

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Физический факультет
Кафедра физики элементарных частиц**



Рабочая программа дисциплины
АТОМНОЕ ЯДРО

**Направление подготовки: 03.03.02 Физика
направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)					Промежуточная аттестация (в часах)			
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Ответственный за образовательную программу
д.ф.-м.н.

С.В. Цыбуля

Новосибирск, 2022

Оглавление

1.	3	
2.	4	
3.	4	
4.	5	
5.	Перечень учебной литературы.	9
6.	9	
7.	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	9
8.	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	10
9.	Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	10
10.	Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	10

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Программа курса «Атомное ядро» составлена в соответствии с требованиями СУОС к уровню бакалавриата по направлению подготовки 03.03.02 физика, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на физическом факультете

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой физики элементарных частиц. Дисциплина изучается студентами четвертого курса физического факультета.

Цель курса – познакомить студентов-физиков, специализирующихся по профилю «физика ядра и элементарных частиц», с основными явлениями, идеями и методами физики атомного ядра.

Мы также ставим перед собой цель сформировать базовые профессиональные, а также общекультурные навыки исследователя в области физики высоких энергий. Одно-семестровый курс «Атомное ядро» состоит из лекционных занятий, сопровождаемых регулярными индивидуальными консультациями, а также самостоятельных занятий. В конце курса предусмотрен экзамен с оценкой.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-1 Способность использовать специализированные знания в области физики при построении теоретических моделей физических явлений и процессов в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования</p>	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.</p> <p>ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области.</p>	<p>Знать теоретические методы, применяемые в теории ядра, основные концепции, лежащие в основе построения теории ядра, современную литературу по тематике курса «Атомное ядро»; знать базовые разделы квантовой теории поля: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы построения ядерных моделей; Уметь самостоятельно решать простейшие задачи и проводить оценки для процессов ширин и сечений в ядерной физике; уметь применять знания квантовой механики и квантовой статистики для анализа и обработки результатов физических экспериментов; Владеть навыками постановки и решения задач научных исследований в области ядерной физики; владеть знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области теории ядра.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Курс относится к циклу специальных дисциплин и предназначен для студентов, специализирующихся в области физики элементарных частиц и физики атомного ядра. Курс ориентирован как на физиков экспериментаторов, так и на теоретиков. В результате прохождения курса у студентов, специализирующихся в экспериментальной физике элементарных частиц должно сложиться представление о размерах, форме, энергии связи ядер, границах устойчивости ядер, и о том, к каким эффектам приводит взаимодействие частиц (гамма-квантов, нуклонов, электронов и мюонов, мезонов) с ядрами. Эта информация необходима в дальнейшем при работе с детекторами частиц. В этом же курсе происходит первое знакомство с эффектами слабого взаимодействия в ядрах. Студенты, специализирующиеся в теоретической физике, кроме вышеперечисленного, должны получить представление о методах квантовой теории многих тел используемых для описания атомных ядер и о теории мультипольного излучения. Для успешного освоения курса необходимы следующие «входные» знания. В области математических дисциплин: математический анализ, функциональный анализ, методы математической физики. В области физических дисциплин: нерелятивистская квантовая механика, квантовая статистика ферми-систем, электродинамика. Этим курсом завершается в бакалавриате изучение строения атома и атомного ядра.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающего с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	72	16	16		18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: контроль посещаемости.

Промежуточная аттестация: экзамен

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет **72** академических часов/2 зачетные единицы:

- занятия лекционного типа 16 часов;
- занятия семинарского типа – 16 часов;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов.
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультации и экзамен) – 22 часа;

Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, консультации, экзамен) составляет 36 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Курс «Атомное ядро» является семестровым курсом, читаемым в 7-ом (осеннем) семестре для студентов 4-го курса физического факультета НГУ. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

Курс начинается с обсуждения свойств сильных взаимодействий, ограничений, налагаемых наличием фундаментальных симметрий. В этом же разделе обсуждается нуклон-нуклонное рассеяние при низких энергиях и структура простейшего ядра дейтрона. В следующем разделе обсуждаются глобальные свойства ядер, такие как их размеры, форма, энергия связи. Здесь же рассматривается рассеяние электронов, как метод исследования распределения заряда и магнитного момента внутри ядра. Естественным развитием этого раздела является обсуждение модели жидкой капли, где рассматриваются колебания поверхности для изоскалярных мод и колебания изовекторной плотности для изовекторных мод. Здесь же рассматриваются границы стабильности ядер относительно деления.

