

Радіофізичний факультет
Кафедра електрофізики

Лектор: доктор фіз.-мат. наук, професор
Овечко Володимир Сергійович

Семінарські заняття :
ас. Карлаш Г.Ю.,
ас., доктор фіз.-мат. наук Фелінський Г.С.

АТОМНА ФІЗИКА

Робоча навчальна програма освітньо–професійного напрямку
підготовки 6.040204 «Прикладна фізика»

Затверджено
на засіданні кафедри
Протокол № 4
від 26 квітня 2012р.

Зав. кафедри
_____ Савенков С. М.

Затверджено
Вченою радою
радіофізичного факультету
Протокол № 11
від 14 травня 2012 р.

Декан факультету
_____ Анісімов І.О.

Робоча навчальна програма дисципліни

АТОМНА ФІЗИКА

Укладач: професор, док.фіз.-мат.наук Овечко В.С.

Викладач: професор, док.фіз.-мат.наук Овечко В.С.

Погоджено
З науково-методичною комісією
„__” _____ 2012р.

Вступ

Дана дисципліна „Загальна фізика „Атомна фізика” є базовою нормативною дисципліною, викладається на III курсі I семестру в обсязі **54** години, формою підсумкового контролю є іспит.

Метою навчальної дисципліни „Атомна фізика” є одержання студентами знань з одного із розділів загального курсу фізики, а саме „Атомна фізика”. Знання студенти набувають за рахунок засвоєння лекційного матеріалу, виконання завдань на семінарських заняттях, виконання циклу лабораторних робіт.

Предметом навчальної дисципліни „Атомна фізика” є теоретичні і експериментальні основи фізики атомів, атомних структур та їх взаємодії з зовнішніми полями і частинками.

Вимоги до знань та вмінь.

Студент, який виконав навчальну програму, має володіти: основами теоретичних знань і експериментальних методів, які застосовуються в атомній фізиці;

Студент повинен вміти: ставити і розв'язувати задачі, пов'язані з розрахунками структури атомів і їх взаємодією з зовнішніми полями; вміти користуватись приладами і методами досліджень.

Місце в структурно-логічній схемі спеціальності.

„Атомна фізика” є складовою загального курсу фізики і безпосередньо пов'язана з іншими її розділами. Зокрема, теорією коливань і хвиль „Механіка”, теорією електромагнетизму в курсі „Електрика”, „Оптика” теорією молекулярної будови речовини курсу „Молекулярна фізика”. Курс є базовим для таких спецкурсів, як фізика лазерів, теорія твердого тіла, мікроелектроніка, деяких розділів статистичної радіофізики.

Система контролю знань та умови складання іспиту.

Навчальна дисципліна „Атомна фізика” оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з 2 модулів.

Результати навчальної діяльності студентів оцінюється за 100-бальною шкалою.

Форми поточного контролю: оцінювання домашніх самостійних завдань і тестів та контрольних робіт виконаних під час практичних занять.

Модульний контроль: 2 за семестр.

100-бальна оцінка розраховується як середньозважена з двох модулів у семестрі та оцінки за іспит за наступною формулою.

Розрахунок підсумкової оцінки.

$$ПО = 3M_1 \times k_1 + 3M_2 \times k_2 + ПМ \times k_{ісп}$$

Кількість балів:

1-34 - „незадовільно” з повторним вивченням дисципліни.

35-59 - „незадовільно” з можливістю повторного складання.

60-64 – „задовільно” („достатньо”).

65-74 – „задовільно”.

75-84 – „добре”.

85-90 – „добре” („дуже добре”).

91-100 – „відмінно”

Якщо за результатами модульно-рейтингового контролю студент отримав середнє арифметичне за два змістовні модуля, яке менше ніж 10 балів, то студент не допускається до іспиту і вважається таким, що не виконав усі види робіт.

Форми поточного контролю: колоквіум, фізичний диктант, контрольна робота, самостійна робота (в тому числі, перевірка виконання домашніх завдань).

1. Семінарські заняття

ЗМ 1: **Контрольна робота 1** –

Ваговий коефіцієнт – 0.05.

Самостійна робота студентів

Ваговий коефіцієнт – 0.05.

ЗМ 2: **Контрольна робота 2**

Ваговий коефіцієнт – 0.05.

Контрольна робота 3

Ваговий коефіцієнт – 0.05.

Самостійна робота студентів

Ваговий коефіцієнт – 0.05.

2. Лекційний матеріал

ЗМ 1: **Колоквіум 1** –

Ваговий коефіцієнт – 0.1.

