

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з наукової роботи

_____ /Студеняк І.П./

_____ вересня _____ 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ ІОН-ІОННИХ ТА
ІОН-АТОМНИХ ЗІТКНЕНЬ**

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 природничі науки
Спеціальність	104 фізика та астрономія
Освітня програма	Фізика та астрономія
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2020

Робоча програма навчальної дисципліни «**Актуальні проблеми фізики іон-іонних та іон-атомних зіткнень**» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 природничі науки** спеціальності **104 фізика та астрономія** освітньої програми **Фізика та астрономія**.

Розробники: Карбованець М.І., доцент, кандидат фіз.-мат. наук, завідувач кафедри теоретичної фізики

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри теоретичної фізики протокол № 2 від 15 вересня 2020 р.

Завідувач кафедри  Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету протокол № 1 від 23 вересня 2020 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

© Карбованець М.І., 2020 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2020 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	1	1
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4	1,2	1,2
	Лекції:	
	40	16
	Практичні (семінарські):	
	44	8
Вид підсумкового контролю: залік, екзамен	Лабораторні:	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	126	186

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Актуальні проблеми фізики іон-іонних та іон-атомних зіткнень**» є формування у здобувачів цілісної, логічно несуперечливої картини фізичних явищ, що мають місце при розсіянні атомних частинок, їх зіткненнях і взаємодіях.

Завданням навчальної дисципліни «**Актуальні проблеми фізики іон-іонних та іон-атомних зіткнень**» є поглиблення у здобувачів знання математичного апарату та основних фізичних концепцій сучасної фізики атомних зіткнень для здійснення майбутньої науково-дослідницької діяльності.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

інтегральна компетентність: здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

загальні компетентності: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1); навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2); здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3); здатність до пошуку, обробки на аналізі інформації з різних джерел (ЗК-4); здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5); здатність комунікації на фахову тематику з нефаківцями (ЗК-10).

фахові компетентності: здатність застосовувати фізичні знання для систематизації різноманітних пов'язаних фактів і явищ (ФК-1); здатність визначати завдання фізичного дослідження (ФК-2); здатність створювати та порівнювати між собою фізичні та математичні моделі фізичних об'єктів, процесів та явищ (ФК-4); здатність оцінювати моделі з точки зору їх відповідності фізичним об'єктам процесам та явищам, для пояснення яких застосовуються дані моделі (ФК-5); вміння здійснювати комп'ютерне моделювання фізичних процесів, у тому числі із застосуванням існуючого програмного забезпечення (ФК-6).

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «**Актуальні проблеми фізики іон-іонних та іон-атомних зіткнень**» є вибірковою і належить до варіативної частини ОНП за напрямком підготовки.

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Актуальні проблеми фізики іон-іонних та іон-атомних зіткнень**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми: «Диференціальні та інтегральні рівняння», «Методи математичної фізики», «Теоретична механіка», «Електродинаміка», «Квантова механіка», «Термодинаміка і статистична фізика».

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «**Фізика та астрономія**», вивчення навчальної дисципліни «**Актуальні проблеми фізики іон-іонних та іон-атомних зіткнень**» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі фізики і астрономії та суміжних галузей знань.	ПРН 1.1.
Знати фундаментальні праці провідних зарубіжних вчених та наукових шкіл у галузі дослідження.	ПРН 1.2.
Уміти формулювати мету власного наукового дослідження в контексті світового наукового процесу, усвідомлювати його актуальність і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.	ПРН 2.1.
Уміти формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження.	ПРН 2.2.
Уміти проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.	ПРН 2.3.
Уміти формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.	ПРН 2.5.
Уміти формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.	ПРН 2.6.
Уміти аналізувати наукові праці в галузі сучасної фізики, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	ПРН 2.7.
Уміти здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми.	ПРН 2.8.
Уміти визначати інформаційну цінність джерел шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.	ПРН 2.9.
Уміти визначати принципи та методи дослідження, використовуючи міждисциплінарні підходи.	ПРН 2.10.
Уміти кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях у фахових виданнях, вести конструктивний діалог з рецензентами та редакторами.	ПРН 3.2.
Уміти професійно презентувати результати своїх досліджень на міжнародних наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій, інноваційній та педагогічній діяльності.	ПРН 3.3.
Уміти використовувати сучасні інформаційні та комунікативні технології при спілкуванні, обміні інформацією, зборі, аналізі, обробці, інтерпретації джерел.	ПРН 3.5.
Самовдосконалюватися, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття експертних рішень.	ПРН 4.3.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Актуальні проблеми фізики іон-іонних та іон-атомних зіткнень**»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знати основні положення і методи квантової теорії розсіяння.	ПРН 1.1.
Знати сучасні теоретичні методи дослідження одно- та багатоелектронних процесів з перерозподілом при зіткненні багатозарядних іонів з іонами, атомами та молекулами.	ПРН 1.1.

