

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Кемеровский государственный университет

Институт фундаментальных наук



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФН
А. М. Гудов
01 СЕН 2016 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика атомного ядра и элементарных частиц

Направление подготовки
03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки
«Физическое материаловедение»

Уровень бакалавриата

Форма обучения
очная

Кемерово 2016

Рабочая программа дисциплины утверждена Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 7 от 20 февраля 2012 г.)

Утверждена с обновлениями Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 7 от 25 февраля 2013 г.)

Утверждена с обновлениями Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 9 от 17 февраля 2014 г.)

Утверждена с обновлениями Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 11 от 20 февраля 2015 г.)

Утверждена с обновлениями Ученым советом Физического факультета
(протокол Ученого совета факультета № 7 от 15 февраля 2016 г.)

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры
экспериментальной физики
Зав. кафедрой С. Д. Шандаков

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по направлению <i>Физика</i>	4
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата	5
3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	5
3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)	6
4. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	6
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий	6
(в академических часах)	6
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)	7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	10
6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине	10
Перечень оценочных средств	11
6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы	11
6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	19
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	20
а) основная учебная литература:	20
б) дополнительная учебная литература:	20
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины	21
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	21
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	22
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине	22
12. Иные сведения и (или) материалы	22
12.1. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья	22

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы по направлению *Физика*

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Код компетенции</i>	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-3	Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	<p>Знать:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. связь явлений в микромире, исходя из характеристик типичных масштабов; 2. основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах атомных ядер; 3. связь законов сохранения со свойствами симметрии; 4. основные экспериментальные данные и теоретические основы оболочечной модели ядер; 5. отличие между собственным и экспериментальным значениями квадрупольного момента ядра; 6. основные экспериментальные данные и теоретические представления о свойствах частиц; 7. характеристики переносчиков взаимодействий между фундаментальными частицами; 8. структуру и систематику частиц (супермультиплеты); 9. модели образования Вселенной (инфляция, Большой взрыв), ядерные реакции в звездах; 10. понятия об экранировке и антиэкранировке заряда (конфаймент); 11. теоретические основы, основные понятия и законы физики атомного ядра и элементарных частиц. 12. основные механизмы ядерных реакций; 13. основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; 14. законы радиоактивного распада, особенности процессов поглощения и излучения γ - квантов и правила отбора, эффект Мессбауэра; 15. закономерности взаимодействие ядерных частиц с веществом и биологическими системами; 16. механизмы взаимодействия излучения с веществом; 17. единицы доз и активности; 18. методы получения радиоактивных изотопов для медицины и техники; 19. основы производства ядерной энергии и медицинской диагностики. <p>Уметь:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. определять размеры, энергии связи и массы ядер, спин и изоспин ядра и моменты нуклонов, энергии и пороги реакций; 2. использовать релятивистский инвариант при расчете кинематических характеристик реакций; 3. использовать диаграммы Фейнмана для расчета

<i>Код компетенции</i>	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>вероятностей процессов взаимодействия частиц;</p> <p>4. обосновать необходимость введения квантового числа «цвет»;</p> <p>5. пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами, моделями физики атомного ядра и элементарных частиц.</p> <p>6. рассчитывать магнитные и квадрупольные моменты ядер;</p> <p>7. применять законы сохранения в распадах и взаимодействиях;</p> <p>8. оценивать время жизни переносчиков взаимодействий;</p> <p>9. строить диаграммы Фейнмана для распада частиц;</p> <p>10. оценивать радиус фундаментальных взаимодействий.</p> <p>Владеть:</p> <p>1. методами расчета процессов рассеяния (формулы Резерфорда и Мота);</p> <p>2. методами расчета энергии связи, масс ядер (формула Вайцзеккера);</p> <p>3. методами расчета магнитных моментов ядер;</p> <p>4. методами расчета основных характеристик распада ядер;</p> <p>5. методами расчета датировки событий;</p> <p>6. методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.</p> <p>7. методами оценки радиационной обстановки;</p> <p>8. методами защиты от излучения;</p> <p>9. методами расчета порога и энергии реакции;</p> <p>10. рассчитывать минимальную энергию частиц в коллайдере для протекания реакции;</p> <p>11. методами расчета эффективных сечений реакций.</p>

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Физика атомного ядра и элементарных частиц» реализуется в рамках базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» программы бакалавриата.

Для освоения данной дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках освоения дисциплины «Введение в физику», «Механика», «Молекулярная физика», «Общий физический практикум», «Термодинамика», «Электродинамика», «Оптика», «Атомная физика».

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зачетные единицы (ЗЕ), 144 академических часа.

