

Министерство просвещения РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Глазовский государственный инженерно-педагогический университет
имени В.Г. Короленко»

Утверждена
на заседании ученого совета университета

06 апреля 2026 г. протокол № 8
Приказ № 39 от 08 апреля 2026 г.

Ректор Я.А. Чиговская-Назарова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОБЩАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА. КВАНТОВАЯ
ФИЗИКА**

Уровень основной профессиональной образовательной программы	Бакалавриат
Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Направленность (профиль)	Физика и Математика
Форма обучения	Очная
Семестр(ы)	5

Глазов 2026

1. Цель и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины – формирование способности осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки по квантовой физике при решении профессиональных задач.

Задачи дисциплины:

- 1) сформировать навыки поиска, анализа и систематизации информации по квантовой физике с использованием научной и учебной литературы, информационных баз данных;
- 2) сформировать базовый понятийный аппарат, необходимый для понимания и дальнейшего изучения общей, экспериментальной и теоретической физики;
- 3) изучить основные физические явления и теории оптики, научиться использовать теоретические знания для объяснения квантовых явлений;
- 4) познакомить с фундаментальными экспериментами, позволившими установить закономерности квантовых явлений;
- 5) обеспечить усвоение основных законов квантовой физики, историю их открытия;
- 6) продолжить формирование основ метода научного познания;
- 7) развить навыки работы с учебным оборудованием, обеспечивающим лабораторный и демонстрационный учебный эксперимент по квантовой физике;
- 8) обеспечить овладение методами решения типовых количественных задач, связанных с квантовой физикой;
- 9) подготовить студентов к применению специальных знаний и умений по квантовой физике в педагогической деятельности.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	ПК-1
Формулировка компетенции	Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач
Индикатор достижения компетенции	ИПК 1.1 Знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области (преподаваемого предмета) ИПК 1.2 Умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО ИПК 1.3 Демонстрирует умение разрабатывать различные формы учебных занятий, применять методы, приемы и технологии обучения, в том числе информационные
Код компетенции	ПК-3
Формулировка компетенции	Способен формировать развивающую образовательную среду для достижения личностных, предметных и метапредметных результатов обучения средствами преподаваемых учебных предметов
Индикатор достижения компетенции	ИПК 3.1 Владеет способами интеграции учебных предметов для организации развивающей учебной деятельности (исследовательской, проектной, групповой и др.) ИПК 3.2 Использует образовательный потенциал социокультурной среды региона в преподавании (предмета по профилю) в учебной и во внеурочной деятельности ИПК 3.3 Знает психолого-педагогические условия создания развивающей образовательной среды для достижения личностных и метапредметных результатов обучения

1.3. Воспитательная работа

Направление воспитательной работы	Тип задач	Формы работы
патриотическое воспитание	педагогический сопровождения методический	обсуждение вклада отечественных физиков; выступление на занятии
трудовое воспитание		качественное оформление студентом конспектов лекций, решений задач, лабораторных работ

1.4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Общая и экспериментальная физика. Квантовая физика» относится к обязательной части учебного плана, предметно-методический модуль по профилю Физика. К началу изучения дисциплины студенты должны владеть школьным курсом физики и математики. Используются результаты освоения дисциплин «Общая и экспериментальная физика. Механика», «Общая и экспериментальная физика. Молекулярная физика. Термодинамика», «Общая и экспериментальная физика. Электродинамика», «Общая и экспериментальная физика. Оптика», «Элементарная физика». Результаты освоения дисциплины «Общая и экспериментальная физика. Квантовая физика» используются при изучении дисциплин «Экспериментальная физика», «Теоретическая физика», «Методика обучения физики».

1.5. Особенности реализации дисциплины

Дисциплина реализуется на русском языке.

2. Объем дисциплины

Вид учебной работы по семестрам	Всего, зачетных единиц	Академ. часы	Из них в форме практической подготовки
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	
СЕМЕСТР 5			
Контактная работа с преподавателем:			
Аудиторные занятия (всего)		36	
Занятия лекционного типа		12	
Лабораторные работы		12	
Занятия семинарского типа		-	
Практические занятия		12	
КСР		-	
Самостоятельная работа обучающихся		36	
Вид промежуточной аттестации: Экзамен		36	

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

Разделы и темы дисциплины	Всего	Ауд	Лек	Лаб	Пр	Сем	КСР	СР
<i>1. Квантовая оптика</i>								
1.1. Законы теплового излучения	10	5	1	2	2			5
1.2. Квантовая теория теплового излучения	2	1	1					1

1.3. Квантовые свойства света	10	5	1	2	2			5
1.4. Квантовые свойства излучения	6	3	1		2			3
1.5. Атом Резерфорда-Бора	14	7	1	4	2			7
2. Атомная физика								
2.1. Волновые свойства вещества	8	4	1	2	1			4
2.2. Основы квантовой механики	4	2	1		1			2
2.3. Строение атома	4	2	1		1			2
2.4. Основы физики молекул	8	4	1	2	1			4
2.5. Физика проводников и полупроводников. Основы физики твердого тела	2	1	1					1
3. Ядерная физика								
3.1. Приборы ядерной физики. Физика атомного ядра. Ядерные реакции.	2	1	1					1
3.2. Элементарные частицы	2	1	1					1
Экзамен	36							
Всего	108	36	12	12	12			36

Атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц (согласно ЯДРУ)

Квантовые свойства излучения. Тепловое излучение. Волновые свойства микрочастиц. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра. Физика элементарных частиц. Фундаментальные частицы и взаимодействия.