В следующем разделе рассматриваются модели независимых частиц. Даются теоретическое и экспериментальное обоснования оболочечной модели. Рассматривается простейшая модель ферми-газа, затем более реалистические модели с потенциалами осциллятора и Вудса-Саксона для сферических ядер. Далее делается переход к деформированным ядрам. Обсуждается симметрия деформированного остова, различия в спектрах низколежащих состояний в сферических и деформированных ядрах. Для описания одночастичных состояний вводится потенциал Нильссона.

В следующем разделе рассматриваются парные корреляции и их влияние на спектры возбуждений в ядрах. Первоначальное обсуждение идет на примере одного j -уровня, а затем обобщается до модели типа БКШ для системы конечных размеров.

Заключительный раздел курса посвящен электромагнитным и слабым процессам в ядрах. Обсуждаются вероятности электрического и магнитного мультипольного излучения, а также процесс внутренней конверсии. Для одночастичных переходов даются оценки приведенной вероятности переходов (единицы Вайскопфа). Обсуждаются эффекты подавления электромагнитного излучения (ядерная изомерия) и эффекты усиления (коллективные эффекты). Здесь же рассматривается и обратная реакция фотопоглощения.

Для слабых процессов дается классификация переходов по степени запрета и оценка вероятности переходов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Н е д е л я	В с е г о	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		Промеж уточная аттестац ия (в часах)
				Аудиторные часы		

		с е м е с т р а		Лекции (кол-во часов)	Практиче ские занятия (кол-во часов)	Сам. работа в течени е семест ра (не включ ая период сессии)	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Введение. Элементы теории рассеяния.	1	2	1		1	
2	Рассеяние при малых энергиях. Рассеяние при спин-орбитальном взаимодействии.	2	3	1	1	1	
3	Протон-протонное рассеяние. Кулон-ядерная интерференция.	3	3	1	1	1	
4	Свойства ядерных сил. Симметрии ядерного взаимодействия. Потенциал ядерного взаимодействия.	4	3	1	1	1	
5	Дейтрон. Волновая функция дейтрона. Магнитный момент дейтрона. Электрический квадрупольный момент дейтрона.	5	3	1	1	1	
6	Глобальные свойства ядер. Упругое рассеяние электронов на ядрах. Свойства формфакторов.	6	3	1	1	1	
7	Размеры ядер, плотность ядерного вещества. Дифракционное рассеяние быстрых частиц на ядрах.	7	3	1	1	1	
8	Модель жидкой капли. Энергии связи ядер. Энергии отделения протонов и нейтронов. Границы устойчивости к вытеканию нуклонов.	8	3	1	1	1	
9	Колебания поверхности. Кинетическая и потенциальная энергии колебаний. Предел стабильности по отношению к делению.	9	3	1	1	1	
10	Изовекторные моды колебаний. Гигантский резонанс.	10	3	1	1	1	

11	Модели независимых частиц. Ферми-газ. Обоснование модели оболочек. Магические числа.	11	3	1	1	1	
12	Потенциал гармонического осциллятора. Потенциал прямоугольной ямы.	12	3	1	1	1	
13	Роль спин-орбитального взаимодействия. Реалистическая схема уровней сферических ядер. Магнитные моменты нечетных ядер.	13	3	1	1	1	
14	Деформированная модель оболочек. Происхождение ядерной деформации. Квадрупольные переменные формы. Анизотропный осциллятор. Модель Нильссона.	14	4	1	1	2	
15	Парные корреляции. Вырожденная модель. Теория Бардина-Купера-Шриффера.	15	3	1	1	1	
16	Вероятности излучения гамма-квантов. Дипольные, магнитно-дипольные, квадрупольные переходы, внутренняя конверсия. Ядерные изомеры.	16	3	1	1	1	
17	Слабые процессы в ядрах. Гамильтониан слабого взаимодействия. Фермиевские и Гамов-Теллеровские переходы. Время жизни нейтрона.	17	2		1	1	
18	Групповая консультация перед экзаменом		2				2
19	Самостоятельная подготовка обучающегося к экзамену		18				18
20	Экзамен		2				2
	Всего		72	16	16	18	22

