

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра радиоэлектроники и защиты информации

**Авторы-составители: Лунегов Игорь Владимирович
Ажеганов Александр Сергеевич**

Рабочая программа дисциплины
АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА
Код УМК 81215

Утверждено
Протокол №4
от «24» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Атомная и ядерная физика

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Атомная и ядерная физика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	7
Объем дисциплины (з.е.)	5
Объем дисциплины (ак.час.)	180
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	70
Проведение лекционных занятий	42
Проведение практических занятий, семинаров	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	0
Самостоятельная работа (ак.час.)	110
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (7 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Атомная и ядерная физика. Первый семестр

Дисциплина «Атомная и ядерная физика» знакомит студентов с современной физической картиной мира. Дисциплина содержит пять разделов: 1. Частицы и волны, 2. Физика атомов, 3. Физика атомного ядра, 4. Физика элементарных частиц. 5. Прикладная ядерная физика. В дисциплине «Атомная и ядерная физика» излагаются основы современной физики атома как квантовой системы. Основное внимание уделяется рассмотрению уровней энергии атома, излучательных квантовых переходов, а также электрическим и магнитным свойствам атомов и их поведению во внешних полях. Рассматриваются свойства ядер, явление радиоактивности, реакции деления ядер, цепные и термоядерные реакции. Описывается классификация элементарных частиц, кварковая модель мезонов и барионов, даются характеристики электромагнитного, сильного, слабого, гравитационного взаимодействий. Рассматриваются основные астрофизические представления о характеристиках, образовании и эволюции Вселенной. Рассматриваются проблемы ядерной энергетики, источники и методы регистрации частиц, дозиметрия, химическое, биологическое действие ионизирующих излучений.

1. ЧАСТИЦЫ И ВОЛНЫ

Формирование представлений о квантово-волновом дуализме фотонов и микрочастиц как фундаментальном свойстве материи на основе основополагающих экспериментов и теоретических концепций.

Развитие навыков и умений практически применять теоретические знания при решении задач по рассеянию и интерференции фотонов и электронов.

Волновые и квантовые свойства света

Законы теплового излучения: закон Стефана-Больцмана, закон смещения Вина, формула Планка. Внешний фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Эффект Комптона. Комptonовское смещение длины волны рассеянного света.

Корпускулярно-волновой дуализм

Применение внешнего фотоэффекта (фотоэлемент, фотоумножитель). Энергия и импульс фотона. Релятивистская масса фотона. Интерферометр Майкельсона. Непосредственное наблюдение корпускулярно-волнового дуализма света. Интерференционная картина при прохождении одиночных фотонов

Волновые свойства частиц вещества

Волновые свойства частиц вещества. Гипотеза де Бройля. Длина волны, фазовая и групповая скорости волны де Бройля. Физический (статистический) смысл волн де Бройля. Экспериментальное подтверждение волновых свойств электронов. Интерференционное отражение электронов. Метод Брегга.

Волны де Бройля. Соотношение неопределенности Гейзенберга

Гипотеза де Бройля. Длина волны, фазовая и групповая скорости волны де Бройля. Физический (статистический) смысл волн де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Дифракция электронов на щели.

Уравнение Шредингера

Уравнение Шредингера: общее уравнение Шредингера, уравнение Шредингера для стационарных состояний. Квантование энергии частицы: частица в бесконечно глубокой потенциальной яме. Собственные функции и собственные значения энергии частицы. Частица в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины. Дискретный и непрерывный спектры энергий частицы.

Волновые функции частицы внутри и вне ямы.

Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.

Решение уравнения Шредингера для частицы в потенциальной яме

Решение уравнения Шредингера для случаев частицы в бесконечно глубокой потенциальной яме, в прямоугольной потенциальной яме конечной глубины. Волновые функции частицы внутри и вне ямы. Прохождение частицы через потенциальный барьер.

2. ФИЗИКА АТОМА

Приобретение знаний основ строения электронной оболочки атома, процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного поля

Развитие навыков и умений практически применять теоретические знания при решении задач по определению электронной структуры атомов, спектров оптического и рентгеновского излучения и расщепления спектральных линий во внешних полях.

