

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

***Факультет физико-математических и естественных наук
Институт физических исследований и технологий***

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физический практикум по атомной физике

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

03.03.02 "ФИЗИКА"

(указываются код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность программы (профиль)

1. Цели и задачи дисциплины:

Дисциплина излагается для студентов-физиков на 3-ем курсе бакалавриата (5-ый семестр). Главной целью дисциплины является создание фундаментальной базы знаний в области квантовой физики, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение квантовой теории и явлений микромира в рамках цикла курсов по теоретической физике и специализированных курсов.

Задачи дисциплины: сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину микромира. Создание такой картины происходит поэтапно, путем обобщения экспериментальных данных и на их основе производится построение моделей наблюдаемых явлений.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина «Физический практикум по атомной физике» относится к модулю «Общий физический практикум» базовой части профессионального цикла дисциплин. Для изучения дисциплины студент должен обладать знаниями и умениями дисциплин высшей математики, методов математической физики, теории вероятностей, дисциплин модуля «Общей физики» (механика, молекулярная физика, электричество и магнетизм, оптика), а также дисциплин модуля «Теоретической физики» (теоретическая механика, электродинамика). Дисциплина «Атомная физика» предшествует дисциплинам модуля «Теоретической физики» (квантовая теория, статистическая физика, а также специализированным курсам.

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
1	ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	Физический практикум по механике Физический практикум по молекулярной физике Физический практикум по электричеству и магнетизму Физический практикум по оптике	Физический практикум по физике атомного ядра и элементарных частиц Физические методы исследований

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: теоретические основы, основные понятия законы и модели физики атомного ядра и частиц, методы теоретических и экспериментальных исследований в физике.

Уметь: решать физические задачи, использовать при решении основные законы, представления и модели физики, а также применять полученные знания для анализа основных задач, типичных для естественнонаучных дисциплин; использовать теоретические знания для объяснения результатов физических экспериментов.

Владеть: методами обработки, анализа и интерпретации физического эксперимента.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **4 зачетные единицы**.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (модули)	
		5 (9модуль)	5 (модуль А)
Аудиторные занятия (всего)	68	36	32
В том числе:	-	-	-

Лекции			
Практические занятия (ПЗ)			-
Семинары (С)			-
Лабораторные работы (ЛР)	68	36	32
Самостоятельная работа (всего)	76	36	40
Общая трудоемкость	час	144	72
	зач. ед.	4	2

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Модели атома.	Ядерная модель Резерфорда. Комбинационный принцип. Атом Бора. Принцип соответствия. Опыты Франка и Герца.
2.	Корпускулярно-волновой дуализм	Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона-Джермера и Томсона. Интерпретация волн де Бройля. Соотношения неопределенностей. Принцип дополнительности.
3.	Уравнение Шредингера.	Квантование как проблема собственных значений. Операторы физических величин. Потенциальные “ямы” и “барьеры”. Линейный гармонический осциллятор.
4.	Момент импульса. Принцип Паули.	Квантовый ротатор. Магнитные свойства атомов. Опыт Штерна и Герлаха. Спин.
5.	Спонтанные и вынужденные переходы	Коэффициенты Эйнштейна. Правила отбора. Ширина и форма спектральных линий. Общие принципы индуцированного усиления электромагнитного излучения
6.	Атом водорода.	Спектр атома водорода. Вырождение уровней энергии. Тонкая структура термов. Лэмбовский сдвиг.
7.	Многоэлектронные атомы.	Типы связей электронных моментов. Электронные оболочки атомов. Периодическая система элементов Менделеева. Атомы щелочных металлов. Атом гелия. Правила Хунда.
8.	Рентгеновское излучение (РИ) атомов.	Тормозное и характеристическое РИ. Рассеяние и поглощение РИ. Эффект Комптона. Оже-эффект.
9.	Атом в магнитном и электрическом полях.	Простой и сложный эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака. Магнитный резонанс. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Эффект Штарка.
10.	Возбужденные атомы.	Ридберговские атомы. Неупругие удары второго рода. Процессы хемоионизации.
11.	Строение и свойства молекул.	Адиабатическое приближение. Вращение и колебания ядер. Полосатые спектры молекул. Электронные спектры молекул. Принцип Франка-Кондона. Комбинационное рассеяние света. Типы химической связи молекул. Ионная и ковалентная связи. Силы Ван-дер-Ваальса.