3.2. Занятия лекционного типа

СЕМЕСТР 5

Лекция 1.

Тема: Законы теплового излучения. Квантовая теория теплового излучения.

Краткая аннотация к лекции.

1. Основные понятия теории теплового излучения. Нагретое тело, тепловое излучение, спектр теплового излучения, мощность теплового излучения, дифференциальная светимость, интегральная светимость, дифференциальная яркость, ламбертовский источник, излучательная способность по частоте, излучательная способность по длине волны, связь между излучательными способностями по частоте и длине волны, поглощательная способность тела, абсолютно черное тело. Равновесность теплового излучения и его свойства.
2. Закон Кирхгофа и его следствия. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.
3. Число стоячих волн в полости (число степеней свободы поля излучения абсолютно черного тела). Универсальная функция Кирхгофа и плотность энергии. Формула Рэлея-Джинса.
4. Квантование энергии излучения. Гипотеза Планка. Вывод формулы Планка.
5. Следствия формулы Планка. Вывод законов Стефана-Больцмана и Вина.
6. Оптические пирометры. Радиационная, цветовая, яркостная температуры.

Лекция 2.

Тема: Квантовые свойства света. Квантовые свойства излучения.

Краткая аннотация к лекции.

1. Явление внешнего фотоэффекта. Вакуумный фотоэлемент. Схема включения фотоэлемента. Ток насыщения. Задерживающая разность потенциалов. Законы фотоэффекта.

2. Фотоны. Уравнение Эйнштейна. Двойственность представлений о свете.
3. Практическое применение фотоэффекта. Фотоумножитель. Электронно-оптический преобразователь. Газонаполненный фотоэлемент.
4. Экспериментальные факты. Флуктуации светового потока. Давление света. Опыты Лебедева.
5. Рентгеновское излучение. Опыт Боте. Тормозное и характеристическое излучение. Применение рентгеновских лучей.
6. Эффект Комптона. Экспериментальная установка. Результаты эксперимента. Элементарная теория.

Лекция 3.

Тема: Атом Резерфорда-Бора. Волновые свойства вещества.

Краткая аннотация к лекции.

1. Закономерности в атомных спектрах. Оптические спектры. Закономерности в спектре водорода. Обобщенная формула Бальмера. Комбинационный принцип Ритца.
2. Планетарная модель атома. Модель атома Томсона. Опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц. Ядерная модель атома.
3. Постулаты Бора. Правило квантования круговых орбит. Опыт Франка и Герца.
4. Элементарная боровская теория водородного атома. Схема уровней энергии. Потенциал ионизации атома.
5. Принцип соответствия. Теория Бора как промежуточный этап развития представлений об атоме.
6. Волны де-Бройля. Опыты по дифракции микрочастиц (Дэвиссона и Джермера, Тартаковского и Томсона, Штерна, Бибермана, Сушкина и Фабриканта).
7. Физический смысл волн де-Бройля. Математическая запись волновой функции. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
8. Принцип суперпозиции в квантовой механике. Измерение физических величин. Принцип дополнительности.

Лекция 4.

Тема: Основы квантовой механики. Строение атома.

Краткая аннотация к лекции.

1. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния и их свойства. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.
2. Квантование энергии частицы в потенциальной яме. Квантование энергии линейного гармонического осциллятора. Нулевая энергия. Правило отбора.
3. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Классические аналогии. Туннельный микроскоп.
4. Элементы квантовой теории атома водорода. Квантовомеханическая интерпретация постулатов Бора.
5. Квантование энергии, момента импульса и проекции момента импульса (физический смысл квантовых чисел).
6. Спин электрона. Опыты Штерна и Герлаха. Спин и магнитный момент электрона.
7. Распределение электронов в атоме по энергетическим уровням. Принцип Паули. Электронные оболочки. Периодическая система элементов Менделеева.
8. Спектры многоэлектронных атомов. Природа характеристических рентгеновских спектров. Закон Мозли.
9. Водородоподобные спектры. Спин-орбитальное взаимодействие. Дублеты щелочных металлов.
10. Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана. Электронный парамагнитный резонанс.

Лекция 5.

Тема: Основы физики молекул. Физика проводников и полупроводников. Основы физики твердого тела.

Краткая аннотация к лекции.