ЗМ 2: **Колоквіум 2** –

Ваговий коефіцієнт – 0.15.

Таблиця 1. Таблиця вагових коефіцієнтів

		ЗМ 1	ЗМ 2	Комплексний підсумковий модуль (КПМ) – іспит	Разом (підсумкова оцінка)
Лекції	Вагові коефіцієнти				100
	Оцінка в балах (за 100-б. сист.)	10	15	50	
Семінарські заняття	Вагові коефіцієнти			–	
	Оцінка в балах (по 100-бальною системою)	10	15	-	

До підсумкової оцінки студент може отримати додаткові бали:

- за статтю в науковому журналі - до 10 балів;
- за доповідь на науковій всеукраїнській або міжнародній конференції – до

10 балів;

- за активну участь або перемогу на олімпіадах, турнірах з фізики, конкурсах тощо - до 10 балів;
- за участь у роботі студентських наукових гуртків та проблемних груп, - до 10 балів;
- за участь в постановці нових лабораторних робіт або модернізацію існуючих (спряження із комп'ютером, написання комп'ютерної програми тощо), а також у підготовці до публікації навчально-методичної літератури – до 10 балів;
- за активну участь у науково-дослідній роботі за науковою тематикою факультету – до 5 балів;
- за доповідь на науково-проблемному семінарі для студентів та аспірантів за обраною керівником семінару темою - до 5 балів.

При цьому, підсумкова кількість балів:

- менша, ніж 59 балів відповідає оцінці «*незадовільно*»;
- кількість балів від 60 до 74 відповідає оцінці «*задовільно*»;
- кількість балів від 75 до 90 відповідає оцінці «*добре*»;
- кількість балів від 91 до 100 відповідає оцінці «*відмінно*».

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№	НАЗВА ТЕМИ	Кількість годин		
		Лекції	Практичні	Самостійна робота
Змістовний модуль I. Квантові і хвильові властивості електромагнітного поля і квантових частинок. Модель атома за Бором				
1	Вступ	2	2	
2	Кванти і хвилі	6	2	
3	Рівняння Шредінгера	4	4	2
4	Базові експерименти атомної фізики	6		
5	Модель атома за Бором	2	4	2
6	Атом водню	4	4	2
Змістовний модуль II. Векторна модель атома. Атом в зовнішніх полях. Атомні структури.				
7	Структура атомних переходів	6	4	2
8	Систематика термів	2	2	
9	Таблиця Менделєєва. Принцип Паулі	2	2	2
10	Ефект Штарка і Зеємана	4	2	
11	Взаємодія атома з	3	2	2

	рентгенівським випромінюванням			
12	Атомні структури. Хімічний зв'язок. Молекули.	4	4	2
13	Тверде тіло. Зонна структура.	4	2	
	ВСЬОГО	51	34	12

Загальний обсяг: 102 год.
 В тому числі: Лекції 51 год,
 Практичні -34 (самостійна робота – 12 год).

Змістовний модуль I. „Квантові і хвильові властивості електромагнітного поля і квантових частинок. Модуль атома за Бором.”

Лекція 1. Вступ. Об'єкти атомної фізики, атомний масштаб.
 Практичне заняття 1.
 Рух заряджених частинок в електричних і магнітних полях.

Лекція 2. Фотонні властивості електромагнітних полів. Формула Планка.
 Розсіювання Комптона.
 Практичне заняття 2.
 Формула Планка. Розсіювання Комптона.

Лекція 3. Фотонні властивості електромагнітних полів. Тиск світла. Момент кількості руху потоку фотонів. Фізичний вакуум.

На самостійне опрацювання студентами виносяться проблеми (2 год).
 Тиск світла на атоми.
 [1], 63-65

Лекція 4. Хвильові властивості матерії. Формула де Бройля. Експеримент Девісона-Джермера.

На самостійне опрацювання студентами виносяться проблеми (2 год).
 Розпливання хвильового пакету
 [2], 36-38

Практичне заняття 3.
 Дисперсія хвиль де Бройля. Релятивістське і нерелятивістське наближення.
 Дифракція електронів.

Лекція 5.
 Хвильові властивості матерії. Хвиля де Бройля в рухомій системі координат.
 Формули Лаує. Схема Дебая – Шурера. Дифракція нейтронів і атомів.

Лекція 6. Співвідношення невизначеностей. Принцип доповнення. Квантова частинка в потенціальній ямі. Мікроскоп Гейзенберга. Схема Юнга для пучків атомів.

Практичне заняття 4.
 Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Критерій квантовості об'єктів.
 Атом водню за Бором, квантовий осцилятор.