6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1.	1.	Опыт Франка и Герца	8
2.	6.	Спектр атома водорода	12
3.	8.	Определение постоянной Планка	12
4.	1.	Омега-тронный масс-спектрометр	12

5.	8.	Изучение характеристического рентгеновского излучения	10
6.	11.	Изучение комбинационного рассеяния света	12

7. Практические занятия (семинары) не предусмотрены

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория «Атомной и ядерной физики»:
Спектрограф типа СТЭ-1 со скрещенной дисперсией
Установка для изучения космических лучей. ФПК-01
Установка для изучения опыта Франка-Герца
Установка для определения длины пробега альфа-частиц и бета-радиоактивности. ФПК-03м
Установка для определения резонансного потенциала методом Франка и Герца. ФПК-02м
Установка для изучения энергетического спектра электронов. ФПК-05.
Установка для изучения абсолютно черного тела. ФПК-11
Установка для изучения работы сцинтилляционного счетчика и исследования гамма-радиоактивных элементов ФПК-12м
Установка для изучения и анализа свойств материалов с помощью сцинтилляционного счетчика (изучения γ -радиоактивных элементов) ФПК-13
Лабораторная установка "Измерение периода полураспада долгоживущего изотопа"
Гониометр Г-5
Универсальный монохроматор для видимой области спектра УМ-2
Водородная газоразрядная лампа
Ртутная газоразрядная лампа высокого давления
Ртутная газоразрядная лампа низкого давления
Компьютер
Осциллограф
Высоковольтный источник питания
Низковольтный источник питания
Частотомер
Измеритель индукции магнитного поля
Установка регистрации продуктов радиационного распада

9. Информационное обеспечение дисциплины

а) программное обеспечение:

МЕНТОР

б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

телекоммуникационная учебно-информационная система (ТУИС)

Учебный портал РУДН

Научная электронная библиотека РУДН

<http://www.edu.ru/> – федеральный образовательный портал.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/demo/>- кабинет физических демонстраций МГУ.

<http://genphys.phys.msu.ru/rus/ofp/>

<http://www.alpud.ru/>- автоматизированные лабораторные практикумы удаленного доступа.

<http://prac-gw.sinp.msu.ru/atom.htm> - атомный и ядерный практикум МГУ.

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

) основная литература:

1. В.П. Милантьев. Физика атомов и атомных явлений. Высшая школа. М.: 2010
2. М.А. Фаддеев, Е.В. Чупрунов. Лекции по атомной физике. Физматлит. М.: 2008.
3. Д.В. Сивухин. Общий курс физики. Т.5. Физматлит. М.: 2006.
4. И.Е. Иродов. Задачи по квантовой физике. Высшая школа. М.: 1991.
5. Сб. задач по общему курсу физики. Часть 3./Под ред. В.А.Овчиникина. Изд. МФТИ. М.: 2001.

б) дополнительная литература

1. Э.В. Шпольский. Атомная физика. Т.1,2. Наука. М.: 1984.
2. А.М. Попов, О.В. Тихонова. Лекции по атомной физике. Изд. МГУ. М.: 2007.
3. А.Н. Матвеев. Атомная физика. Высшая школа. М.: 1989.
4. Дж. Гринштейн, А. Зайонц. Квантовый вызов. Изд. Дом Интеллект. 2008.

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://www.ict.edu.ru/vconf/files/8544.pdf>

<http://www.affp.mics.msu.su/prak/>

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для подготовки к выполнению лабораторных работ, их защите, а также для выполнения домашних заданий нужно использовать методические рекомендации и задания для самостоятельной работы по физике по соответствующим разделам, которые приведены в методических пособиях.