Знати загальну теорію розсіяння (S-матриця; рівняння Ліппмана-Швінгера; рівняння Фаддєєва).	ПРН 2.3.
Знати аналітичні методи теорії атомних зіткнень (асимптотична теорія атомних зіткнень; метод еталонних рівнянь; метод поверхневих інтегралів; розпадна модель).	ПРН 2.3.
Знати формалізм методів сильного зв'язку та класичних траєкторій Монте-Карло.	ПРН 2.3.
Знати методи спотворених хвиль неперервного спектру (CDW) та формалізм інтегральних рівнянь Додда-Грайдера.	ПРН 2.3.
Уміти використовувати отримані знання на практиці при розв'язанні завдань теоретичного та прикладного характеру.	ПРН 2.1.
Уміти здійснювати аналіз інформаційних джерел в області квантової теорії розсіяння.	ПРН 2.1.
Уміти формулювати методологічну базу наукового дослідження з теорії іон-іонних та іон-атомних зіткнень.	ПРН 2.2.
Уміти застосовувати фізичні та математичні принципи квантової теорії розсіяння до аналізу властивостей багатоелектронних процесів з перерозподілом.	ПРН 2.3.
Уміти обчислювати ймовірності та перерізи одно- і двоелектронних процесів з перерозподілом при зіткненні багатозарядних іонів і катіонів з атомами та молекулами.	ПРН 2.6.
Уміти давати якісну фізичну інтерпретацію сучасних експериментальних досліджень з фізики атомних зіткнень.	ПРН 2.7.
Уміти здійснювати моніторинг джерел наукової інформації з фізики іон-іонних та іон-атомних зіткнень.	ПРН 2.8.
Уміти давати об'єктивну оцінку інформаційним джерелам шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами наукової інформації.	ПРН 2.9.
Уміти застосовувати принципи та методи досліджень, що використовуються в суміжних галузях, для власного наукового пошуку.	ПРН 2.10.
Уміти кваліфіковано відображати результати своїх наукових досліджень у наукових статтях у фахових виданнях, підручниках та науково-методичній літературі, вести конструктивний діалог з рецензентами та редакторами.	ПРН 3.2.
Уміти професійно презентувати результати власних досліджень на міжнародних наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій, інноваційній та педагогічній діяльності.	ПРН 3.3.
Володіти сучасними концептуальними знаннями з релятивістської квантової теорії розсіяння.	ПРН 1.1.
Володіти передовими методологічними знаннями в галузі фізики іон-атомних та іон-молекулярних зіткнень.	ПРН 2.1.
Володіти сучасними математичними методами та принципами квантової теорії розсіяння для здобуття нових знань з фізики елементарних процесів взаємодій атомних частинок.	ПРН 2.3.
Володіти здатністю формулювати наукову проблему з огляду на її актуальність та стан її сучасної наукової розробки.	ПРН 2.5.
Володіти сучасними інформаційними та комунікативними технологіями для обміну інформацією, аналізу, обробки та інтерпретації інформаційних джерел.	ПРН 3.5.
Володіти здатністю самовдосконалюватися, підвищувати свій фаховий рівень, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття професійних рішень.	ПРН 4.3.

