 11. Анодна область тліючого розряду при низькому тиску газу.	6	3				3
Тема 12. Дія електричного струму на стан газу.	6	3				3
Тема 13. Розряди в змінному електричному полі.	7	4				3
Тема 14. Електрична дуга низького тиску з термокатодом.	7	4				3
Тема 15. Вакуумна дуга низького тиску з холодним катодом.	6	3				3
Разом за розділом 2	45	24				21
Розділ 3. Дія магнітного поля на електричний струм в газі						
Тема 16. Дія магнітного поля на електричний струм в газі.	7	5				2
Тема 17. Теорія позитивного стовпа в слабкому магнітному полі.	7	5				2
Тема 18. Розряди в поперечному магнітному полі.	7	5				2
Разом за розділом 3	21	15				6
Усього годин	120	64				56

4.Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
1	Коефіцієнти переносу заряджених частинок в слабоіонізованій плазмі	4	КР, залік, 6 годин
2	Розпад плазми.	3	
3	Іонний струм насичення на анод в плазмі.	4	
4	Вибухова емісія.	4	
5	Перебіг пробою в часі	4	
6	Лавинний пробій з урахуванням просторового заряду.	4	
7	Траєкторії руху частинок в позитивному стовпі..	3	
8	Контракція позитивного стовпа.	3	
	Разом	29	
1	Види тліючих розрядів.	3	КР, залік, 6 годин
2	Тліючий розряд з порожнистим катодом	3	
3	Анодні плями	3	
4	Розподіл суміші газів при проходженні електричного струму.	3	
5	Приелектродні шари ємнісних ВЧ-розрядів.	3	
6	Термоемісійні перетворювачі енергії.	3	

7	Вакуумно-плазмові дугові технологічні установки типу «Булат».	3	
	Разом	21	
Розділ 3. Дія магнітного поля на електричний струм в газі.			
1	Коефіцієнти переносу заряджених частинок в магнітному полі.	2	Розрахункові задачі 6 годин
2	Ефект «короткого замикання»	2	
3	Ларморівські шари просторового заряду.	2	
	Разом	6	

5. Індивідуальні завдання

Для індивідуальної роботи зі студентами пропонуються підсумкові курсові роботи, які відображають рівень сформованості знань та практичних навичок за даною тематикою (10 годин).

Для написання **курсвої роботи** студентам пропонуються наступні теми:

1. Визначення щільності та енергії іонів в прискорювачі з анодним шаром.
2. Анодний шар в магнітних полях. Детектування випромінювання плазми в області м'якого ультрафіолету.
3. Дослідження іоно-пучкової плазми.
4. Розряд на електронно-циклотронному резонансі.
5. Зондові вимірювання при тиску більше 1 Торр.
6. Дослідження пучково-плазмового розряду.

6. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання, практичні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод. Головним практичним методом є лабораторні роботи. Під час проведення лабораторних робіт використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод, ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

7. Методи контролю

- Контроль засвоєння навчального матеріалу здійснюється шляхом:
- поточного контролю під час проведення занять та індивідуальних консультацій;
 - проведення тестування за результатами відпрацювання основних положень навчальної програми за темами;
 - проведення письмового підсумкового контролю знань.
 - виконання курсової роботи.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен (залікова робота)	Сума
Розділи	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання, курсова робота	Разом		
Розділ 1	10		10		
Розділ 2	10		10		
Розділ 3		10	10		
		30	30	40	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 30 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

9. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Критерії оцінювання контрольної роботи. Максимальна кількість балів за контрольну роботу 10 балів. Контрольна робота містить два теоретичних питання та задачу.

Критерії оцінювання теоретичних питань:

- Повна розгорнута відповідь - 5 бал.
- Повна, але не розгорнута відповідь - 4 бал.
- Повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність, - 3 бал.
- Неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, - 2 бал.
- Відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Критерії оцінювання розв'язання задачі:

- Студент отримав загальний розв'язок і правильно вирахував числове значення відповіді - 5 бал.
- Студент отримав загальний розв'язок і неправильно вирахував числове значення відповіді - 4 бал.
- Студент отримав загальний розв'язок, але помилився в одиницях вимірювання - 3 бал.

- Студент правильно вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не зміг отримати загальний розв'язок - 2 бал.
- Студент не повністю вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння - 1 бал.
- Студент не правильно вписав необхідні для розв'язку закони та рівняння, чи розв'язок взагалі відсутній 0 балів.