Баллы курса распределяются следующим образом. 90 баллов студент может получить за выполнение и защиту лабораторных работ. 10 баллов отводится на итоговый тест, проводимый на предпоследнем занятии семестра. Студент должен выполнить и защитить шесть лабораторных работ. За корректное выполнение и грамотное оформление результатов каждой лабораторной работы студент может получить до пяти баллов. Оформление включает в себя проведение всех необходимых расчетов, оценки погрешностей, представления экспериментальных данных и результатов расчетов в требуемом виде (табличном или графическом). При защите каждой лабораторной работы студент может получить до десяти баллов. Защита лабораторной работы предполагает детальную проверку преподавателем понимания студентом всех этапов выполнения работы: подготовка и проведение измерений, мотивация выбора условий эксперимента, влияния внешних факторов и естественных ограничений, накладываемых на объекты измерения и измерительную аппаратуру, причины выбора той, или иной методики обработки и представления результатов опыта и пр. Кроме того при защите лабораторной работы студент обязан продемонстрировать знания в области курса, сопряженной с темой лабораторной работы, а так же подтвердить знания, полученные в предыдущих курсах.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Шкала оценок

Соответствие систем оценок (согласно Приказу Ректора № 996 от 27.12.2006 г.)

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки
86-100	5	95-100	5+	A
		86-94	5	B
69-85	4	69-85	4	C
51-68	3	61-68	3+	D
		51-60	3	E
0-50	2	31-50	2+	FX
		0-30	2	F
51-60	Зачет		Зачет	Passed

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Физический практикум по физике атомного ядра и элементарных частиц

Направление/Специальность: **03.03.02 Физика**

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства			Баллы темы	Баллы раздела
			Текущий контроль		Промежут. аттестация		
			Выполнение и оформление лаб. работ	Защиты лаб. работ	Экзамен/Зачет		
ОПК-3, ОПК-9, ПК-2	Раздел 1:	Опыт Франка и Герца	5	10		15	30
		Спектр атома водорода	5	10		15	
ОПК-3, ОПК-9, ПК-2	Раздел 2:	Определение постоянной Планка	5	10		15	30
		Омегатронный масс-спектрометр	5	10		15	
ОПК-3, ОПК-9, ПК-2	Раздел 3:	Изучение характеристического рентгеновского излучения	5	10		15	40
		Изучение комбинационного рассеяния света	5	10	Тест (10 б.)	25	
ИТОГО						100	100

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине; тестовые задания по темам (для текущего контроля)

Вопросы для тестирования

1. Каково отношение классических радиусов электрона (масса m_e) и протона (масса m_p)?
 m_e/m_p
 m_p/m_e
 $\sqrt{m_e/m_p}$
 $\sqrt{m_p/m_e}$
2. Как изменится спектроскопическое волновое число, если длина волны увеличилась в два раза?
Увеличится в два раза
Уменьшится в два раза
Уменьшится в 2π раз.
Увеличится в 2π раз.
3. Чему равен спектральный терм для атома водорода при $n = 3$.
 $T_3 = 3R$
 $T_3 = R/3$
 $T_3 = 9R$
 $T_3 = R/9$ #
4. К какой спектральной серии атома водорода относятся линии: $\bar{\nu}_{4n} = T_4 - T_n$?
Серия Лаймана
Серия Бальмера
Серия Пашена
Серия Брэкетта
Серия Пфунда
5. Протоны, альфа-частицы и ядра лития, ускоренные одной и той же разностью потенциалов, проходят через тонкую фольгу. Какие из этих частиц рассеиваются всего сильнее?
Протоны
Альфа-частицы
Одинаково #
Ядра лития
6. Чему равно отношение моментов импульса электрона на 2-ой и 4-ой Боровских орбитах?
2,
1/2,
4,
1/4.
7. Электрон находится на первой боровской орбите a_1 . Чему равен его импульс p_1 на этой орбите?
 $p_1 = \hbar a_1$,
 $p_1 = \hbar / a_1$,
 $p_1 = \eta / a_1$, #
 $p_1 = \eta a_1$.
8. Каково отношение комптоновских длин волн для электрона и протона.
 m_e/m_p
 m_p/m_e