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік та екзамен. До заліку та екзамену допускаються аспіранти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	100	200
25	25	25	25		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T5	T6	T7	T8	100	200
25	25	25	25		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	4	100	4	100
Модульна контрольна робота	1	100	1	100
Разом	5	200	5	200

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

При оцінюванні знань враховується в першу чергу повнота, правильність і вичерпність відповідей на поставлені в модульних контрольних роботах запитання. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 5-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення контролю було виявлено:

1. Наявність у здобувача всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.
2. Вміння здобувача в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння здобувачем взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості здобувача з питань спецкурсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях здобувачів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «добре» виставляється, коли здобувач письмово відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму спецкурсу. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Здобувач спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «задовільно» виставляється, коли здобувач дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми з спецкурсу. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за роботу, яка засвідчує про наявність у здобувача великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу з спецкурсу, а у наявних його письмових відповідях є як принципові, так і грубі фізичні помилки. Здобувачі, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «**Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій**» здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано”, „не зараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо здобувач достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "не зараховано" - якщо здобувач викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, здобувач не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

За бажанням здобувача результуюча підсумкова залікова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Екзамен проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою: „відмінно”, „добре”, „задовільно”, „незадовільно”.

Оцінка „відмінно” виставляється в тому разі, коли здобувач бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, вміння грамотно обробляти результати експериментальних вимірювань з метою отримання заданої точності отриманих даних, кваліфіковано використовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „добре” виставляється тоді, коли здобувач виявив повне знання і розуміння програмового матеріалу, добре оволодів математичним апаратом курсу, може використовувати набуті знання в практичній діяльності, дав вичерпні відповіді на всі запитання, але під час відповіді допускав окремі нечіткі формулювання і незначні неточності.

Оцінка „задовільно” виставляється в тому разі, коли здобувач в основному знає і розуміє фактичний матеріал курсу, дав в основному правильні відповіді на запитання, виявив уміння розібратися в усьому матеріалі курсу, вміння використовувати відповідний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремі положення пройденого курсу, допускає неточності при використанні математичного апарату, недостатньо вміє застосовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” виставляється тоді, коли здобувач не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів навчальної дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням здобувача результуюча підсумкова екзаменаційна оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен та диференційований залік	Залік
90 – 100	A	відмінно	Зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Здобувач, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «не зараховано» або «незадовільно» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової та екзаменаційної відомостей..

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Тема 1. Основні теоретичні методи фізики атомних зіткнень.

1. Квантово-механічна задача двох кулонівських центрів. Кореляційні діаграми спектрів.
2. Метод сильного зв'язку в базисі молекулярних функцій.
3. Метод сильного зв'язку в базисі атомних функцій.
4. Адіабатичний та діабатичний підходи для опису атомних зіткнень. Проблема діабатизації електронних станів.

Тема 2. Теорія розсіяння в системі трьох тіл.

1. Загальна теорія розсіяння. S-матриця. Рівняння Ліппмана-Швінгера.
2. Проблеми теорії розсіяння з перегрупуванням частинок.
3. Метод Фаддєєва.

Тема 3. Низькоенергетичні іон-атомні зіткнення.

1. Зіткнення при малих швидкостях відносного руху важких частинок. Адіабатичне наближення. Аналітичні методи в теорії атомних зіткнень. Наближення двох станів та його багатоканальне узагальнення. Асимптотична теорія атомних зіткнень.
2. Одноелектронна перезарядка при іон-атомних зіткненнях. Метод поверхневих інтегралів. Особливості зарядово-обмінних реакцій за участю багатозарядних іонів.
3. Багатоелектронні процеси при іон-атомних зіткненнях.

Тема 4. Повільні зіткнення молекул з атомними та молекулярними іонами.

1. Резонансна та нерезонансна одноелектронна перезарядка при зіткненнях молекул з атомними іонами та катіонами.
2. Двоелектронні процеси: двоелектронне захоплення, дисоціативне та недисоціативне одноелектронне захоплення.
3. Процеси з перерозподілом за участю дипольно-зв'язаних аніонів (ДЗА).