3.1. Объём дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Вид учебной работы	Всего часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	72
Аудиторная работа (всего):	72
в том числе:	
лекции	36
практические занятия	36
лабораторные работы	–
в т.ч. в активной и интерактивной формах	18
Внеаудиторная работа (всего):	–
В том числе, индивидуальная работа обучающихся с преподавателем:	
Творческая работа (реферат)	–
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	36
Вид промежуточной аттестации обучающегося – экзамен	36

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

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоемкость (часов)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости
			аудиторные учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся	
			лекции	практические занятия		
1.	Свойства атомных ядер. Радиоактивность. Взаимодействие нуклонов и свойства ядерных сил. Модели атомных ядер. Ядерные реакции. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	51	18	16	17	тестирование, контрольная работа №1
2.	Частицы и взаимодействия. Эксперименты в	42	12	16	14	тестирование, контрольная работа №2

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоёмкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоёмкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости
			аудиторные учебные занятия		самостоятель ная работа обучающихся	
		всего	лекции	практические занятия		
	физике высоких энергий. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.					
3.	Современные астрофизические представления образования Вселенной.	15	6	4	5	тестирование

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1.	Раздел 1	Свойства атомных ядер. Радиоактивность. Взаимодействие нуклонов и свойства ядерных сил. Модели атомных ядер. Ядерные реакции. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.
<i>Содержание лекционного курса</i>		
1.1	Тема 1	Введение. Открытие ядра и общие понятия. Сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Дифракционное рассеяние частиц. Формула Мотта. Форм-фактор. Распределение заряда в нуклоне.
1.2	Тема 2	Ядерный парк. NZ -диаграмма ядер. Масса и энергия связи ядра. Энергия отделения нуклона, частицы. Удельная энергия связи. Дефект массы. Модель Ферми-газа для ядра. Модель жидкой капли для ядра. Формула Вайцзеккера.
1.3	Тема 3	Основное и возбужденное состояние ядра. Сохраняющиеся величины и квантовые числа. Спин ядра. Четность. Тождественность частиц. Статические электромагнитные моменты.
1.4	Тема 4	Оценка спинового момента ядер. Модель Шмидта. Модель ядерных оболочек. Спин и четность в модели оболочек ядра. Ограниченность одночастичной модели оболочек. Вращательные уровни ядер. Колебательные уровни ядер. Реальный ядерный спектр.

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1.5	Тема 5	Свойства ядерных сил. Характеристики дейтрона. Зарядовая независимость ядерных сил. Изоспин частиц и ядер. Спин - орбитальные силы. Обменный характер нуклонных взаимодействий. Радиальная форма ядерных сил. Теория Юкавы.
1.6	Тема 6	Общие закономерности распада. α -радиоактивность. β -распад. γ -распад. Эффект Мессбауэра.
1.7	Тема 7	Ядерные реакции. Законы сохранения. Кинематика ядерных реакций. Механизмы ядерных реакций. Сечение образования составного ядра. Формула Брейта-Вигнера. Прямые ядерные реакции.
1.8	Тема 8	Взаимодействие ядерных частиц с веществом. Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество. Прохождение легких заряженных частиц через вещество. Прохождение γ -квантов через вещество. Другие механизмы взаимодействия излучения с веществом: Комptonовское рассеяние, фотоэффект, рождение электрон-позитронных пар, эффект Вавилова-Черенкова.
<i>Темы практических занятий</i>		
1.9	Семинар 1	Фундаментальные взаимодействия. Полная энергия, масса (масса покоя) и импульс свободной частицы. Кинетическая энергия и импульс частицы. Замедление времени. Принцип неопределенности. Основные единицы и константы.
1.10	Семинар 2	Константа конверсии. Радиус ядра и распределение нуклонной плотности. Плотность ядерного вещества. Энергия связи ядер. Удельная энергия связи.
1.11	Семинар 3	Формула Вайцзеккера. Зеркальные ядра. Рассеяние частиц на ядре. Дифракционный характер рассеяния. Изотопы
1.12	Семинар 4	Спин и четность ядра. Статистика. Магнитный дипольный момент. Сверхтонкая структура. Ядро во внешнем поле. Дипольный и квадрупольный электрический момент. Зарядовая независимость ядерных сил. Потенциал нуклонного взаимодействия.
1.13	Семинар 5	Модель ферми-газа. Модель ядерных оболочек. Потенциал трехмерного гармонического осциллятора и Вудса – Саксона. Учет спин орбитального взаимодействия. Спины и четность ядерных состояний. Расчет магнитного момента в рамках оболочечной модели. Учет деформации ядер. Вращательное и колебательное движения ядер. Возбужденные состояния ядер.
1.14	Семинар 6	Законы радиоактивного распада. Факторы, определяющие вероятности распадов. Среднее время жизни. Период полураспада. Последовательные превращения ядер и вековое равновесие.
1.15	Семинар 7	Методы определения возраста в археологии. Закономерности α -, β - распадов. Кулоновский и центробежные барьеры.
1.16	Семинар 8	γ - переходы. Эффект Мессбауэра и его применение.
1.17	Семинар 9	Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергия реакции. Порог реакции. Лабораторная система и система центра инерции. Сечение ядерной реакции. Составное ядро. Прямые