1. Молекулы. Понятие о химической связи и валентности. Молекулярные спектры.
2. Прохождение света через вещество. Поглощение света. Комбинационное рассеяние света. Люминесценция. Правило Стокса.
3. Спонтанное и вынужденное излучение. Рубиновый лазер. Гелий-неоновый лазер. Полупроводниковый лазер.
1. Энергетические зоны в кристаллах. Валентная зона, зона проводимости, запрещенная зона. Металлы, полупроводники, диэлектрики.
2. Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Электропроводность металлов.
3. Полупроводники. Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников.
4. Электронные приборы. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковый диод. Транзистор.
5. Квантовая теория теплоемкости. Фононы. Теплопроводность диэлектрических кристаллов.
6. Теплоемкость металлов. Свойства электронного газа. Энергия Ферми. Теплоемкость электронного газа. Понятие о квантовых статистиках.
7. Квантовые явления при низких температурах. Сверхпроводимость. Сверхтекучесть.

Лекция 6.

Тема: Приборы ядерной физики. Физика атомного ядра. Ядерные реакции. Элементарные частицы.

Краткая аннотация к лекции.

1. Методы регистрации ядерных излучений. Сцинтилляционный счетчик. Ионизационная камера. Счетчик Гейгера-Мюллера. Камера Вильсона. Пузырьковая камера Глезера. Толстослойные фотоэмульсии. Черенковский счетчик.
2. Ускорители заряженных частиц. Однокаскадный и линейный каскадный ускорители. Бетатрон. Циклотрон, фазотрон (синхроциклотрон), синхротрон, синхрофазотрон, ускорители на встречных пучках.
3. Масс-спектрометры. Масс-спектрометр Астона. Фильтр скоростей. Масс-спектрометр Бейнбриджа.
4. Состав и характеристики атомного ядра. Нуклоны. Зарядовое и массовое числа. Изотопы, изобары, изотоны, изомеры. Масса и энергия связи ядра. Ядерные силы. Оболочечная и капельная модели ядра.
5. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Виды распада. Правила смещения.
6. Ядерные реакции. Первые ядерные реакции. Открытие нейтрона. Примеры ядерных превращений под действием α -частиц, протонов, нейтронов и γ -квантов. Искусственная радиоактивность.
7. Ядерные реакции под действием нейтронов. Трансурановые элементы. Деление ядер. Неуправляемая цепная ядерная реакция. Атомная бомба.
8. Управляемая цепная ядерная реакция. Ядерные реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Ядерная энергетика. Применение радиоактивных изотопов.
9. Реакции синтеза. Условия осуществления термоядерного синтеза. Водородная бомба. Управляемый термоядерный синтез.
10. Общие сведения об элементарных частицах. Электрон, протон, нейтрон, фотон. Античастицы.
11. Классификация элементарных частиц. Взаимодействие элементарных частиц и законы сохранения. Частицы и античастицы. Барионы и мезоны. Резонансы. Кварковая модель строения адронов. Космические лучи.
12. Фундаментальные взаимодействия. Лептоны и адроны. Частицы участники и частицы переносчики взаимодействия. Обменный характер фундаментальных взаимодействий. Мезоны и барионы. Понятие о кварках.

13. Заключение. Краткий обзор достижений и проблем современной физики. Роль отечественных ученых в развитии физики. Методологическое значение физики физической науки.

3.3. Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрены

3.4. Практические занятия

СЕМЕСТР 5

Практическое занятие 1.

Тема: Законы теплового излучения.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Мощность излучения абсолютно черного тела равна 100 кВт. Найдите температуру этого тела, если площадь его поверхности равна $0,5 \text{ м}^2$.
2. Температура вольфрамовой спирали в 500-ваттной лампе равна 2500 К. Отношение ее излучательной способности к излучательной способности абсолютно черного тела при данной температуре составляет 0,6. Определите величину излучающей поверхности спирали.
3. Мощность излучения абсолютно черного тела равна 10 кВт, а длина волны, на которую приходится максимум его излучательной способности, составляет 0,5 мкм. Найдите величину излучающей поверхности тела.
4. Абсолютно черное тело находится при температуре 4000 К. При остывании этого тела длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности, изменилась на 15 мкм. До какой температуры охладилось тело?
5. Сколько энергии излучает абсолютно черное тело за 1 мин со светящейся поверхности площадью 5 см^2 , если максимум излучательной способности приходится на длину волны 500 нм?
6. Какую мощность надо подводить к зачерненному металлическому шарiku диаметром 10 см, чтобы поддерживать его температуру на 50°C выше температуры окружающей среды, которая равна 20°C ? Считайте, что тепло теряется только вследствие излучения.
7. Длина волны, соответствующая максимуму излучательной способности абсолютно черного тела, составляет 720 нм, площадь излучающей поверхности 5 см^2 . Определите мощность излучения.
8. При напряжении 220 В через спираль лампы течет ток 1,2 А. Диаметр спирали 0,5 мм, длина 8 см. Найдите температуру спирали при условии, что ее можно считать абсолютно черным телом.
9. В какой области спектра лежит длина волны, соответствующая максимуму излучательной способности Солнца, если температура его поверхности 5800 К?