Лекція 7. Принципи і постулати квантової механіки. Рівняння Шредингера. Властивості розв'язків.

Лекція 8. Одномірні задачі стаціонарного рівняння Шредингера: потенціальна яма, бар'єри, ефект тунелювання. Трьохвимірні задачі.

На самостійне опрацювання студентами виносяться проблеми (2 год).

Прозорість прямокутного потенціального бар'єра
[4],80-83

Практичне заняття 5.

Стаціонарне рівняння Шредингера. Частинка в потенціальній ямі. Відбиття частинок від потенціальної стінки.

Лекція 9. Електромагнітна взаємодія. Діаграми Фейнмана. Закон Кулона для квантової області.

На самостійне опрацювання студентами виносяться проблеми (2 год).

Квантовий осцилятор.
[3],122-123

Практичне заняття 6.

Рух частинки в потенціальній ямі складної форми. Тунелювання крізь δ -потенціал.

Лекція 10. Досліди Франка і Герца. Розсіяння Резерфорда: теорія і експеримент.

Практичне заняття 7.

Розсіяння Резерфорда. Інтегральна та диференціальна формули.

Лекція 11. Борівська модель атома. Врахування зведеної маси, ізотопічного зсуву. Розрахунок спектральних серій.

Практичне заняття 8.

Розрахунок сталої Рідберга. Врахування релятивістських ефектів для багатозарядних іонів.

Лекція 12. Досліди Франка і Герца. Спін електрона. Векторна модель атома. Терми.

Практичне заняття 9.

Просторове квантування. Електронна конфігурація атома. Терми.

Лекція 13. Атом водню. Розподіл густини заряду.

На самостійне опрацювання студентами виносяться проблеми (2 год)..

Просторовий розподіл густини заряду для орбіталей
[5], 183-190

Практичне заняття 10.

Основний стан атома. Правила Хундта.

Лекція 14. Оптичні переходи. Правила відбору.

Змістовий модуль II. Векторна модель атома. Атом в зовнішніх полях. Атомні структури”.

Лекція 15. Надтонка структура атому водню. Досліди Лемба-Різерфорда.

Лекція 16. Атом гелію. Обмінна взаємодія.

Лекція 17. Систематика складних атомів. Зв'язки Рассел-Саундерса і $j-j'$ зв'язок.
Практичне заняття 11. Систематика термів. Знаходження механічних моментів атомів.

Лекція 18. Періодична система елементів Менделєєва. Принцип Паулі.

На самостійне опрацювання студентами виносяться проблеми (2 год).

Особливості формування елементів періодичної системи Менделєєва

[6],100-105

Практичне заняття 12.

Періодична система Менделєєва. Правило Маделунга. Лужні метали.

Лекція 19. Атом в зовнішніх полях. Атом в постійному електричному полі Ефект Штарка.

Лекція 20. Атом в постійному магнітному полі. Фактор Ланде. Ефект Зеємана.

Практичне заняття 13.

Магнітні властивості атомів. Ефект Зеємана

Лекція 21. Взаємодія атома з рентгенівським випромінюванням. Закон Мозлі

Лекція 22. Характеристичний і суцільний спектри. Ефект Оже.

Практичне заняття 14.

Рентгенівські спектри.

Лекція 23. Атомні структури (молекули, іони). Іонний, ковалентний і водневий зв'язки. Іон молекули водню.

Лекція 24. Молекула водню. Обмінна взаємодія.

Практичне заняття 15.

Структура і класифікація молекул, їх енергетичних станів.

Лекція 25. Хімічний зв'язок і гібридизація атомних орбіталів. Коливальна спектроскопія

Практичне заняття 16.

Коливальна спектроскопія

Лекція 26. Тверде тіло. Цикл Борна-Габера. Зонна структура. Рівень Фермі.

Практичне заняття 17.

Елементи фізики твердого тіла.

Форми контролю за СРС: консультації, колоквіум, практичні заняття, екзамен.

Типові питання до колоквіуму № 1

1. Знайти міні відстань на яку може наблизитись α частинка до ядра літію Li^3 ? Її кінетична енергія 0,4 МеВ.
2. Чому дослід Резерфорда з розсіяння частинок на атомах свідчить про планетарну модель атома?
3. Сформулювати принцип Паулі?
4. Що таке прицільний параметр? Як він пов'язаний з перерізом розсіяння?
5. Порівняти спектральні серії атома водню і мезоатома ($m_\mu=200 \cdot m_e$).