Підсумковий контроль проводиться в формі **екзамену**. До складання екзамену можуть бути допущені студенти які набрали протягом семестру не менш 10 балів. Екзаменаційне завдання (білет містить два теоретичних питання та задачу).

Критерії оцінювання теоретичних питань:

- Повна розгорнута відповідь - 20 балів.
- Повна, але не розгорнута відповідь - 15 балів.
- Повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність, - 10 балів, за кожен наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал.
- Неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, - 7 балів, за кожен наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал.
- Відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Критерії оцінювання розв'язання задачі:

- Студент отримав загальний розв'язок і правильно вирахував числове значення відповіді - 20 балів.
- Студент отримав загальний розв'язок і неправильно вирахував числове значення відповіді - 17 балів.
- Студент отримав загальний розв'язок, але помилився в одиницях вимірювання - 13 балів.
- Студент правильно вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не зміг отримати загальний розв'язок - 8 балів.
- Студент не повністю вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння - 2 бали.
- Студент не правильно вписав необхідні для розв'язку закони та рівняння, чи розв'язок взагалі відсутній 0 балів.

Критерії оцінювання курсової роботи.

Оцінка курсової роботи здійснюється за 30 -бальною шкалою, яка складається з двох частин: 1) виконання курсової роботи (20 балів) і 2) захисту (10 балів).

Оцінка « відмінно» (27- 30 балів) ставиться, якщо студент: 1) показав глибокі теоретичні знання тієї дисципліни, з якої виконана курсова роботи; 2) оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, творчо осмислювати, формулювати висновки; 3) дає свої пропозиції і рекомендації з предмету дослідження; 4) виконав роботу правильною

літературною українською мовою; 5) оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений викладачем термін; 6) на захисті продемонстрував глибокі знання теми дослідження, тверде і впевнено відповів на запитання .

Оцінка « добре » (21-26 балів) ставиться, якщо студент: 1) показав досить високі теоретичні знання тієї дисципліни, з якої виконана курсова роботи; 2) оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, але не завжди критично ставиться до використаних джерел та літератури; 3) дає свої пропозиції і рекомендації з предмету дослідження, однак відчуває труднощі щодо їх обґрунтування; 4) виконав роботу правильною літературною українською мовою, але допустив нечисленні граматичні та стилістичні помилки; 5) оформив роботу у відповідності до вимог і подав її до захисту у визначений викладачем термін; 6) на захисті продемонстрував добрі знання з теми дослідження, відповів на запитання;

Оцінка « задовільно » (10-20 балів) ставиться, якщо студент: 1) показав достатні теоретичні знання з тієї дисципліни (дисциплін), з якої виконується дана робота: 2) в основному оволодів первинними навиками дослідної роботи: збирати дані, аналізувати, осмислювати їх, формулювати висновки, однак допускає в роботі порушення принципів логічного і послідовного викладу матеріалу, мають місце окремі фактичні помилки і неточності; 3) не може сформулювати пропозиції і рекомендації з теми дослідження, або обґрунтувати їх; 4) допускає помилки в оформленні роботи та її науково-довідкового апарату; 5) допускає численні граматичні та стилістичні помилки; 6) на захисті продемонстрував задовільні знання з теми дослідження, але не зумів впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання ;

Оцінка « незадовільно » (менше 10 балів) ставиться в тому разі, якщо на захисті студент проявив повне незнання досліджуваної проблеми, не зумів задовільно відповісти на поставлені питання, що свідчить про несамотійне виконання курсової роботи.

10. Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

11. Рекомендоване методичне забезпечення

Основна література

1. Y.Itikawa. Molecular Processes in Plasmas Collisions of Charged Particles with Molecules. Springer-Verlag Berlin Helderberg, 2007
2. M.Mitcher, K.Kruger. Partially ionized gases. 1973 by John Wiley
3. Lieberman M., Lichtenberg A., Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, 1994

Допоміжна література

1. A.A.Bizyukov, N.A.Azarenkov, I.A.Bizyukov, A.Y.Kashaba, K.N.Sereda. Solid ion accelerator based on magnetron sputtering discharge. Problems of Atomic Science and Technology. Series: Nuclear Physics Investigations (43), №2, 2004
2. Abolmasov, S.N. ; Bizyukov, A.A. ; Kashaba, A.Y. Study of mechanism of anode layer instability of the discharge in transverse magnetic field. Voprosy Atomnoj Nauki i Tekhniki. Plazmennaya Ehlektronika i Novye Metody Uskorenia; ISSN 1681-3081, 2000

Інформаційні ресурси

1. <http://dspace.univer.kharkov.ua/>
2. <http://twirpx.com>