Практическое занятие 2.

Тема: Квантовые свойства света.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. С какой скоростью должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия была равна энергии фотона с длиной волны 630 нм?
2. Определите длину волны лучей, кванты которых имеют такую же энергию, что и электрон, пролетевший разность потенциалов 5 В.
3. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{20}$ фотонов за 2 с. Найдите среднюю длину волны излучения.
4. Считая, что мощность лампы 25 Вт рассеивается во все стороны в виде излучения и средняя длина волны 0,5 мкм, найдите число фотонов, которые падают за 1 с на поверхность площадью 1 см^2 , расположенную перпендикулярно лучам на расстоянии 500 мм от лампы.

5. Точечный источник света потребляет мощность 100 Вт и равномерно испускает свет длиной волны 589 нм во все стороны. КПД источника 0,1%. Найдите число фотонов, испускаемых источником за 1 с.
6. Какую максимальную скорость могут получить вырванные из калия электроны при облучении его фиолетовым светом с длиной волны 0,42 мкм? Работа выхода электрона для калия равна 2 эВ.
7. Работа выхода для цинка равна 3,74 эВ. Возникнет ли фотоэффект под действием излучения с длиной волны 0,45 мкм?
8. Какой длины волны следует направить лучи на поверхность цинка, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов составила 2000 км/с? Красная граница фотоэффекта для цинка равна 0,35 мкм.
9. Найдите красную границу фотоэффекта для лития, если работа выхода электрона из этого металла 2,39 эВ.
10. Найдите величину задерживающего потенциала для фотоэлектронов, испускаемых при освещении калия светом с длиной волны 330 нм. Работа выхода электрона из калия 2,15 эВ.
11. Кванты света с энергией 4,9 эВ вырывают фотоэлектроны из металла с работой выхода 4,5 эВ. Найдите максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.
12. Определите постоянную Планка, если известно, что фотоэлектроны, вырывающиеся с поверхности некоторого металла светом с частотой 2200 ТГц, полностью задерживаются обратной разностью потенциалов 6,6 В, а вырывающиеся светом с частотой 4600 ТГц - разностью потенциалов 16,5 В.
13. До какого максимального потенциала зарядится удаленный от других тел медный шарик при облучении его электромагнитным излучением с длиной волны 140 нм? Работа выхода электрона из меди 4,47 эВ.

Практическое занятие 3.

Тема: Квантовые свойства излучения.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. К электродам рентгеновской трубки приложена разность потенциалов 60 кВ. Наименьшая длина волны рентгеновских лучей, даваемых этой трубкой, равна $0,206 \cdot 10^{-10}$ м. Найдите из этих данных постоянную Планка.
2. Найдите коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.
3. Под каким напряжением работает рентгеновская трубка, если самые жесткие лучи в рентгеновском спектре этой трубки имеют частоту 10^{19} Гц?
4. Давление излучения на плоское зеркало 0,2 Па. Определите интенсивность света, нормально падающего на поверхность зеркала с коэффициентом отражения 0,6.
5. Найдите давление света на стенки электрической 200-ваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы отражают 10% падающего на них света. Считайте, что вся потребляемая мощность идет на излучение.
6. На поверхность площадью 200 см^2 ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найдите величину светового давления в тех случаях, когда поверхность полностью отражает и полностью поглощает все падающие на нее лучи.
7. Рентгеновы лучи с длиной волны 70,8 пм испытывают комптоновское рассеяние на парафине. Найдите длину волны рентгеновских лучей, рассеянных под углами 90° и 180° по отношению к направлению падающего пучка.
8. В явлении Комптона энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном отдачи. Найдите энергию и импульс рассеянного под углом $\pi/2$ фотона.

9. В теории эффекта Комптона изменение длины волны при рассеянии оказывается независимым от природы рассеивающего вещества. Является ли этот вывод строгим?
10. Вычислите комптоновское смещение и относительное изменение длины волны для середины видимого спектра при рассеянии под углом 90° на первоначально покоившихся свободных электронах. Можно ли наблюдать соответствующее явление экспериментально?
11. Фотон при столкновении с релятивистским электроном рассеялся под углом 60° , а электрон потерял почти всю кинетическую энергию. Найдите изменение длины волны фотона при рассеянии, если до столкновения он обладал энергией 0,51 МэВ.
12. Определите максимальные комптоновские изменения длины волны при рассеянии фотонов на свободных первоначально покоившихся электронах и ядрах атомов водорода.
13. Фотон жестких рентгеновских лучей с длиной волны 24 пм при соударении со свободным электроном передал ему 9% своей энергии. Определите длину волны рассеянного рентгеновского излучения.
14. Фотон с энергией 0,75 МэВ рассеялся на свободном электроном под углом 60° . Найдите энергию рассеянного фотона, кинетическую энергию и импульс электрона отдачи. Кинетической энергией электрона до взаимодействия можно пренебречь.