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
		ядерные реакции. Деление и синтез ядер.
1.18	Семинар 10	Удельные ионизационные потери для тяжелых и легких частиц. Эффективный пробег для электронов. Удельные радиационные потери. Взаимодействие γ - квантов. Фотоэффект, Комптон – эффект, образование электрон-позитронных пар, сечения процессов. Излучение Вавилова-Черенкова. Дозиметрия и защита от излучений. Экспозиционная, поглощенная и эквивалентная дозы.
2.	Раздел 2	Частицы и взаимодействия. Эксперименты в физике высоких энергий. Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.
<i>Содержание лекционного курса</i>		
2.1.	Тема 9	Частицы и взаимодействия. Ускорители частиц. Элементарные частицы. Экспериментальное исследование структуры частиц. Типы, радиусы и константы взаимодействий частиц. Диаграммы Фейнмана для взаимодействий. Кванты полей.
2.2.	Тема 10	Систематика частиц. Основные узлы диаграмм фундаментальных взаимодействий. Законы сохранения в мире частиц. Правило Накано-Нашиджимы-Гелл-Манна. Кварки. Кварковая структура легчайших барионов и мезонов. Декуплет барионов.
2.3	Тема 11	Трудности кварковой модели. Цвет. Адроны – наборы цветных кварков. Глюоны. КХД. Экранировка и антиэкранировка заряда. Асимптотическая свобода. Структура протона.
2.4	Тема 12	Отсутствие кварков в свободном состоянии. Доказательства существования кварков. Тяжелые кварки.
2.5	Тема 13	Слабые взаимодействия. Слабые распады. Заряженные и нейтральные слабые Токи. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Спиральность.
2.6	Тема 14	Зарядовое сопряжение. Обращение времени. СРТ – теорема. Этапы развития теорий объединения взаимодействий. Великое объединение. Суперсимметрия.
<i>Темы практических занятий</i>		
2.7	Семинар 11	Частицы и взаимодействия. характеристики частиц. Кварковая структура адронов. Цвет. Законы сохранения. Правило ННГ. Гиперзаряд.
2.8	Семинар 12	Сильные взаимодействия. Законы сохранения. Переносчики взаимодействия и константа взаимодействий. Диаграммы Фейнмана.
2.9	Семинар 13	Слабые взаимодействия. Спиральность. Законы сохранения. Четность. Константа взаимодействий. Переносчики взаимодействий. Диаграммы Фейнмана.
2.10	Семинар 14	Частицы - античастицы. Операции симметрии, зарядовое сопряжение, нарушение CP – инвариантности. СРТ – теорема.
3.	Раздел 3	Современные астрофизические представления образования Вселенной
<i>Содержание лекционного курса</i>		
3.1	Тема 15	Вселенная, свидетельства большого взрыва. Первые мгновения

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
		Вселенной. Дозвездный синтез ядер. Барионная асимметрия, отсутствие антивещества. Звездная эра. Ядерные реакции в звездах.
3.2	Тема 16	Заключительные стадии жизни звезд. Конечные этапы эволюции Вселенной. Космические лучи. Инфляция.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Колесников Л.В., Севостьянов О.Г., Козьяк Л.А. Ядерная физика. Часть 1. КемГУ, 2004 г. 110 стр. (находится в ауд. 1334)
2. Колесников Л.В., Козьяк Л.А. Физика ядра и частиц. Конспекты семинарских занятий. Часть 1. КемГУ, 2007 г. 52 стр. (находится в Научной библиотеке КемГУ)
3. Колесников Л.В., Козьяк Л.А. Физика ядра и частиц. Конспекты семинарских занятий. Часть 2. КемГУ, 2007 г. 56 стр. (находится в ауд. 1334)
4. Колесников Л.В., Козьяк Л.А. Физика ядра и частиц. Конспекты семинарских занятий. Часть 3. КемГУ, 2009 г. 70 стр. (находится в Научной библиотеке КемГУ)
5. Колесников Л.В., Козьяк Л.А. Физика ядра и частиц. Конспекты семинарских занятий. Часть 4. КемГУ, 2009 г. 60 стр. (находится в Научной библиотеке КемГУ)
6. Колесников Л.В. Мультимедийный конспект лекций «Физика ядра и частиц», 660 слайдов. 2009 г. (находится в ауд. 1334)
7. Колесников Л.В., Козьяк Л.А. Практикум по «Физике ядра и частиц». Часть 2. КемГУ, 2011 г. 66 стр. (находится в ауд. 1334)