Модель атома Резерфорда-Бора

Модели строения атома: модель Томпсона, ядерная модель Резерфорда. Опыты Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Постулаты Бора. Боровская теория водородного атома. Боровский радиус атома. Энергетические уровни атома водорода.

Спектральные серии водородоподобных ионов

Закономерности в атомных спектрах. Спектры испускания и поглощения. Спектральные термы. Комбинационный принцип Ритца. Спектральные серии атома водорода

Квантовые числа и стационарные состояния

Операторный метод в квантовой механике. Оператор энергии (оператор Гамильтона). Оператор импульса. Собственные значения и собственные функции оператора импульса. Квантование момента импульса. Собственные значения оператора квадрата момента импульса и его проекции на ось z . Векторные диаграммы для проекций момента импульса.

Электронные состояния атома

Квантование атома водорода. Квантовые числа стационарных состояний. Излучательные переходы. Правила отбора. Энергетические уровни и спектральные серии щелочных металлов. Результирующий момент импульса многоэлектронного атома. Случай нормальной связи (LS-связи), случай jj-связи.

Магнитные свойства атома

Магнитный момент одноэлектронного атома. Магнетон Бора. Спин и магнитный момент электрона. Спин фотона.

Тонкая структура энергетических уровней атома водорода. Правила отбора для излучательных переходов. Тонкая структура спектральных линий серии Лаймана.

Атом во внешнем магнитном поле

Эффект Зеемана. Сложный эффект Зеемана (случай нормальной связи). Магнитный момент атома. g -фактор. Расщепление энергетических уровней. Правила отбора и Зеемановское расщепление спектральных линий атомов щелочных металлов. Простой эффект Зеемана. Явление электронного парамагнитного резонанса.

Эффект Зеемана

Простой и сложный эффекты Зеемана Правила отбора и Зеемановское расщепление спектральных линий атомов щелочных металлов.

Принцип Паули. Периодический закон Д.И.Менделеева

Принцип тождественности одинаковых частиц. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома. Порядок заполнения электронных слоев и электронных оболочек. Электронная структура атома.

Объяснение периодической системы элементов Д.И.Менделеева.

Рентгеновское излучение атомов

Рентгеновские лучи. Рентгеновская трубка. Тормозное и характеристическое излучение. Спектры тормозного и характеристического рентгеновского излучения.. Закон Мозли. Поглощение рентгеновских лучей.

Характеристические рентгеновские спектры

Рентгеновские лучи. Тормозное и характеристическое излучение. Спектр характеристического рентгеновского излучения. Закон Мозли.

Химическая связь атомов

Химическая связь атомов. Молекулярные спектры. Флюоресценция молекул. Комбинационное рассеяние света.

Макроскопические квантовые явления

Сверхпроводимость и ее квантовая природа. Сверхтекучесть и ее квантовая природа.

3. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Формирование представлений о свойствах вещества на субатомном уровне, о границах применимости физических моделей и гипотез в субатомной физике.

Развитие навыков и умений практически применять теоретические знания при решении задач по расчету основных характеристик ядер, кинетике ядерных реакций, взаимодействию ионизирующих излучений с веществом.

Статические свойства атомного ядра

Статические характеристики ядра: состав ядра, заряд, масса, радиус ядра, спин, магнитный момент и электрический квадрупольный момент. Дефект массы ядра. Энергия связи ядра. Ядерные модели.

Капельная модель ядра. Оболочечная модель ядра.

Энергия связи ядра. Формула Вайцекера

Дефект массы ядра. Энергия связи ядра. Капельная модель ядра. Полуэмпирическая формула Вайцекера для энергии связи ядра.

Оболочечная модель ядра. Спин и магнитный момент ядра

Оболочечная модель ядра. Спин и магнитный момент ядра. Свойства ядерных сил. Дейтрон.

Явление радиоактивности

Основные типы радиоактивного распада. Закон радиоактивного распада. Период полураспада.