Практическое занятие 4.

Тема: Атом Резерфорда-Бора.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Найдите радиус третьей боровской электронной орбиты в атоме водорода и скорость электрона на ней.
2. Атом водорода находится в четвертом возбужденном состоянии. Найдите его потенциал ионизации.
3. Насколько изменилась кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны 486 нм?
4. В каких пределах должны лежать длины волн монохроматического света, чтобы при возбуждении атомов водорода квантами этого света радиус орбиты электрона увеличился в 9 раз?
5. Найдите первый потенциал возбуждения двукратно ионизованного лития.
6. Найдите потенциал ионизации однократно ионизованного гелия.
7. Найдите длину волны фотона, соответствующего переходу электрона со второй боровской орбиты на первую в однократно ионизованном атоме гелия.
8. Электрон, пройдя разность потенциалов 4,9 В, сталкивается с атомом ртути и переводит его в первое возбужденное состояние. Какую длину волны имеет фотон, соответствующий обратному переходу атома в нормальное состояние?
9. Атом водорода излучает фотон с частотой ν . Найдите изменение длины волны фотона, возникающее вследствие отдачи, претерпеваемой атомом при излучении.
10. Какую работу нужно совершить, чтобы удалить электрон с четвертой боровской орбиты атома водорода за пределы притяжения его ядром?
11. Найдите наибольшую и наименьшую длину волны спектральных линий водорода в видимой области спектра.
12. Какую наименьшую скорость должны иметь электроны, чтобы при возбуждении ими атомов водорода появились все линии всех серий спектра водорода?
13. Какую наименьшую энергию в электрон-вольтах должны иметь электроны, чтобы при возбуждении атомов водорода ударами этих электронов спектр водорода имел три спектральные линии?
14. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Постоянная решетки равна 5 мкм. Какому

переходу электрона соответствует спектральная линия, наблюдаемая при помощи этой решетки в спектре пятого порядка под углом 41° ?

15. Определите энергию фотона, соответствующего наименьшей длине волны в ультрафиолетовой серии водорода.
16. Атом водорода облучается ультрафиолетовым излучением с длиной волны 100 нм. Определите, какие спектральные линии появляются в спектре водорода.

Практическое занятие 5.

Тема: Волновые свойства вещества. Основы квантовой механики.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Найдите длину волны де-Бройля для электрона, прошедшего разность потенциалов 500 В.
2. Найдите длину волны де-Бройля для протона, прошедшего разность потенциалов 1000 В.
3. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 200 В, имеет длину волны де-Бройля, равную 2 пм. Найдите массу этой частицы, если известно, что заряд ее численно равен заряду электрона.
4. Параллельный пучок электронов, ускоренных разностью потенциалов 250 В, нормально падает на диафрагму с двумя узкими щелями, расстояние между которыми 5 мкм. Определите расстояние между соседними максимумами интерференционной картины на экране, расположенном на расстоянии 50 см от щелей.
5. Узкий пучок моноэнергетических электронов падает под углом скольжения 60° на естественную грань некоторого монокристалла. Расстояние между соседними атомными плоскостями, параллельными этой грани монокристалла, равно 0,3 нм. При некотором ускоряющем напряжении наблюдали максимум зеркального отражения. Найдите это напряжение, если известно, что следующий максимум зеркального отражения возникал при его увеличении в 4 раза.
6. Узкий пучок моноэнергетических электронов падает нормально на поверхность монокристалла никеля. В направлении, составляющим угол 60° градусов с нормалью к поверхности наблюдается максимум отражения второго порядка при энергии электронов 360 эВ. Вычислите соответствующее значение межплоскостного расстояния.
7. Параллельный пучок моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму со щелью шириной 1 мкм. Определите скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстояние 50 см, ширина центрального дифракционного максимума составляет 0,5 мм.
8. Какова наименьшая ошибка, с которой можно определить скорость электрона, если координата его установлена с неопределенностью 0,2 мкм?
9. Оцените минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером 0,4 нм.
10. Электрон с кинетической энергией порядка 10 эВ локализован в области размером 2 мкм. Оцените *относительную* неопределенность его скорости.
11. Оцените наименьшие ошибки, с которыми можно определить скорость электрона, протона и шарика массы 1 мг, если координаты частиц и центра шарика установлены с неопределенностью 1 мкм.
12. Электрон с кинетической энергией 4 эВ локализован в области размером 1 мкм. Найдите абсолютную и относительную неопределенности его скорости.
13. Длительность возбужденного состояния атома водорода 10^{-7} с. Какова неопределенность энергии в этом состоянии?

Практическое занятие 6.