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
1.	Свойства атомных ядер. Радиоактивность. Взаимодействие нуклонов и свойства ядерных сил. Модели атомных ядер. Ядерные реакции. Взаимодействие ядерного излучения с веществом.	ОПК-3	Контрольная работа №1 Компьютерный тест по теме (100 задач) Экзамен: итоговый тест, собеседование по вопросам.
2.	Частицы и взаимодействия. Эксперименты в физике высоких энергий.	ОПК-3	Контрольная работа №2 Компьютерный тест по теме (100 задач)

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части)	Наименование оценочного средства
	Электромагнитные взаимодействия. Сильные взаимодействия. Слабые взаимодействия. Дискретные симметрии. Объединение взаимодействий.		Экзамен: итоговый тест, собеседование по вопросам.

Перечень оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1.	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач предусмотренные по разделам 1, 2.	Комплект контрольных заданий по вариантам
2.	Компьютерный тест	Система стандартизированных расширенных и подробных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
3.	Экзамен	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины, задачи

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы

6.2.1. Экзамен

а) примерный перечень вопросов

1. Открытие атомного ядра.
2. Общие понятия о ядре.
3. Опыт Резерфорда.
4. Модель атома Томсона и Резерфорда.
5. Эффективное сечение.
6. Общие сведения об элементарных частицах.
7. Формула Резерфорда.
8. Рассеяние α -частиц на ядре ^{208}Pb .
9. Волны де Бройля.
10. Дифракционная картина рассеяния.
11. Рассеяние электронов на ядрах.
12. Опыты Хофштадтера.
13. Современные ускорители.
14. Формула Мотта.

15. Форм-фактор.
16. Распределение заряда в ядре.
17. Распределение заряда в нуклоне и размер нуклона.
18. Экспериментальное исследование структуры частиц.
19. Ядерный парк. N-Z-диаграмма стабильных и долгоживущих ядер.
20. Масса и энергия связи ядра. Энергия отделения нуклона.
21. Теории в физике частиц. Типы взаимодействий частиц.
22. Константы и радиусы взаимодействий.
23. Удельная энергия связи. Источники ядерной энергии.
24. Свойства ядерных сил.
25. Диаграммы Фейнмана для электромагнитных взаимодействий.
26. Модель жидкой капли. Формула Вайцзеккера.
27. Объемная, поверхностная и кулоновская энергии.
28. Систематика частиц.
29. Фундаментальные частицы. Барионы и мезоны.
30. Энергия симметрии. Роль принципа Паули. Зависимость Z от A для стабильных ядер.
31. Эффект спаривания. Четно-четные, нечетные и нечетно-нечетные ядра.
32. Вклад различных видов энергии в полную энергию ядра.
33. Основные узлы фундаментальных взаимодействий.
34. Кварковые диаграммы.
35. Основное и возбужденные состояния ядра.
36. Диаграмма ядерных уровней.
37. Квантовые характеристики ядерных состояний.
38. Инвариантность гамильтониана и квантовые числа.
39. Законы сохранения в мире частиц.
40. Барионное и лептонное квантовые числа. Странность. Частицы-античастицы.
41. Особенности спинов ядер. Четность. Орбитальная и внутренняя четность. Четность системы частиц.
42. Сильные взаимодействия. Адроны. Правило Накано-Нишиджимы-Гелл-Манна.
43. Тожественность частиц. Статистика. Фермионы и бозоны.
44. Классические статические электромагнитные моменты ядер. Квантовомеханические моменты ядер.
45. Кварки и их характеристики
46. Общие закономерности радиоактивного распада. Виды распада.
47. Кварковая структура легчайших барионов и мезонов.
48. α -Радиоактивность. Прохождение α -частиц через барьер. Центробежный барьер.
49. Кварковые атомы, четность.
50. β -распад. Нейтрино. Слабое взаимодействие.
51. Промежуточные бозоны. Переходы Ферми и Гамова-Теллера.
52. Декуплет барионов с $J^P = 3/2^+$. Распады Δ -резонансов.

53. Кварковая диаграмма нуклон-нуклонного взаимодействия.
54. γ - распад. Классификация фотонов. Правила отбора для электромагнитных переходов.
55. Трудности простой кварковой модели. Новое квантовое число «цвет».
56. Основные свойства ядерных (нуклон-нуклонных) сил. Дейтрон.
57. Зависимость ядерных сил от спина. Их нецентральность. Волновая функция нейтрона.
58. Барионы и мезоны как наборы цветных кварков.