Альфа-распад Закон Гейгера-Неттола. Квантовая теория альфа-распада. Бета-распад. Виды бета-распада. Последовательный радиоактивный распад. Радиоактивные семейства. Гамма-излучение возбужденных ядер и его характеристики.

Законы радиоактивного распада

Закон радиоактивного распада. Период полураспада. Последовательный радиоактивный распад.

Радиоактивные семейства. Вековое равновесие.

Альфа- и бета-распады

Альфа-распад . Основные свойства альфа-распада. Закон Гейгера-Неттола. Бета-распад. Виды и свойства бета-распада.

Взаимодействие ядерного излучения с веществом

Эффект Мёссбауэра (ядерный гамма-резонанс. Внутренняя конверсия. Прохождение гамма-квантов через вещество. Линейный и массовый коэффициенты ослабления. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Прохождение тяжелых заряженных частиц через вещество. Ионизационные потери. Прохождение легких заряженных частиц через вещество. Радиационные потери. Полный пробег частиц.

Ядерные реакции

Классификация ядерных реакций. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергетическая схема ядерных реакций. Порог ядерной реакции. Ядерные реакции под действием нейтронов. Деление ядер. Реакции деления тяжелых ядер. Механизм деления ядра и энергия активации. Состав продуктов деления ядра и энергия деления.

Законы сохранения в ядерных реакциях

Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергетическая схема ядерных реакций. Порог ядерной реакции.

4. ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Формирование представлений о первичных свойствах вещества, формирование основных астрофизических представлений о характеристиках, образовании и эволюции Вселенной, Галактики и звезд.

Развитие навыков и умений практически применять теоретические знания при решении задач взаимодействия частиц.

Классификация элементарных частиц. Кварковая модель адронов

Элементарные частицы. Классификация элементарных частиц. Лептоны. Адроны. Мезоны. Барионы. Мультиплеты адронов. Кварковая модель адронов. Кварки и их характеристики. Кварковая структура адронов. Экспериментальное подтверждение кварковой модели. Эксперименты в области высоких энергий.

Кварковая структура мезонов и барионов. Взаимодействия частиц

Кварковая модель адронов. Кварки и их характеристики. Кварковая структура мезонов и барионов.

Фундаментальные взаимодействия

Электромагнитное взаимодействие. Квантовая электродинамика (КЭД). Диаграммы Феймана. Сильное взаимодействие. Квантовая хромодинамика (КХД). Глюоны. Слабое взаимодействие. Вионы (промежуточные векторные бозоны). Электрослабое взаимодействие. Гравитационное взаимодействие. Гравитон.

Современные астрофизические представления

Вселенная. Принцип Коперника и космологический принцип. Возникновение Вселенной и её эволюция. Галактика и звезды. Характеристика Галактики как звездного скопления и её эволюция. Классификация звезд. Солнце, его характеристики и эволюция. Термоядерные реакции на Солнце и звездах. Водородный цикл. Углеродный цикл. Нуклеосинтез.

5. ПРИКЛАДНАЯ ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Формирование представлений о современных способах получения энергии и возникающих при этом экологических проблемах. Развитие навыков и умений практически применять теоретические знания для расчета интенсивности излучения, поглощенной дозы и эффективности защитных экранов.

Источники и методы регистрации частиц

Источники заряженных частиц. Ускорители. Источники гамма-квантов. Источники нейтронов. Методы регистрации частиц. Детекторы, их типы и характеристики. Трековые детекторы. Ядерные фотоэмульсии. Пузырьковые камеры. Камера Вильсона. Счетчики заряженных частиц и гамма-квантов. Гамма-спектрометры. Нейтронные детекторы.

Физические основы дозиметрии

Дозиметрия. Ионизирующее излучение и его характеристики. Экспозиционная доза. Поглощенная доза. Коэффициент качества излучения. Эквивалентная доза. Единицы измерения доз. Действие ионизирующих излучений на структуру вещества. Радиационные дефекты. Химическое и биологическое действие излучений.