Тема 1: Строение атома. Основы физики молекул. Физика проводников и полупроводников.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Какое наименьшее напряжение надо приложить к рентгеновской трубке, чтобы получить все линии K -серии, если в качестве материала антикатада взять медь, серебро, вольфрам, платину?
2. Чему равна постоянная экранирования для вольфрама, если при переходе электрона в атоме вольфрама с M -слоя на L -слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны 143 пм?
3. При переходе электрона в атоме с L -слоя на K -слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны 78,8 пм. Какой это атом?
4. Найдите длину волны линии K меди ($Z=29$), если известно, что длина волны линии K железа ($Z=26$) равна 193 пм.
5. Сколько элементов содержится в ряду между теми, у которых длины волн K -линий равны 250 и 179 пм?
6. При некотором напряжении на рентгеновской трубке с алюминиевым антикатодом длина волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра равна 0,50 нм. Будет ли наблюдаться при этом K -серия характеристического спектра, потенциал возбуждения которой равен 1,56 кВ?
7. При увеличении напряжения на рентгеновской трубке от 10 кВ до 20 кВ интервал длин волн между K -линией и коротковолновой границей сплошного рентгеновского спектра увеличился в три раза. Определите порядковый номер элемента антикатада этой трубки.
8. В медном проводнике площадью поперечного сечения $0,4 \text{ см}^2$ сила тока 1,5 А. Найдите среднюю скорость дрейфа электронов, если концентрация носителей заряда $8,4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.
9. В серебре объемом 1 м^3 находится приблизительно $5,8 \cdot 10^{28}$ электронов проводимости. Найдите среднюю скорость дрейфа электронов при наложении вдоль проводника электрического поля напряженностью 1 В/см.
10. Ширина запрещенной зоны алмаза 6 эВ. Найдите длинноволновую границу поглощения света алмазом.
11. Во сколько раз изменится электропроводность чистого германия при повышении температуры от -23°C до $+27^\circ\text{C}$, если ширина запрещенной зоны для германия равна 0,74 эВ?
12. Во сколько раз концентрация носителей заряда в чистом сплаве InSb при температуре 400 К больше концентрации при температуре 300 К? Ширина запрещенной зоны для InSb 0,18 эВ.
13. Какова вероятность того, что электрон при температуре 27°C займет состояние, лежащее на 0,1 эВ выше уровня Ферми?
14. Найдите энергию Ферми для свободных электронов калия при абсолютном нуле, считая, что на один атом приходится один свободный электрон.
15. Энергия Ферми при абсолютном нуле для натрия равна 3,15 эВ. Найдите число свободных электронов, приходящихся на один атом натрия.
16. Найдите максимальную скорость электронов в металле при абсолютном нуле, если уровень Ферми 5 эВ.

Тема 2: Физика атомного ядра.

1. Сколько протонов, нейтронов и электронов содержится в атомах изотопов углерода: $^{11}_6\text{C}$, $^{14}_6\text{C}$?
2. Найдите энергию связи ядер ^3_1H и ^3_2He . Какое из этих ядер наиболее устойчиво?
3. Найдите число протонов, нейтронов, электронов в атомах изотопов магния.
4. Вычислите в атомных единицах массы: а) массу атома ^8_3Li , энергия связи ядра которого 41,3 МэВ; б) массу ядра $^{10}_6\text{C}$, у которого энергия связи на один нуклон равна 6,0 МэВ.

5. Найдите с помощью табличных значений масс атомов: 1) среднюю энергию связи на один нуклон в ядре $^{16}_8\text{O}$, 2) энергию связи ядра $^{11}_5\text{B}$.
6. Активность некоторого препарата уменьшается в 2,5 раза за 7 суток. Найдите период полураспада. Через какой промежуток времени активность препарата уменьшится в 5 раз?
7. Найдите постоянную распада радона, если известно, что число атомов уменьшается за сутки на 18,3%.
8. Некоторый радиоактивный препарат имеет постоянную распада $1,44 \cdot 10^{-3}$ часа. Через сколько времени распадается 75% первоначального количества атомов?

3.5. Лабораторные работы

СЕМЕСТР 5

На занятиях осуществляется: допуск к работе, сборка экспериментальной установки, выполнение эксперимента, обработка полученных результатов, оформление отчета, заключение по работе, получение дифференцированного зачета по выполненной работе.

При выполнении эксперимента студент выполняет задания:

- 1) соберите электрическую цепь в соответствии с принципиальной схемой;
- 2) научитесь пользоваться электроизмерительными приборами; определите системы приборов, их пределы измерения, класс точности, относительную и абсолютную погрешности;
- 3) продумайте последовательность действий при выполнении эксперимента;
- 4) выполните эксперимент, записывая результаты непосредственных измерений в заранее подготовленную таблицу;
- 5) постройте графики исследованных в эксперименте зависимостей одних величин от других;
- 6) сделайте необходимые вычисления;
- 7) определите погрешности полученных результатов;
- 8) оформите выполненную работу;
- 9) напишите заключение по выполненной работе.

Лабораторные работы оснащены инструкциями, содержащими перечень оборудования и задания. Цель работы формулируется студентами самостоятельно на основе ее названия. На выполнение одной лабораторной работы требуется 4 часа. Поэтому целесообразны сдвоенные занятия лабораторного практикума.