б) примеры задач, включенных в экзаменационные билеты

1. С помощью формулы Вайцеккера получить выражение для энергии отделения протона в случае четно-четных ядер.
2. Какое количество распадов происходит за 1 с в 1 г ^{238}U ?
3. Проверить выполнение законов сохранения в реакции $\pi^0 + p \rightarrow \Lambda + K^+$. Рассчитать порог реакции.
4. Рассчитать максимальную энергию и импульс позитрона, образующегося в следующем распаде: $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\mu$.
5. Протон в ядре локализован с точностью до размеров, равных радиусу ядра, $\cong 5 \cdot 10^{-13}$ см. Чему равна неопределенность в скорости и энергии протона?
6. Рассчитать количество энергии, которое выделится при объединении 20 протонов и 20 нейтронов в ядро ^{40}Ca .
7. Рассмотреть возможность протекания за счет сильных взаимодействий следующих реакции: $p + \pi^- \rightarrow K^0 + \bar{\Lambda}$.
8. Определить частицу X, образующуюся в реакции сильного взаимодействия: $\pi^- + p \rightarrow K^- + p + X$.
9. Определить энергию отдачи ядра лития, образующегося при e-захвате в ядре ^7Be .
10. Возможно ли расщепление дейтрона γ - квантом с энергией 2 МэВ?
11. Какие значения может иметь относительный орбитальный момент двух π^0 - мезонов, образующихся в реакции $p \bar{P} \rightarrow 2\pi^0$, если относительный орбитальный момент $p \bar{P}$ равен L?
12. Используя формулу Вайцеккера, вычислить энергии отделения протона для ядер ^{40}Ca .
13. Какая доля первоначального количества ядер радиоактивного препарата со средним временем жизни τ останется по прошествии времени 10τ ?
14. Рассчитать максимальную энергию и импульс позитрона, образующегося в следующем распаде: $\pi^+ \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e$.
15. Определить длины волн λ : 1) протона, 2) электрона и 3) фотона с энергиями 1 МэВ.

в) критерии оценивания компетенций

Код контролируемой компетенции (или её части)	Основные показатели оценки результата	Критерии оценки результата	Оценка

Код контролируемой компетенции (или её части)	Основные показатели оценки результата	Критерии оценки результата	Оценка
ОПК-3	Освоить теоретические основы, основные понятия и законы физики атомного ядра и элементарных частиц; методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; основы дозиметрии, производства ядерной энергии и медицинской диагностики.	Понимание связей и явлений в микромире, исходя из характеристик типичных масштабов; основных экспериментальных данных и теоретических представлений о свойствах атомных ядер и частиц, закономерностей их взаимодействий и распадов.	2-5 баллов

г) описание шкалы оценивания

Оценка	Описание
5	Демонстрирует правильный, полный и логично построенный ответ; умение оперировать специальными терминами. Использует в ответе дополнительный материал. Задачи решены полностью и верно.
4	Демонстрирует правильный, полный и логично построенный ответ; умение оперировать специальными терминами. Использует в ответе дополнительный материал. Но в ответе: имеются не грубые ошибки или неточности; делаются не вполне законченные выводы или обобщения. Задачи решены полностью и верно.
3	Демонстрирует схематичный неполный ответ; неумение оперировать специальными терминами или их незнание; ответ с одной грубой ошибкой. Приведены неполные решения задач, в решении допущены ошибки.
2	Отвечает на все вопросы с грубыми ошибками. Демонстрирует неумение оперировать специальной терминологией. Приведены неверные решения задач, в решении допущены грубые ошибки.
0	Не было попытки сдать экзамен.

6.2.2. Контрольная работа

а) типовые варианты контрольных работ

Контрольная работа №1. Физика ядра

Вариант 1

1. Вычислить кинетическую энергию протона с импульсом 5 МэВ/с.
2. Оценить угол, при котором в рассеянии электронов с энергией 600 МэВ на ядрах олова должен наблюдаться первый дифракционный минимум.
3. Кинетическая энергия α - частиц, испускаемых ^{226}Ra (атомная масса 226,02536 а.е.м.), равна 4,78 МэВ, а энергия отдачи конечного ядра ^{222}Rn — 0,09 МэВ. Чему равна атомная масса ^{222}Rn ?
4. Рассчитать доплеровское уширение спектральной линии с энергией 1 МэВ при комнатной температуре ($T = 300 \text{ K}$).
5. Ядро ^7Li захватывает медленный нейтрон и испускает γ - квант. Чему равна энергия этого γ - кванта?