Программа лекций:

I. Симметрии сильных взаимодействий (5 часов).

1. Отражение координат, отражение времени, преобразование спиноров при отражении времени, теорема Крамерса. Изотопическая инвариантность. Правила отбора по изоспину и по угловому моменту, теорема Вигнера-Эккарта.
2. Общие свойства нуклон-нуклонного рассеяния при низких энергиях. Длина рассеяния, эффективный радиус. Определение фаз рассеяния по кулон-ядерной интерференции. Феноменологические потенциалы сильного взаимодействия. Уравнение Шредингера для радиальных волновых функций дейтрона, свойства радиальных функций, магнитный и квадрупольный моменты дейтрона, вес d -волны.

II. Размеры и форма ядер (5 часов).

1. Плотность ядерного вещества. Рассеяние электронов высокой энергии на ядрах.

Формфакторы легких ядер, фазовый анализ для уравнения Дирака.

2. Полуэмпирическая формула масс. Нейтронная и протонная границы устойчивости ядер. Модель жидкой капли. Кинетическая и потенциальная энергии колебаний поверхности, энергии изовекторных мод. Граница устойчивости ядер по отношению к делению.

III. Оболочечная модель (3 часа).

1. Модель ферми-газа, вклад в энергию симметрии. Экспериментальные и теоретические обоснования существования ядерных оболочек. Осцилляторная модель. Спин-орбитальное взаимодействие и магические числа. Потенциал Вудса-Саксона, последовательность уровней в ядерных оболочках.
2. Взаимодействие одночастичного движения с колебаниями поверхности, происхождение деформации. Деформированные ядра, группа симметрий квадрупольно деформированного остова. колебания, вращение ядра. Одночастичное движение в деформированном ядре, потенциал Нильссона, асимптотические квантовые числа.
3. Схема сеньорити. Точное решение для парных корреляций в случае одного j -уровня. Обобщение на систему уровней, волновая функция БКШ, преобразование Боголюбова. Влияние парных корреляций на матричные элементы одночастичных операторов.

IV. Электромагнитное излучение ядер (3 часа).

1. Мультипольное разложение ядерного электромагнитного тока, электрические и магнитные мультиполи, правила отбора для электрических и магнитных переходов. Оценка вероятности излучения для одночастичных переходов, единицы Вайскопфа. Факторы усиления и подавления ядерных переходов, ядерная изомерия. Процесс внутренней конверсии, оценка вероятности. Сечение фотопоглощения в ядрах, гигантские резонансы.
2. Слабое взаимодействие при низких энергиях. Структура нуклонных слабых токов, гипотеза универсальности. Нерелятивистский предел, мультипольное разложение, классификация переходов по степени запрета. □ Переходы Ферми и Гамова-Теллера. График Кюри, влияние массы нейтрино, величина $ft_{1/2}$. К-захват, оценка вероятности.

Программа практических занятий.

I. Рассеяние нуклонов при низких энергиях (3 часа).

Определение синглетного и триплетного длин рассеяния нейтронов на протонах из рассеяния тепловых нейтронов на молекулах водорода.

II. Волновая функция дейтрона (3 часа).

Вычисление магнитного момента дейтрона с учётом тензорного взаимодействия.

Вычисление квадрупольного момента дейтрона.

III. Модель жидкой капли (3 часа).

Нахождение равновесного отношения Z/N для стабильных ядер из формулы

Вайцекера.