Лабораторная работа 1

Тема: Градуировка монохроматора по спектру ртути

Оборудование: Лабораторная установка для градуировки монохроматора по спектру ртути.

Лабораторная работа 2

Тема: Закон Кирхгофа и явление обращения спектральных линий

Оборудование: Лабораторная установка для проверки закона Кирхгофа и исследования явление обращения спектральных линий.

Лабораторная работа 3

Тема: Явление внешнего фотоэффекта

Оборудование: Лабораторная установка для изучения явления внешнего фотоэффекта.

Лабораторная работа 4

Тема: Закономерности в спектре водорода

Оборудование: Лабораторная установка для исследования закономерностей в спектре водорода.

Лабораторная работа 5

Тема: Соотношение неопределенностей для фотонов

Оборудование: Лабораторная установка для изучения соотношения неопределенностей для фотонов.

Лабораторная работа 6

Тема: Спектры поглощения растворов

Оборудование: Лабораторная установка для изучения спектров поглощения растворов.

3.6. Контроль самостоятельной работы

Учебным планом не предусмотрены

3.7. Самостоятельная работа студентов

Рекомендуемые формы самостоятельной работы студентов: 1) оформление конспекта; 2) решение физических задач; 3) подготовка к лабораторной работе; 4) оформление отчета по лабораторной работе; 5) подготовка к контрольной работе.

4. Фонд оценочных средств

ФОС включает оценочные средства текущего, промежуточного и поститогового контроля (Приложение 1).

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

5.1. Основная литература

1. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 2: электромагнетизм, оптика, квантовая физика : учебник для вузов / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 441 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-1754-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/559925> (дата обращения: 31.03.2026).
2. Неволин, В. К. Квантовая физика и нанотехнологии / В. К. Неволин. — Москва : Техносфера, 2013. — 128 с. — ISBN 978-5-94836-361-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/16975.html> (дата обращения: 30.03.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Майер В.В. Квантовая физика: Элементы теории: Учебное руководство [Электронный ресурс] / Майер В.В. 153 с. Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/efd/715947> (дата обращения: 27.03.2026).
4. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики: Учеб. пособие / В.С. Волькенштейн. СПб. : Книжный мир, 2008. — 328 с. (20 экземпляров)
5. Хренников, А. Ю. Квантовая физика и неколмогоровские теории вероятностей: учебное пособие для вузов / А. Ю. Хренников. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 219 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04355-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513207> (дата обращения: 31.03.2026).
6. Волновая оптика и квантовая физика : учебное пособие / О. И. Кондратьева, И. А. Старостина, С. А. Казанцев, Е. В. Бурдова. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2010. — 160 с. — ISBN 978-5-7882-0996-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/61832.html> (дата обращения: 30.03.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7. Гершензон Е.М. Оптика и атомная физика: Учеб. пособие для студ. пед. вузов / Е. М. Гершензон, Н.Н. Малов, А.Н. Мансуров. М. : Академия, 2000. – 408 с. (28 экземпляров)
8. Ташлыкова-Бушкевич, И. И. Физика. Часть 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества : учебник / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2014. — 232 с. — ISBN 978-985-06-2506-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/35563.html> (дата обращения: 30.03.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
9. Гестрин, С. Г. Оптика и квантовая физика : электронное учебное пособие / С. Г. Гестрин, Е. К. Сергеева, Е. В. Щукина. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2013. — 49 с. — ISBN 978-5-7433-2631-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/80110.html> (дата обращения: 30.03.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

5.2. Дополнительная литература

1. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 2: электромагнетизм, оптика, квантовая физика : учебник для бакалавров / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 441 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-1754-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/425490> (дата обращения: 31.03.2026).
2. Виноградова, Н. Б. Квантовая физика : лабораторный практикум / Н. Б. Виноградова, А. Б. Казанцева. — 2-е изд. — Москва : Московский педагогический государственный университет, 2024. — 148 с. — ISBN 978-5-4263-0224-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/145795.html> (дата обращения: 30.03.2026). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике: учеб. пособие для вузов / И.Е. Иродов. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 432 с. (30 экземпляров)
4. Гороховатский, Ю. А. Оптика : учебник и практикум для вузов / Ю. А. Гороховатский, И. И. Фадеева ; под редакцией Ю. А. Гороховатского. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 220 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10804-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517433> (дата обращения: 31.03.2026).
5. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: в 5 т. Т. 5. Атомная и ядерная физика. Учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов / Д.В. Сивухин. — М. : Физматлит, 2006. — 784 с. (10 экземпляров)
6. Горлач, В. В. Физика: квантовая физика. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. В. Горлач. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 114 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10137-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513821> (дата обращения: 31.03.2026).