$$\sqrt{m_e / m_p}$$

$$\sqrt{m_p / m_e}$$

9. Как изменится величина импульса фотона, если длина волны увеличилась в три раза?
 Увеличится в три раза
 Уменьшится в три раза
 Уменьшится в 3π раз.
 Увеличится в 3π раз.
10. Как изменится длина волны де Бройля для электрона, если его импульс уменьшился в три раза?
 Увеличится в три раза
 Уменьшится в три раза
 Уменьшится в 3π раз.
 Увеличится в 3π раз.
11. Погрешность измерения координаты Δx частицы уменьшилась в два раза. Как изменилась погрешность в измерении импульса Δp_x ?
 Не изменилась,
 Уменьшилась в два раза,
 Увеличилась в два раза,
 Увеличилась в 2π раз.
12. Волновая функция $\psi(x) = a \equiv const$ на интервале $0, l$, и равна нулю вне этого отрезка. Чему равна постоянная нормировки?
 l ,
 $1/l$,
 \sqrt{l} ,
 $1/\sqrt{l}$. #
13. Частица с энергией E и массой m падает на одномерный потенциальный барьер высотой $U_0 > E$. На какую глубину K проникает частица в «запрещенную» область?
 $k = \eta\sqrt{m(U_0 - E)}$
 $k = \sqrt{2m(U_0 - E)} / \eta$
 $k = \eta\sqrt{2m(U_0 - E)}$
 $k = \eta / 2\sqrt{2m(U_0 - E)}$ #
14. Как изменятся значения энергии частицы в потенциальной яме, если ширина ямы увеличится в два раза?
 Увеличатся в 2 раза,
 Уменьшатся в 2 раза,
 Уменьшатся в 4 раза,
 Увеличатся в 4 раза.
15. Чему равна длина вектора момента импульса $|\vec{L}|$ при значении орбитального квантового числа $l = 2$?
 2η ,
 $\eta\sqrt{2}$,
 $\eta\sqrt{6}$, #
 $\eta\sqrt{3}$.
16. Величина вектора момента импульса ротатора увеличилась в два раза. Как изменилась энергия ротатора?

Увеличилась в 2 раза,
Уменьшилась в 2 раза,
Уменьшилась в 4 раза,
Увеличилась в 4 раза.

17. Во сколько раз энергия квантового гармонического осциллятора в первом состоянии выше энергии основного состояния?

В 2 раза
В 3 раза
В 2,5 раза
В 3,5 раза

18. Чему равна величина вектора спина электрона

$\eta\sqrt{1/2}$
 $\eta\sqrt{3/2}$
 $\eta/2$
 $\eta\sqrt{3/4}$ #

19. Сколько проекций имеет магнитный момент атома при орбитальном движении с квантовым числом $l = 3$?

4
5
6
7

20. Как изменяются значения энергии атома водорода при увеличении главного квантового числа в три раза?

Увеличиваются в три раза
Уменьшаются в три раза
Уменьшаются в 9 раз.
Увеличиваются в 9 раз.

21. Сколько значений принимает орбитальное квантовое число λ при данном числе n ?

n
 $2n$
 n^2
 $n+1$

22. Сколько волновых функций описывают состояния атома водорода при данном значении числа n ?

n
 $2n$
 n^2
 $n+1$

23. Какие значения принимает внутреннее квантовое число j в p – состоянии атома водорода?

5/2 и 3/2
3/2 и 1/2
+1/2 и -1/2
1 и 0.

24. Какова вероятность спонтанного перехода в единицу времени из состояния атома со временем жизни 10^{-9} с?

10^6с^{-1}

10^8c^{-1}
 10^9c^{-1}
 10^{12}c^{-1}

25. Какова мультиплетность термина при значении $S = 3/2$?

2,
3,
4,
5.

26. Складываются моменты с числами 2 и 3. Сколько значений имеет квантовое число полного момента?

2
3
4
5

27. Сколько электронов находится в слое $n=2$?

6,
8,
10,
12.

28. Каково основное состояние атома водорода?

1^1S_1
 1^1S_0
 $1^2S_{1/2} \#$
 1^2S_1

29. Какие из состояний $^2S_1, ^3S_0, ^3S_{1/2}, ^2D_{1/2}, ^2S_{1/2}, ^4P_0$ возможны?