Модуль 2

Тема 5. Іон-атомні (молекулярні) зіткнення при середніх швидкостях відносного руху.

1. Специфіка атомних зіткнень в проміжній області відносних швидкостей.
2. Багатоканальна задача про перезарядку на основі базису одноцентрових хвильових функцій.
3. Метод класичних траєкторій Монте-Карло.

Тема 6. Іон-атомні та іон-молекулярні зіткнення при високих швидкостях відносного руху.

1. Наближення Оппенгеймера-Брінкмана-Крамерса. Ейкональне наближення.
2. Методи спотворених хвиль неперервного спектру (CDW). Врахування ефектів багатократного перерозсіяння електрона.
3. Інтегральні рівняння Додда-Грайдера для квантово-механічного оператора розсіяння з перебудовою в системі декількох заряджених частинок.

Тема 7. Розпади та іонізація атомних частинок.

1. Розпадна модель.
2. Одно- і двоелектронний розпад від'ємного іона та ДЗА в постійному однорідному електричному полі.
3. Оже-процеси при атомних зіткненнях.
4. Ефект Пеннінга.

Тема 8. Врахування релятивістських ефектів.

1. Релятивістський оператор взаємодії двох квазімолекулярних електронів з урахуванням ефектів запізнення.
2. Матричні елементи взаємодії двох квазімолекулярних електронів із зовнішнім полем випромінювання.
3. Імовірності непружних процесів з перерозподілом при повільних зіткненнях багатозарядних іонів з релятивістськими атомами.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Основні теоретичні методи фізики атомних зіткнень.	26	4	6			16
Тема 2. Теорія розсіяння в системі трьох тіл.	26	6	4			16
Тема 3. Низькоенергетичні іон-атомні зіткнення.	26	4	6			16
Тема 4. Повільні зіткнення молекул з атомними та молекулярними іонами.	27	6	6			15
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	105	20	22			63
Разом за семестр	105	20	22			63
2-й семестр						
Модуль 2						
Тема 5. Іон-атомні (молекулярні) зіткнення при середніх швидкостях відносного руху.	26	4	6			16
Тема 6. Іон-атомні та іон-молекулярні зіткнення при високих швидкостях відносного руху.	26	6	4			16
Тема 7. Розпади та іонізація атомних частинок.	26	4	6			16
Тема 8. Врахування релятивістських ефектів.	27	6	6			15
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	105	20	22			63
Разом за семестр	105	20	22			63
Разом за 1 рік	210	40	44			126

Заочна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
1-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Основні теоретичні методи фізики атомних зіткнень.	26	2	1			23
Тема 2. Теорія розсіяння в системі трьох тіл.	26	2	1			23
Тема 3. Низькоенергетичні іон-атомні зіткнення.	26	2	1			23
Тема 4. Повільні зіткнення молекул з атомними та молекулярними іонами.	27	2	1			24
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	105	8	4			93
Разом за семестр	105	8	4			93
2-й семестр						
Модуль 2						
Тема 5. Іон-атомні (молекулярні) зіткнення при середніх швидкостях відносного руху.	26	2	1			23
Тема 6. Іон-атомні та іон-молекулярні зіткнення при високих швидкостях відносного руху.	26	2	1			23
Тема 7. Розпади та іонізація атомних частинок.	26	2	1			23
Тема 8. Врахування релятивістських ефектів.	27	2	1			24
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	105	8	4			93
Разом за семестр	105	8	4			93
Разом за 1 рік	216	16	8			186

6.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Сфероїдальні та кулонівські сфероїдальні функції. Квазікутові та квазірадіальні функції.	6	1
2	Квазікласична асимптотика парціального розкладу двоцентрової функції Гріна за дипольно-сферичними функціями.	4	1
3	Метод поверхневих інтегралів в теорії обмінної взаємодії. Обчислення одноелектронних обмінних матричних елементів.	6	1
4	Резонансна перезарядка полярної молекули на власному катіоні.	6	1
5	Нерезонансна двоелектронна перезарядка полярної молекули на багатозарядному іоні.	6	1
6	Квазікласичне наближення для амплітуди перезарядки. Роль двократного розсіяння електрона у процесі зіткнення. Пік Томаса.	4	1
7	Обчислення імовірності двоелектронного розпаду від'ємного іона гідрогену в постійному однорідному електричному полі.	6	1
8	Пеннінгівська іонізація неметастабільними атомами.	6	1
Разом		44	8