Поглощение ядерного излучения веществом Дозы ионизирующих излучений

Прохождение гамма-квантов, тяжелых и легких заряженных частиц через вещество. Ионизирующее действие ядерных излучений. Дозы ионизирующих излучений. Экспозиционная доза. Поглощенная доза. Эквивалентная доза. Единицы измерения доз.

Ядерная энергетика

Цепные реакции деления ядер урана. Формула для размножения в цепной реакции. Коэффициент размножения Замедление нейтронов. Термоядерные реакции. Термоядерный взрыв. Управляемый термоядерный синтез. Ядерная энергетика. Классификация ядерных реакторов. Ядерный реактор: активная зона, ядерное топливо, отражатель, теплоноситель, радиационная защита, работа и системы управления. Радиационная безопасность и аварии ядерных реакторов.

Итоговая аттестация по дисциплине

Итоговое контрольное мероприятие проводится в соответствии с «Положением о проведении текущего контроля и промежуточной аттестации студентов в Пермском государственном университете». Цель - контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций. Студент должен показать знание ядерной модели атома, волновых свойств микрочастиц, элементов физики атомного ядра и физики частиц; умение применять основные положения квантовой теории атома для решения основных задач атомной физики.

Контрольное мероприятие проводится в виде устного или письменного ответа на два теоретических вопроса и решения одной задачи. Теоретические вопросы выбираются случайным образом из списка вопросов итогового контроля. Задача выбирается случайным образом из пакета задач проведенных контрольных работ. Преподавателю предоставляется право задавать студентам вопросы сверх билета в соответствии с учебной программой.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

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

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Матышев, А. А. Атомная физика. Том 1 : учебное пособие / А. А. Матышев. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014. — 531 с. — ISBN 978-5-7422-4209-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/43939.html>

2. Матышев, А. А. Атомная физика. Том 2 : учебное пособие / А. А. Матышев. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2014. — 344 с. — ISBN 978-5-7422-4210-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/43940.html>

Дополнительная:

1. Михайлов, М. А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Часть 1 : учебное пособие / М. А. Михайлов. — Москва : Прометей, 2011. — 94 с. — ISBN 978-5-4263-0048-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/8306.html>

2. Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика. Сборник задач: учебное пособие для студентов физических специальностей вузов/И. Е. Иродов.-Санкт-Петербург:Лань,2002, ISBN 5-9511-0001-1.-288.

3. Шпольский Э. В. Атомная физика. учебник для вузов : в 2 т. Т. 2. Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома/Э. В. Шпольский.-Санкт-Петербург:Лань,2010, ISBN 978-5-8114-1006-4.-441

4. Михайлов, М. А. Ядерная физика и физика элементарных частиц. Часть 2. Элементарные частицы : учебное пособие / М. А. Михайлов. — Москва : Прометей, 2013. — 28 с. — ISBN 978-5-7042-2471-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/58212.html>

5. Кирчанов В. С. Физика атомного ядра и частиц: учебное пособие для студентов физического факультета/В. С. Кирчанов.-Пермь,2010, ISBN 978-5-7944-1572-8.-269.-Библиогр.: с. 241-242

6. Сивухин Д. В. Общий курс физики. учебное пособие для студентов физических специальностей вузов Т. 5. Атомная и ядерная физика/Д. В. Сивухин.-3-е изд., стер..-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2006, ISBN 5-9221-0645-7.-784

7. Шпольский Э. В. Атомная физика. учебник для вузов : в 2 т. Т. 1. Введение в атомную физику/Э. В. Шпольский.-Санкт-Петербург:Лань,2010, ISBN 978-5-8114-1005-7.-557

8. Демин В. А. Теория элементарных частиц. Кварки и глюоны: учебно-методическое пособие/В. А. Демин.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-0788-3.-43.-Библиогр.: с. 42

9. Спивак Л. В. Ядерная физика: сборник задач : [методическое пособие]/Л. В. Спивак.-Пермь,2000.-126.-Библиогр.: с. 125

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.alleng.ru/d/phys/phys107.htm> Образовательные ресурсы интернета - Физика

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/> Ядерная физика в Интернете

<http://www.alleng.ru/d/phys/phys107.htm> Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Том V. Атомная и ядерная физика.