Вариант 2

1. Определить импульс π -мезона, если его кинетическая энергия 200 МэВ.
2. Какое ядро может образоваться при слиянии двух ядер ${}^6\text{Li}$ и какая энергия выделится при этом?
3. Оценить энергию электронов, если при их рассеянии на ядрах свинца первый дифракционный минимум наблюдается под углом 7° .
4. Рассчитать кинетические энергии α - частицы и конечного ядра, образующихся при α - распаде ${}^{212}\text{Bi}$.
5. Определить типы и мультипольности γ - переходов:
1) $1^- \rightarrow 0^+$, 2) $1^+ \rightarrow 0^+$, 3) $2^- \rightarrow 0^+$, 4) $2^+ \rightarrow 3^-$, 5) $2^+ \rightarrow 3^+$, 6) $2^+ \rightarrow 2^+$.

Вариант 3

1. Какова скорость элементарной частицы, если ее масса в 10 раз превышает массу покоя?
2. Определить энергию связи нейтрона в ядре ${}^{21}\text{Ne}$. Даны дефекты масс в а.е.м.: $\Delta(n) = 0,008665$, $\Delta({}^{20}\text{Ne}) = -0,00759$, $\Delta({}^{21}\text{Ne}) = -0,006151$.
3. Оценить радиус и массовое число ядра, если известно, что при рассеянии электронов с энергией 500 МэВ первый дифракционный минимум наблюдается под углом 18° .
4. Определить верхнюю границу β - спектра при распаде нейтрона.
5. Какие ядра могут образовываться в результате реакций под действием: 1) протонов с энергией 10 МэВ на мишени из ${}^7\text{Li}$; 2) ядер ${}^7\text{Li}$ с энергией 10 МэВ на водородной мишени?

Контрольная работа № 2. Частицы и их взаимодействия

Вариант 1

1. Оценить максимальное расстояние, на котором возможно взаимодействие нуклонов путем обмена виртуальным π - мезоном.
2. Определить квантовые числа частицы X в реакции $K + p \rightarrow \Omega^- + K^+ + X$.
3. Рассчитать максимальную энергию и импульс позитрона, образующегося в следующем распаде: $\tau^+ \rightarrow e^+ + \nu_e + \bar{\nu}_\tau$.
4. Определить частицу X , образующуюся в реакции сильного взаимодействия:
 $p + \bar{p} \rightarrow \Xi^- + \pi^+ + X$
5. Нарисовать диаграммы взаимодействия p-p, n-n, p-n на кварковом уровне.

Вариант 2

1. Определить порог реакции фоторождения π^- - мезона на дейтроне $\gamma + d \rightarrow p + p \pi^-$.
2. Показать, что реакция распада $K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$; — реакция слабого взаимодействия.
3. При аннигиляции p и \bar{p} в состоянии покоя возникают 4 заряженных π - мезона. В каких пределах может меняться кинетическая энергия каждого из них?
4. Определить частицу X , образующуюся в реакции сильного взаимодействия:
 $K^- + p \rightarrow K^+ + K^0 + \pi^0 + X$
5. Показать, что без введения нового квантового числа "цвет", имеющего три

возможных значения, кварковая структура Δ^{++} , Δ^- , Ω^- противоречит принципу Паули.

Вариант 3

1. Рассчитать пороговые значения энергии γ - квантов в реакциях фоторождения π^0 - мезонов на ядре водорода $\gamma + p \rightarrow p + \pi^0$;
2. Показать, что реакции распада $K^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0$ — реакция слабого взаимодействия.
3. π^0 -мезон, кинетическая энергия которого равна энергии покоя, распадается на два γ - кванта. Каков угол между направлениями движения γ - квантов?
4. Определить частицу X, образующуюся в реакции сильного взаимодействия:
 $\bar{P} + n \rightarrow \Lambda + \pi^- + X$;
5. Оценить, какая энергии требуется для переворота спина кварка в нуклоне. Какая частицы при этом получается?

б) критерии оценивания компетенций (результатов)

Код контролируемой компетенции (или её части)	Основные показатели оценки результата	Критерии оценки результата	Оценка
ОПК-3	Необходимо решить не менее трех задач	Знание основных соотношений и методов расчета основных характеристик распада и взаимодействия ядер и частиц; уметь применять законы сохранения в распадах и взаимодействиях; владеть методами оценки радиационной обстановки и защиты от излучения. Владение методами расчета сечения и порога реакций, применения диаграмм Фейнмана, законов сохранения и взаимодействий.	0-10 баллов

в) описание шкалы оценивания

Контрольная работа содержит 5 задач, за каждую задачу баллы суммируются. За одну задачу выставляется:

- 2 балла – в случае, если студент привел правильное, полное и логично построенное решение задачи;
- 1 балл – в случае, если студент привел схематично неполное решение задачи, решение с одной грубой ошибкой;
- 0 баллов – в случае не правильного решения задачи, либо не было попытки решить задачу.