Типові питання до колоквіуму № 2

1. Абсолютне значення орбітального моменту електрона в стані d.
2. Яким чином взаємодіє рентгенівський квант з атомом?
3. Який фізичний зміст квантових чисел Λ , Σ , Ω ?
4. Принцип Франка-Кондона.?
5. Що таке гібридизація орбіталей?
6. Записати площину, яка відсікає вздовж координат X , Y , Z відрізки 1, 2, 3 відповідно у термінах індексів Міллера.
7. Що таке орто- та пара-гелій?

Екзаменаційні питання з курсу “ Атомна фізика”

1. Атомні масштаби.
2. Початкові експерименти з об'єктами атомного масштабу.
3. Експерименти Дж. Томсона (відкриття електрона).
4. Досліди Мілікена.
5. Момент імпульсу світлової хвилі.
6. Імпульс світлової хвилі.
7. Випромінювання абсолютно чорного тіла.
8. Фотоефект.
9. Фотон в гравітаційному полі.
10. Обернений ефект Комптона.
11. Ефект Комптона.
12. Принцип доповнення: експериментальна перевірка.
13. Співвідношення невизначеностей.
14. Електромагнітна взаємодія: фейнманівські діаграми.
15. Хвильові властивості речовини: рухомий осцилятор.
16. Хвильові властивості частинок: фазова і групова швидкості хвиль де Бройля, час розпливання хвильового пакета.
17. Методи рентгеноскопії і рентгенографії.
18. Експеримент Девіссона-Джермера.
19. Рівняння Шредінгера.
20. Фізичний вакуум.
21. Густина імовірності.
22. Постулати квантової механіки.
23. Тунельний ефект.

24. Частинка в трьохвимірній потенціальній ямі.
25. Формула Резерфорда.
26. Значення експериментів Резерфорда для побудови моделі атома.
27. Борівська модель атома водню.
28. Експеримент Франка і Герца, розсіяння електронів в гелії.
29. Атом водню: орбітальні і магнітні квантові числа.
30. Атом водню: задача на власні функції і власні числа.
31. Атомні переходи. Правила відбору.
32. Спін електрону. Досліди Штерна-Герлаха.
33. Принцип Паулі.
34. Атом гелію, обмінна взаємодія.
35. Систематика термів: $L-S$ і $J-J'$ зв'язки, правила Хундта.
36. Тонке розщеплення (спін-орбітальна взаємодія).
37. Надтонке розщеплення та ізотопічний зсув в атомі водню.
38. Спектри атомів з одним електроном.
39. Правила відбору для атомів з $L-S$ зв'язком.
40. Лембівський зсув.
41. Спектр поглинання рентгенівського випромінювання.
42. Спектри рентгенівського випромінювання.
43. Електронні і ядерні магнітні резонанси.
44. Порівняльний аналіз ефекту Зеемана і Пашена-Бака.
45. Атом в зовнішньому магнітному полі: ефект Зеемана.
46. Атом в зовнішньому електричному полі: ефект Штарка.
47. Періодична система елементів.
48. Молекула водню.
49. Молекулярний іон водню. Обмінна взаємодія.
50. Гібридні орбіталі в ковалентному зв'язку.
51. Ковалентний зв'язок, молекулярні орбіталі.
52. Коливальні і обертальні стани молекул.
53. Іонний зв'язок : цикл Борна-Габера.
54. Основні типи зв'язку в твердому тілі, координаційна сфера.
55. Міжмолекулярна взаємодія і сили Ван дер Ваальса.
56. Квантові стани електронів в кристалі: сильний зв'язок.
57. Квантові стани електронів в кристалі: слабкий зв'язок
58. Закон дисперсії для електронів в кристалічній ґратці.
59. Зонна структура твердих тіл.
60. Енергія Фермі електронів в твердому тілі.

Література

1. И.Е.Иродов. Квантовая физика. Уч. пособие для вузов – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002 - 272с.
2. М.У.Белый, Б.А.Охрименко. Атомная физика. -К.: Вища школа, 1984 - 271с.
3. М.Г.Находкін. Атомна фізика. Конспект лекцій. Ч.І, Ч.ІІ, КНУ, 2003.
4. А.Д.Суханов. Фундаментальный курс физики т.ІІІ. Квантовая физика. -М.: «Агар», 1999 - 384с.
5. Блейзер А. Основные представления современной физики.- М.: Атомиздат, 1973.- 548с.
6. Овечко В.С., Шека Д.І. Фізика атомів і атомних структур.-Київ: ВПЦ „Київський університет”, 2006.

Викладач _____

Завідувач кафедри