<http://www.alleng.ru/d/phys/phys107.htm> Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Том V. Атомная и ядерная физика.

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html> Б.С. Ишханов, Э.И. Кэбин. Физика ядра и частиц

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html> Б.С. Ишханов, Э.И. Кэбин. Физика ядра и частиц

<http://nuclphys.sinp.msu.ru/introduction/index.html> Б.С. Ишханов, Э.И. Кэбин. Физика ядра и частиц

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

Образовательный процесс по дисциплине **Атомная и ядерная физика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

В учебном процессе для освоения дисциплины могут использоваться различные информационные технологии:

- презентационные материалы по темам лекций и практических занятий;
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета (ЕТИС ПГНИУ);
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта, профессиональные тематические чаты и форумы, системы аудио и видео конференций, онлайн энциклопедии и т.д.).

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Операционная система ALT Linux;
2. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Лекционные занятия, практические занятия, групповые (индивидуальные) консультации, мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран для проектора, компьютер/ноутбук), а также меловой (и) или маркерной доской.

Лекционная аудитория и аудитория для практических занятий.

Лекционная мультимедийная аудитория, вместимостью более 100 человек. Аудитория оснащена современными средствами воспроизведения и визуализации видео и аудио информации. Комплектация

аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, и рабочего места преподавателя, включающего персональный компьютер (ноутбук), блок управления оборудованием, интерфейс подключения. Рабочее место преподавателя объединяет все устройства в единую систему. Преподаватель имеет возможность управлять всей системой, не отходя от доски, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Аудитория для практических (семинарских) занятий вместимостью не менее 25 человек. Комплектация аудитории состоит из: фломастерной или меловой доски, мультимедийного проектора, проекционного экрана, а также рабочего места преподавателя с персональным компьютером (ноутбуком).

Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Студенты закрепляют и используют полученные теоретические знания при выполнении работ общефизического практикума, семестровый раздел «Атомная и ядерная физика». Общефизический практикум проводится в специализированной учебной лаборатории. В лаборатории подготовлены рабочие места студентов. Все рабочие места оснащены современным экспериментальным оборудованием. Персональные компьютеры позволяют проводить обработку экспериментальных данных на рабочих местах

Помещение для самостоятельной работы.

Помещения библиотеки с персональными компьютерами с доступ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Атомная и ядерная физика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные экспериментальные факты и теоретические представления о корпускулярно-волновом дуализме в природе микрообъекта; – основы волнового описания движения микрообъекта и квантования его энергии и импульса. – экспериментальные данные и теоретические основы строения электронной оболочки атома; – физическое обоснование периодической системы элементов; – основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; – экспериментальные данные и основы теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома; – основные характеристики ядер, кинетику ядерных реакций, взаимодействие ионизирующих излучений с веществом – законы радиоактивного распада, реакции деления ядер, цепные и термоядерные 	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные экспериментальные факты и теоретические представления о корпускулярно-волновом дуализме в природе микрообъекта; – основы волнового описания движения микрообъекта и квантования его энергии и импульса. – экспериментальные данные и теоретические основы строения электронной оболочки атома; – физическое обоснование периодической системы элементов; – основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; – экспериментальные данные и основы теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома; – основные характеристики ядер, кинетику ядерных реакций, взаимодействие ионизирующих излучений с веществом – законы радиоактивного распада, реакции деления ядер, цепные и термоядерные реакции; – виды источников и методы регистрации частиц; <p>Не умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять гипотезу де Бройля, соотношение неопределенностей Гейзенберга и уравнение Шредингера при описании рассеяния, дифракции и интерференции фотонов и электронов; – применять постулаты и модель Бора для