6.2.3. Компьютерные тесты

а) фонд тестовых заданий для промежуточной и итоговой аттестации

Фонд содержит стандартизированные задания, позволяющие автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося в рамках промежуточного контроля по темам 1, 2, а также

итогового контроля для допуска к устному экзамену - собеседованию. Промежуточные тесты № 1, 2 содержат около 100 задач. Тест для итогового рубежного контроля на экзамене содержит 75 заданий. Тесты размещены в компьютерной базе данных КемГУ:

1. Колесников Л.В., Руссаков Д.М. Тесты по курсу «Физика ядра и элементарных частиц» Блок 1. Для промежуточного контроля. КемГУ, 2009 г.
2. Колесников Л.В., Руссаков Д.М. Тесты по курсу «Физика ядра и элементарных частиц» Блок 2. Для промежуточного контроля. КемГУ, 2009 г.
3. Колесников Л.В., Руссаков Д.М. Тесты к экзамену по курсу «Физика ядра и элементарных частиц» Для рубежного контроля. КемГУ, 2009 г.

б) критерии оценивания компетенций для промежуточной контрольной

Код контролируемой компетенции (или её части)	Основные показатели оценки результата	Критерии оценки результата	Оценка
ОПК-3	Понимание теории и методов физических исследований. Использование глоссария дисциплины.	Правильность применения на практике базовых общепрофессиональных знаний теории и методов физических исследований в соответствии с профилем подготовки. Правильность использования глоссария дисциплины.	0-20 баллов

в) описание шкалы оценивания

Тест	выполнено меньше 20 заданий	выполнено 20-40 заданий	выполнено 40-60 заданий	выполнено 60-80 заданий	выполнено больше 80 заданий
Количество баллов	0	5	10	15	20

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Организация занятий предусматривает заслушивание и проработку лекционного курса, дальнейшее самостоятельное изучение литературы по предмету, подготовку к семинарским занятиям и выполнение домашнего задания.

Текущий контроль за освоением дисциплины проводится в форме выполнения индивидуальных контрольных работ, промежуточного тестирования по разделам 1, 2. Таким образом, по завершению тем первого блока (лекции 1-9) проводится тестирование и контрольная работа №1. По завершению тем второго блока (лекции 10-15) проводится тестирование и контрольная работа №2.

Тесты считаются пройденными, если правильно выполнено не менее 60 заданий (15 баллов).

[ting.pdf](#), дата обращения 03.02.2016).

Соотношение между оценками в баллах и их числовыми и буквенными эквивалентами устанавливается согласно таблице:

Сумма баллов	Отметка	Буквенный эквивалент
86–100	5	отлично
66–85	4	хорошо
51–65	3	удовлетворительно
0–50	2	неудовлетворительно

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная учебная литература:

1. Капитонов, Игорь Михайлович. Введение в физику ядра и частиц [Текст] : учеб. пособие / И. М. Капитонов. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : УРСС, 2006. - 327 с.
2. Капитонов, Игорь Михайлович. Введение в физику ядра и частиц [Текст] : учеб. издание / И. М. Капитонов. - 4-е изд., - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 512 с. (URL: <http://e.lanbook.com/view/book/2189/page2/>, дата обращения 24.01.2016)
3. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика. В 3 т. [Текст] : учебник. Т. 1. Физика атомного ядра / К. Н. Мухин. - 6-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2008. - 383 с.
4. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика. В 3 т. [Текст] : учебник. Т. 2. Физика ядерных реакций / К. Н. Мухин. - 6-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2008. - 318 с.
5. Мухин, Константин Никифорович. Экспериментальная ядерная физика. В 3 т. [Текст] : учебник. Т. 3. Физика элементарных частиц / К. Н. Мухин. - 6-е изд., испр. и доп. - СПб. : Лань, 2008. - 412 с.
6. Иродов И. Е. Задачи по общей физике [Текст] : учеб. пособие / И. Е. Иродов. - 12-е изд., стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2007. - 416 с. : рис. - (Классическая учебная литература по физике)
7. Иродов И. Е. Задачи по общей физике [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / И. Е. Иродов. - 9-е изд. (эл.). -М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 431 с. : ил. (URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=221737, дата обращения 24.01.2016)

б) дополнительная учебная литература:

1. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2011. - 369 с. (URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=708, дата обращения 24.01.2016)