IV. Оболочечная модель (2 часа).

Вычисление магнитных моментов нечётных ядер.

V. Электромагнитные переходы (3 часа).

Оценка вероятности внутренней конверсии для атомных s -электронов.

VI. Слабые распады ядер (2 часа).

Оценка времени жизни ядер для переходов Ферми.

Примеры задач для самостоятельного решения

1. Определить длину n - p рассеяния из когерентного рассеяния нейтронов на молекуле водорода.

2. Найти степень вырождения уровня с данным N для трёхмерного, сферически симметричного осциллятора.
3. Найти магнитный момент ядра с нечётным нейтроном, находящимся на уровне с данными j и l .
4. Найти квадрупольный момент ядра, создаваемый нечётным протоном, находящимся на уровне с данным j .
5. Чему равно $\langle s \rangle$ для нуклона, находящегося на уровне с данным j .

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Разбор материала лекций	18
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Дмитриев, Владимир Федорович. Атомное ядро : учебное пособие / В.Ф. Дмитриев, В.Г. Зелевинский ; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2006. 146 с. : ил. ; 20 см. ISBN 5-94356-441-1. (7 экз.)

2. Зелевинский, Владимир Григорьевич. Квантовая физика : [учебное пособие для студентов физических и физико-технических факультетов вузов : в 3 т. : пер. с англ.] / В.Г. Зелевинский ; [ред. пер. В.Ф. Дмитриев] ; М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. Новосибирск : Редакционно-издательский центр НГУ, 2014-2015. ; 24 см. Т.3: Реакции, релятивизм. Квантовая теория многих тел. Квантовый хаос. 2015. 547 с. : ил. URL: <http://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-249/page001.pdf>. ISBN 978-5-4437-0386-2.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

1. Бор О., Моттelson Б., Структура атомного ядра, т.1. М.: МИР, 1971, 456с.
2. Бор О., Моттelson Б., Структура атомного ядра, т.2. М.: МИР, 1977, 664с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.
- В.Ф. Дмитриев, Атомное ядро: видеолекции.

<http://www.inp.nsk.su/students/theor/index.ru.html>

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Веб-страница кафедры теоретической физики <http://www.inp.nsk.su/students/theor/index.ru.html>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем контроля посещаемости.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится на экзаменационной сессии по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при воспроизведении учебного материала с требуемой степенью научной точности и полноты.	Знать теоретические методы, применяемые в теории ядра, основные концепции, лежащие в основе построения теории ядра, современную литературу по тематике курса «Атомное ядро»; знать базовые разделы квантовой теории поля: основные понятия, модели, законы и теории; теоретические и методологические основы построения ядерных моделей; Уметь самостоятельно решать простейшие задачи и проводить оценки для процессов ширин и сечений в ядерной физике; уметь применять знания квантовой механики и квантовой статистики для анализа и обработки результатов физических экспериментов;	Контроль посещаемости, экзамен.
ПК 1.2 Использует специализированные знания при проведении научных изысканий в избранной области	Владеть навыками постановки и решения задач научных исследований в области ядерной физики; владеть знаниями на уровне, позволяющем проводить эффективный анализ научной и технической информации в области теории ядра.	Контроль посещаемости, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Атомное ядро».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6

Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

1. Вопросы для подготовки к экзамену по курсу «Атомное ядро»

1. Рассеяние нуклонов при низких энергиях. Длина рассеяния, эффективный радиус.
2. Исходя из радиуса сильного взаимодействия и энергии связи дейтрона оценить величину сильного взаимодействия (глубину ямы).
3. Структура потенциала сильного взаимодействия.
4. Определение длин n -р рассеяния из когерентного рассеяния нейтронов на молекулах водорода.
5. Полуэмпирическая формула масс.
6. Определение фаз ядерного рассеяния из кулон-ядерной интерференции.
7. Колебания поверхности ядра в модели жидкой капли. Предел устойчивости по отношению к делению.
8. Найти магнитный момент ядра с нечетным протоном, находящимся на уровне с определенными j и l .
9. Оболочечная модель для сферических ядер. Порядок уровней, магические числа.
10. Найти квадрупольный момент ядра, создаваемый нечетным протоном, находящимся на уровне с данным j .
11. Деформированная модель оболочек. Потенциал Нильссона.
12. Найти среднее значение спина для нуклона, находящегося на уровне с данным j .
13. Рассеяние электронов на ядрах. Формфакторы, их свойства.