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>реакции; – виды источников и методы регистрации частиц;</p> <p>Уметь: – применять гипотезу де Бройля, соотношение неопределенностей Гейзенберга и уравнение Шредингера при описании рассеяния, дифракции и интерференции фотонов и электронов; – применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем; – применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул; – определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов; – практически применять теоретические знания при решении задач по расчету основных характеристик ядер, кинетике ядерных реакций, взаимодействию ионизирующих излучений с веществом.</p> <p>Владеть: – навыками решения простейших квантовомеханических задач; – навыками решения типовых задач в области атомной физики; – навыками решения типовых задач в области ядерной физики; – навыками применения математического аппарата для</p>	<p>Неудовлетворител расчета водородоподобных атомных систем; – применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул; – определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов; – практически применять теоретические знания при решении задач по расчету основных характеристик ядер, кинетике ядерных реакций, взаимодействию ионизирующих излучений с веществом. Не владеет: – навыками решения простейших квантовомеханических задач; – навыками решения типовых задач в области атомной физики; – навыками решения типовых задач в области ядерной физики; – навыками применения математического аппарата для решения физических задач</p> <p>Удовлетворительн Удовлетворительно: Общие, но не структурированные знания – основных экспериментальных фактов и теоретических представлений о корпускулярно-волновом дуализме в природе микрообъекта; – основ волнового описания движения микрообъекта и квантования его энергии и импульса. –экспериментальных данных и теоретических основ строения электронной оболочки атома; – физического обоснования периодической системы элементов; – основных закономерностей взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; – экспериментальных данных и основ теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома;</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	решения физических задач	<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <ul style="list-style-type: none"> – основных характеристик ядер, кинетики ядерных реакций, взаимодействия ионизирующих излучений с веществом; – законов радиоактивного распада, реакций деления ядер, цепных и термоядерных реакций; – видов источников и методов регистрации частиц; <p>Частично сформированное умение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять гипотезу де Бройля, соотношение неопределенностей Гейзенберга и уравнение Шредингера при описании рассеяния, дифракции и интерференции фотонов и электронов; – применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем; – применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул; – определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов; – практически применять теоретические знания при решении задач по расчету основных характеристик ядер, кинетике ядерных реакций, взаимодействию ионизирующих излучений с веществом. <p>Частичное применение навыков</p> <ul style="list-style-type: none"> – решения простейших квантовомеханических задач; – решения типовых задач в области атомной физики; – решения типовых задач в области ядерной физики; – применения математического аппарата для решения физических задач <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания</p> <ul style="list-style-type: none"> – основных экспериментальных фактов и теоретических представлений о корпускулярно-волновом дуализме в природе микрообъекта; – основ волнового описания движения микрообъекта и квантования его энергии и

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>импульса.</p> <ul style="list-style-type: none"> –экспериментальных данных и теоретических основ строения электронной оболочки атома; – физического обоснования периодической системы элементов; – основных закономерностей взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; – экспериментальных данных и основ теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома; – основных характеристик ядер, кинетики ядерных реакций, взаимодействия ионизирующих излучений с веществом; – законов радиоактивного распада, реакций деления ядер, цепных и термоядерных реакций; – видов источников и методов регистрации частиц; <p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять гипотезу де Бройля, соотношение неопределенностей Гейзенберга и уравнение Шредингера при описании рассеяния, дифракции и интерференции фотонов и электронов; – применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем; – применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул; – определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов; – практически применять теоретические знания при решении задач по расчету основных характеристик ядер, кинетике ядерных реакций, взаимодействию ионизирующих излучений с веществом. <p>Владеет навыками</p> <ul style="list-style-type: none"> – решения простейших