2S_1,
 $^3S_{1/2},$
 $^2S_{1/2} \#$
 $^2D_{1/2},$

30. На сколько подуровней расщепляется в сложном эффекте Зеемана уровень энергии $^2P_{3/2}$?

2,
3,
4,
6.

31. Как изменится длина волны коротковолновой границы тормозного рентгеновского излучения при увеличении ускоряющего напряжения в два раза?

Увеличится в два раза,
Уменьшится в два раза,
Изменится в $\sqrt{2}$ раз,
Изменится в $1/\sqrt{2}$ раз.

32. Во сколько раз коэффициент поглощения рентгеновского излучения веществом с номером 82 (свинец) больше, чем коэффициент поглощения веществом с $Z=41$ (ниобий)?

- В 4 раза
- В 8 раз
- В 12 раз
- В 16 раз

Контрольные вопросы

1. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома
2. Спектральные закономерности. Квантовая теория Бора. Главное квантовое число. Принцип соответствия.
3. Диаграмма уровней энергии атома водорода. Спектральные серии.
4. Значение опытов Франка и Герца.
5. Корпускулярно-волновой дуализм. Гипотеза де Бройля
6. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля
7. Статистическая интерпретация волн де Бройля. Волновой пакет.
8. Соотношения неопределенностей. Принцип дополнительности
9. Нестационарное и стационарное уравнение Шредингера. Оператор Гамильтона и Оператор вектора импульса в координатном представлении. Смысл волновой функции
10. Операторы физических величин. Собственные значения операторов. Собственные волновые функции. Условие ортонормировки. Средние значения.
11. Одновременно измеряемые физические величины. Коммутатор операторов.
12. Потенциальные ямы и барьеры. Потенциальный ящик
13. Квантовый гармонический осциллятор. Энергия нулевых колебаний.
14. Вектор момента импульса. Квантовый ротатор. Энергетический спектр. Орбитальное и магнитное орбитальное квантовые числа.
15. Магнитные свойства атомов. Магнетон Бора. Гиромагнитное отношение.
16. Спин электрона. Опыт Штерна и Герлаха. Вектор спина.
17. Принцип тождественности одинаковых микрочастиц. Принцип Паули.
18. Спонтанные и вынужденные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Время жизни атома в возбужденном состоянии.
19. Правила отбора. Четность состояний.
20. Ширина уровней энергии. Ширина и форма спектральных линий.
21. Общие принципы индуцированного усиления электромагнитного излучения. Мазеры и лазеры.
22. Атом водорода по Шредингеру. Вырождение состояний. Диаграмма уровней энергии.
23. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура термов. Обозначение термов.
24. Лэмбовский сдвиг.
25. Сложение моментов импульса. Типы связей электронных моментов в атоме.
26. Правило сложения моментов. Вектор полного момента импульса. Мультиплетность термов. Обозначение термов.
27. Электронные оболочки и слои атомов. Периодическая система элементов.
28. Уровни энергии и спектры атомов щелочных металлов.
29. Спектры атома гелия и атома ртути. Метастабильные состояния.
30. Нижние уровни энергии сложных атомов. Правило Хунда. Правило Ланде.
31. Рентгеновское тормозное и характеристическое излучения. Рентгеновские спектры. Тонкая структура.
32. Рассеяние и поглощение рентгеновского излучения. Комптон-эффект. Оже-эффект.
33. Простой и сложный эффект Зеемана. Эффект Пашена-Бака.
34. Электронный парамагнитный резонанс.
35. Эффект Штарка.

36. Неупругие удары второго рода. Сенсibilизированная флуоресценция.
37. Ридберговские состояния атомов.
38. Адиабатическое приближение. Полосатые спектры молекул.
39. Энергия и частоты при электронных, колебательных и вращательных переходах в молекуле.
40. Вращательные и колебательные спектры молекул.
41. Атомные и молекулярные орбитали.
42. Типы химической связи молекул: ионная и ковалентная связи, силы Ван-дер-Ваальса.
43. Комбинационное рассеяние света.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Руководитель направления 03.03.02

Директор института физических исследований и технологий, д.ф.-м.н., профессор



О.Т. Лоза