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Функція Гріна (ФГ) задачі двох однакових кулонівських центрів. Парціальный розклад ФГ за сфероїдальними функціями. Двоцентрова ФГ у границі об'єднаних атомів.	16	23
2	Рівняння Фаддєєва для хвильової функції.	16	23
3	Метод поправкової функції (метод Ландау-Херрінга). Квазікласичний варіант асимптотичної теорії атомних зіткнень.	16	23
4	Вплив електронних кореляцій на динаміку двоелектронних іон-атомних процесів з перерозподілом.	15	24
5	Модель точкового диполя. Кулоно-дипольний потенціал. Дипольно-сферичні функції (ДСФ). Рекурентні співвідношення для коефіцієнтів розкладу ДСФ за сферичними функціями.	16	23
6	Квантово-механічна амплітуда в методі CDW.	16	23
7	Іонізація атома в електромагнітному полі. Теорія Келдиша.	16	23
8	Узагальнений оператор Брейта.	15	24
Разом		126	186

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Power Point.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Bransden B. H. Charge Exchange and the Theory of Ion-Atom Collisions / B. H. Bransden, M. H. C. McDowell. – Oxford : Clarendon, 1992. – 488 p.
2. Lazur V. Yu. Distorted Wave Theories for one- and two-electron capture in fast atomic collisions / V. Yu. Lazur, M. V. Khoma // *Advances in Quantum Chemistry*. – 2013. – V. 65. – P. 363–405.
3. Лендель В. И. Введение в теорию атомных столкновений / В. И. Лендель, В. Ю. Лазур, М. И. Карбованец, Р. К. Янев. – Львов : Выща школа, 1989. – 192 с.
4. Мотт Н. Теория атомных столкновений / Н. Мотт, Г. Месси. – Москва : Мир, 1969. – 756 с.
5. Никитин Е. Е. Неадиабатические переходы при медленных атомных столкновениях / Е. Е. Никитин, С. Я. Уманский. – Москва : Атомиздат, 1979. – 272 с.
6. Парилис Э.С. Оже-процессы при атомных столкновениях / Э.С. Парилис, Л.М. Кишиневский, В.И. Матвеев, Б.Г. Краков. – Ташкент : «Фан», 1989. – 240 с.
7. Смирнов Б. М. Асимптотические методы в теории атомных столкновений / Б. М. Смирнов. – Москва : Атомиздат, 1973. – 296 с.
8. Сунакава С. Квантовая теория рассеяния / С.Сунакава. – Москва : Мир, 1979. – 268 с.

Допоміжна література

1. Chibisov M. I. Asymptotic exchange interactions in ion-atom systems / M. I. Chibisov, R. K. Janev // *Phys. Rep.* – 1988. – Vol. 166. – № 1. – P. 1–87.
2. Khoma M. V. On the semiclassical approach in the theory of ion-diatomic exchange interaction: its application to charge exchange reactions / M. V. Khoma, O. M. Karbovanets, M. I. Karbovanets, R. J. Buenker // *Physica Scripta*. – 2008. – V. 78. – P. 065201 (10pp).
3. Nikitin E. E. Theory of slow atomic collisions / E. E. Nikitin, S. Ya. Umanski. – New York : Springer, 1984. – 432 p.
4. Галицкий В. М. Теория столкновений атомных частиц / В. М. Галицкий, Е. Е. Никитин, Б. М. Смирнов. – Москва : Наука, 1981. – 254 с.
5. Никитин Е. Е. Медленные атомные столкновения / Е. Е. Никитин, Б. М. Смирнов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.

**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібно підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібно підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібно підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібно підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20 ___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)