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>квантовомеханических задач; – решения типовых задач в области атомной физики; – решения типовых задач в области ядерной физики; – применения математического аппарата для решения физических задач</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания – основных экспериментальных фактов и теоретических представлений о корпускулярно-волновом дуализме в природе микрообъекта; – основ волнового описания движения микрообъекта и квантования его энергии и импульса. – экспериментальных данных и теоретических основ строения электронной оболочки атома; – физического обоснования периодической системы элементов; – основных закономерностей взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; – экспериментальных данных и основ теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома; – основных характеристик ядер, кинетики ядерных реакций, взаимодействия ионизирующих излучений с веществом; – законов радиоактивного распада, реакций деления ядер, цепных и термоядерных реакций; – видов источников и методов регистрации частиц;</p> <p>Сформированное умение : – применять гипотезу де Бройля, соотношение неопределенностей Гейзенберга и уравнение Шредингера при описании рассеяния, дифракции и интерференции фотонов и электронов;</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем; – применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул; – определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов; – практически применять теоретические знания при решении задач по расчету основных характеристик ядер, кинетике ядерных реакций, взаимодействию ионизирующих излучений с веществом. <p>Успешное применение навыков</p> <ul style="list-style-type: none"> – решения простейших квантовомеханических задач; – решения типовых задач в области атомной физики; – решения типовых задач в области ядерной физики; – применения математического аппарата для решения физических задач
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – экспериментальные данные и теоретические основы строения электронной оболочки атома; – физическое обоснование периодической системы элементов; – основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; – экспериментальные данные и основы теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома; <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять постулаты и модель Бора для расчета 	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – экспериментальные данные и теоретические основы строения электронной оболочки атома; – физическое обоснование периодической системы элементов; – основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; – экспериментальные данные и основы теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома; <p>Не умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем; – применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул; – определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов;

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>водородоподобных атомных систем;</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул; – определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов; <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками решения типовых задач в области атомной физики; – навыками применения математического аппарата для решения физических задач 	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками решения типовых задач в области атомной физики; – навыками применения математического аппарата для решения физических задач <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания</p> <ul style="list-style-type: none"> –экспериментальных данных и теоретических основ строения электронной оболочки атома; – физического обоснования периодической системы элементов; – основных закономерностей взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями; – экспериментальных данных и основ теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома; <p>Частично сформированное умение</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем; – применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул; – определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов; <p>Частичное применение навыков</p> <ul style="list-style-type: none"> – решения типовых задач в области атомной физики; – применения математического аппарата для решения физических задач <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания</p> <ul style="list-style-type: none"> –экспериментальных данных и теоретических основ строения электронной оболочки атома; – физического обоснования периодической системы элементов;