14. Оценить примесь d-волны в дейтроне из величины магнитного момента.
15. Парные корреляции в ядрах. Вырожденная модель 1-го j-уровня.
16. Модель БКШ для парных корреляций. Преобразование Боголюбова.
17. Найти степень вырождения уровня с главным квантовым числом N для трехмерного сферически симметричного осциллятора.
18. Оценить вероятность электрического мультипольного излучения для одночастичного перехода.
19. Оценить вероятность магнитного мультипольного излучения для одночастичного перехода.
20. Найти спектр электронов в бета-распаде нейтрона.

1. Билеты для экзамена

Билет №1

1. Рассеяние при низких энергиях. Длина рассеяния, её свойства.
2. Исходя из радиуса сильного взаимодействия и энергии связи дейтрона оценить величину сильного взаимодействия (глубину ямы).

Билет №2

1. Структура и симметрии потенциала сильного взаимодействия.
2. Оценить вероятность распада возбуждённого состояния ядра с вылетом атомного электрона (внутренняя конверсия).

Билет №3

1. Структура и свойства дейтрона. Оценка примеси d-волны из магнитного момента.
2. Определение фаз ядерного рассеяния из Кулон-ядерной интерференции.

Билет №4

1. Рассеяние электронов на ядрах. Формфакторы, их свойства.
2. Найти магнитный момент ядра с нечётным нейтроном, находящимся на уровне с данными j и l.

Билет №5

1. Полуэмпирическая формула масс $B(A, Z)$.
2. Определение длин n-p рассеяния из когерентного рассеяния нейтронов на молекуле водорода.

Билет №6

1. Долина стабильности ядер. Границы устойчивости по отношению к вытеканию протонов и нейтронов.
2. Найти магнитный момент ядра с нечётным протоном, находящимся на уровне с данными j и l.

Билет №7

1. Колебания поверхности ядра в модели жидкой капли. Предел устойчивости по отношению к делению.
2. Найти квадрупольный момент ядра, создаваемый нечётным протоном, находящимся на уровне с данным j.

Билет №8

1. Модель оболочек для сферических ядер. Порядок уровней, магические числа, роль спин-орбитального взаимодействия.
2. Чему равно $\langle s \rangle$ для нуклона, находящегося на уровне с данным j .

Билет №9

1. Происхождение ядерной деформации. Характерная величина деформации.
2. Найти степень вырождения уровня с данным N для трёхмерного, сферически симметричного осциллятора.

Билет №10

1. Деформированная модель оболочек. Потенциал Нильссона.
2. Исходя из радиуса сильного взаимодействия и энергии связи дейтрона оценить величину сильного взаимодействия (глубину ямы).

Билет №11

6. Парные корреляции в ядрах. Вырожденная модель парных корреляций (1 j -уровень).
7. Определение длин n -р рассеяния из когерентного рассеяния нейтронов на молекуле водорода.

Билет №12

1. Гамма-излучение ядер. Мультипольные моменты. Приведённая вероятность перехода. Оценка вероятности одночастичных переходов.
2. Найти магнитный момент ядра с нечётным нейтроном, находящимся на уровне с данными j и l .

Билет №13

1. Виды бета-процессов в ядрах. Гамильтониан слабого взаимодействия. Переходы Ферми и Гамова-Теллера.
2. Найти квадрупольный момент ядра, создаваемый нечётным протоном, находящимся на уровне с данным j .

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Атомное ядро»
по направлению подготовки 03.03.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

<i>№</i>	<i>Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)</i>	<i>Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ</i>	<i>Подпись ответственного</i>