2. Кузнецов, С.И. Курс физики с примерами решения задач. Часть III. Оптика. Основы атомной физики и квантовой механики. Физика атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. - СПб. : Лань, 2014. - 336 с. (URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53685, дата обращения 24.01.2016)
3. Колесников Л.В., Козьяк Л.А. Физика ядра и частиц. Конспекты семинарских занятий. Часть 1. КемГУ, 2007 г. 52 стр.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. <http://nuclphys.sinp.msu.ru> (дата обращения 24.01.2016)
2. <http://www.nds.or.at/> (дата обращения 24.01.2016)
3. <http://www.nea.fr/> (дата обращения 24.01.2016)
4. <http://www.nndcbnl.gov/> (дата обращения 24.01.2016)
5. <http://www.ippe.obninsk.ru/> (дата обращения 24.01.2016)
6. <http://depni.npi.msu.su/cdfe/> (дата обращения 24.01.2016)

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины предусматривает заслушивание и проработку лекционного курса, и самостоятельное изучение литературы по предмету, подготовку к семинарским занятиям и тестам, а также выполнение домашнего задания. Перечисленные этапы обеспечены методической литературой: учебники; мультимедийный конспект лекций; методические пособия по семинарским занятиям, содержащие многочисленные примеры решения задач, задания для самостоятельной работы.

При работе с теоретическим материалом студентам необходимо сформировать последовательность развития физики ядра и частиц, а также вклад основоположников базовых этапов развития. С этой целью рекомендуется дальнейшая проработка конспектов с использованием как базового учебника, так рекомендованных дополнительно. Очень полезно писать краткие ответы на основные вопросы теории (шпаргалки).

При освоении технологии решения практических задач студентам необходимо обратить внимание на приобретение основных навыков «уметь» и «владеть». Например:

Уметь:

1. определять размеры, энергии связи и массы ядер, спин и изоспин ядра и моменты нуклонов, энергии и пороги реакций;
2. использовать релятивистский инвариант при расчете кинематических характеристик реакций;
3. использовать диаграммы Фейнмана для расчета вероятностей процессов взаимодействия частиц;
4. обосновать необходимость введения квантового числа «цвет».
5. модели образования Вселенной (инфляция, Большой взрыв), ядерные

реакции в звездах.

6. пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами, моделями физики атомного ядра и элементарных частиц

Владеть методами расчета:

1. процессов рассеяния (формулы Резерфорда и Мота);
2. энергии связи, масс ядер (формула Вайцзеккера);
3. магнитных моментов ядер;
4. основных характеристик распада ядер;
5. датировки событий.
6. методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации.

Важным моментом для успешного освоения курса, является соблюдение графика проведения контрольных мероприятий, так по завершению тем первого блока (лекции 1-9) сдается контрольная работа №1 и проводится тест №1. По завершению тем второго блока (лекции 10-15) сдается контрольная работа №2 и проводится тест №2.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Чтение лекций с использованием мультимедийных презентаций (слайд-лекции).
2. Компьютерный тест проводится с помощью автоматизированной системы тестирования.

Технологии, используемые при активной и интерактивной формах обучения

1. Лекция – технология проблемного обучения.
2. Практическое занятие – активная форма (разбор конкретных ситуаций), интерактивная форма (выполнение компьютерных тестов).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Мультимедийный компьютерный класс для проведения семинарских занятий.
2. Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием: компьютер, видеопроектор, электронная доска.

12. Иные сведения и (или) материалы

12.1. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Реализация дисциплины осуществляется в инклюзивных общих группах.

Организационно-педагогическое сопровождение студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) направлено на контроль освоения образовательной программы в соответствии с графиком

учебного процесса и типовым или индивидуальным учебным планом и включает в себя, при необходимости, контроль за посещаемостью занятий, помощь в организации самостоятельной работы, организацию индивидуальных консультаций, контроль по результатам текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации.

На основе индивидуализированного подхода (индивидуализация содержания, методов, темпа учебной деятельности, внесения, при необходимости, требуемых корректировок в деятельность обучающегося и преподавателя) организуется проведение лекционных и практических занятий для студентов с ОВЗ.

В процессе обучения возможно использование различных форм организации off-line занятий (обсуждение вопросов освоения дисциплины в рамках форумов, через электронную почту).

По дисциплине «Физика атомного ядра и элементарных частиц» разработан учебно-методический комплекс, включающий мультимедийные слайд-лекции, учебно-методические разработки и методические рекомендации по самостоятельному освоению курса, что позволяет студентам с ОВЗ дистанционно выполнять задания практических занятий.

Составитель: Колесников Л. В. , доктор физ.-мат. наук, профессор
кафедры экспериментальной физики КемГУ

(фамилия, инициалы и должность преподавателя)