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>– основных закономерностей взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями;</p> <p>– экспериментальных данных и основ теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома;</p> <p>В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения</p> <p>– применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем;</p> <p>– применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул;</p> <p>– определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов;</p> <p>Владеет навыками</p> <p>– решения типовых задач в области атомной физики;</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания</p> <p>– экспериментальных данных и теоретических основ строения электронной оболочки атома;</p> <p>– физического обоснования периодической системы элементов;</p> <p>– основных закономерностей взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями;</p> <p>– экспериментальных данных и основ теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома;</p> <p>Сформированное умение :</p> <p>– применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем;</p> <p>– применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул;</p> <p>– определять состав, тонкую и сверхтонкую</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов; Успешное применение навыков – решения типовых задач в области атомной физики; – применения математического аппарата для решения физических задач</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Корпускулярно-волновой дуализм Входное тестирование	Необходимый минимум остаточных знаний, умений и навыков по разделам курса общей физики. Доля правильных ответов на вопросы Входного тестирования.
ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Решение уравнения Шредингера для частицы в потенциальной яме Письменное контрольное мероприятие	Знание:– основных экспериментальных фактов и теоретических представлений о корпускулярно-волновом дуализме в природе микрообъекта;– основ волнового описания движения микрообъекта и квантования его энергии и импульса. Умение:– применять гипотезу де Бройля, соотношение неопределенностей Гейзенберга и уравнение Шредингера при описании рассеяния, дифракции и интерференции фотонов и электронов; Владение:– навыками решения простейших квантовомеханических задач;– навыками применения математического аппарата для решения физических задач.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Характеристические рентгеновские спектры Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Знание:–экспериментальных данных и теоретических основ строения электронной оболочки атома;– физического обоснования периодической системы элементов;– основных закономерностей взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями;– экспериментальных данных и основ теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома;Умение:– применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем;– применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул;– определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов;Владение:– навыками решения типовых задач в области атомной физики;</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Законы сохранения в ядерных реакциях Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Знание:- основных характеристик ядер, кинетики ядерных реакций, взаимодействия ионизирующих излучений с веществом- законов радиоактивного распада, реакций деления ядер, цепных и термоядерных реакций;- видов источников и методов регистрации частиц; Умение:- решать типовые физические задачи в области физики атомного ядра и частиц;- практически применять теоретические знания при решении задач по расчету основных характеристик ядер, кинетике ядерных реакций, взаимодействию ионизирующих излучений с веществом. Владение:– навыками применения математического аппарата для решения физических задач;– навыками решения типовых задач в области ядерной физики;</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.7 способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач</p>	<p>Итоговая аттестация по дисциплине Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знать: – основные экспериментальные факты и теоретические представления о корпускулярно-волновом дуализме в природе микрообъекта;– основы волнового описания движения микрообъекта и квантования его энергии и импульса.–экспериментальные данные и теоретические основы строения электронной оболочки атома;– физическое обоснование периодической системы элементов;– основные закономерности взаимодействия магнитных моментов электронов и атомного ядра между собой и с внешними полями;– экспериментальные данные и основы теоретического описания процессов поглощения и излучения квантов электромагнитного излучения в электронной оболочке атома;Уметь: – применять гипотезу де Бройля, соотношение неопределенностей Гейзенберга и уравнение Шредингера при описании рассеяния, дифракции и интерференции фотонов и электронов;– применять постулаты и модель Бора для расчета водородоподобных атомных систем;– применять квантово-механический подход к объяснению свойств атомов и молекул;– определять состав, тонкую и сверхтонкую структуру атомных термов, оптических и рентгеновских спектров атомов;Владеть: – навыками решения простейших квантовомеханических задач;– навыками решения типовых задач в области атомной физики;– навыками решения типовых задач в области ядерной физики;– навыками применения математического аппарата для решения физических задач</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Корпускулярно-волновой дуализм

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
При тестировании допущено менее 10% ошибок	81
При тестировании допущено менее 30% ошибок	61
При тестировании допущено менее 50% ошибок	41
При тестировании допущено более 50% ошибок	0

Решение уравнения Шредингера для частицы в потенциальной яме

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
выполнен расчет с соблюдением правил операций с приближенными числами и получено правильное значение искомой физической величины	6
правильно построена схема процесса с обозначениями всех компонент	6
правильно написаны физические уравнения с указанием выбранной системы единиц	6
Дополнительные баллы за аккуратность выполнения работы	2

Характеристические рентгеновские спектры

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
правильно построена схема процесса с обозначениями всех компонент	6
правильно написаны физические уравнения с указанием выбранной системы единиц	6
выполнен расчет с соблюдением правил операций с приближенными числами и получено правильное значение искомой физической величины	6
аккуратность выполнения работы	2

Законы сохранения в ядерных реакциях

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
правильно построены схемы реакций (структур) с обозначениями всех компонент	6
правильно написаны уравнения реакций с указанием массовых и зарядовых чисел всех участвующих ядер и частиц	6
выполнены расчеты с соблюдением правил операций с приближенными числами и получены правильные значения искомых физических величин	6
дополнительные баллы за аккуратность оформления работы	2

Итоговая аттестация по дисциплине

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Максимальная оценка ответов на два теоретических вопроса 32 балла складывается из: - полнота, развернутость ответа (наличие определений, формул, выводов формул, схем, примеров, поясняющих ответ) оценивается до 20 баллов; - владение математическим аппаратом оценивается до 6 баллов; - владение терминологией предмета оценивается до 6 баллов.	32
Максимальная оценка правильно решенной задачи 8 баллов складывается из: - понято условие задачи, изображена схема процесса, написаны основные физические уравнения процесса данной задачи – 4 балла; - владение математическим аппаратом (получение искомой формулы, численного значения искомой величины) – 2 балла; - знание системы единиц, представление результата с указанием погрешности – 2 балла.	8