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

6.1 Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Физика в опытах и экспериментах: <https://www.getaclass.ru/course/fizika-v-opytah-i-eksperimentah>

2. Журналы:

<https://fiz.1sept.ru/fizarchive.php> – Физика

<http://www.kvant.info/> – Квант

https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=9870 – Учебная физика

<https://iopscience.iop.org/journal/0031-9120> – Physics Education

<https://aapt.scitation.org/journal/pte> – The Physics Teacher

6.2. Перечень необходимых профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Электронная библиотечная система «IPR SMART». Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

Электронная библиотечная система «Юрайт». Режим доступа: <https://urait.ru>

Электронно-библиотечная система «Лань» (раздел «Сетевая электронная библиотека педагогических вузов»). Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

Электронно-библиотечная система «Рукопт». Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/search>

Межвузовская электронная библиотека. Режим доступа: <https://icdlib.nspu.ru/>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Национальная электронная детская библиотека. Режим доступа: <https://arch.rgdb.ru/xmlui/>

Национальная электронная библиотека. Режим доступа: <https://rusneb.ru>

Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. Режим доступа: <https://www.prilib.ru>

Polpred.com Обзор СМИ. Режим доступа: <https://polpred.com>

7. Методические указания и учебно-методическое обеспечение для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина реализуется в соответствии с указаниями «Методические рекомендации по организации образовательного процесса при освоении дисциплины», размещенными в ЭИОС университета (eios.ggpi.org).

Методические рекомендации для работы с инвалидами и лицами с ОВЗ размещены в ЭИОС университета (eios.ggpi.org).

8. Материально-техническая база, программное обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Учебный корпус 1, аудитории 205, 208, 209.

В образовательном процессе используется свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства: экосистема Яндекс, Mail.ru и др.

Полный перечень материально-технической базы и программного обеспечения размещены в ЭИОС университета (eios.ggpi.org).

9. Рейтинг-план оценки успеваемости студентов

В течение семестра проводится рейтинг для осуществления текущего контроля за освоением учебного материала студентами. За факт посещения занятий баллы не ставятся. Оценивание результатов всех видов деятельности производится по пятибалльной шкале.

Оценки по теории. Систематически на лекциях проводятся *собеседования по пройденному материалу* (не реже одного раза в три лекции); *проверка знания формул* (не менее 3 раз за семестр). Два раза в семестр проводятся *контрольные работы по теории*.

Оценки по практике. В течение семестра проводятся не менее четырех *контрольных работ по задачам*.

Оценки по лабораторным работам. Студенты сдают *письменные отчеты по лабораторным работам*.

- 1) Перед выполнением лабораторной работы проводится краткое собеседование или студенты в течение 30 минут письменно излагают теоретический материал, изученный при подготовке к работе.
- 2) Студент допускается к выполнению работы, если в его тетради оформлена заготовка отчета, и он понимает физическую сущность явлений, которые собирается исследовать.
- 3) В процессе выполнения работы проверяются знания принципа действия используемых приборов, умения собирать экспериментальную установку, выполнять измерения и обрабатывать их результаты.
- 4) Полностью готовый отчет по работе проверяется преподавателем.
- 5) По каждой работе студент получает две оценки: первую – за теорию, вторую – за проведение и оформление результатов эксперимента.

Лист регистрации изменений и дополнений к РПД
(фиксируются изменения и дополнения перед началом учебного года,
при необходимости внесения изменений на следующий год –
оформляется новый лист изменений)

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой	Дата, номер протокола заседания совета факультета. Подпись декана факультета
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОБЩАЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ФИЗИКА. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

1. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и послитогового контроля по дисциплине

1.1. Настоящий Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине «Общая и экспериментальная физика. Квантовая физика» является неотъемлемым приложением к рабочей программе дисциплины «Общая и экспериментальная физика. Квантовая физика» (РПД). На данный ФОС распространяются все реквизиты утверждения, представленные в РПД по данной дисциплине.

1.2. Оценивание всех видов контроля (текущего, промежуточного, послитогового) осуществляется по 5-ти балльной шкале.

1.3. Результаты оценивания текущего контроля учитываются в рейтинге.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	ПК-1
Формулировка компетенции	Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач
Индикатор достижения компетенции	ИПК 1.1 Знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области (преподаваемого предмета) ИПК 1.2 Умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО ИПК 1.3 Демонстрирует умение разрабатывать различные формы учебных занятий, применять методы, приемы и технологии обучения, в том числе информационные

Код компетенции	ПК-3
Формулировка компетенции	Способен формировать развивающую образовательную среду для достижения личностных, предметных и метапредметных результатов обучения средствами преподаваемых учебных предметов
Индикатор достижения компетенции	ИПК 3.1 Владеет способами интеграции учебных предметов для организации развивающей учебной деятельности (исследовательской, проектной, групповой и др.) ИПК 3.2 Использует образовательный потенциал социокультурной среды региона в преподавании (предмета по профилю) в учебной и во внеурочной деятельности ИПК 3.3 Знает психолого-педагогические условия создания развивающей образовательной среды для достижения личностных и метапредметных результатов обучения

3. Содержание оценочных средств текущего контроля и критерии их оценивания

3.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в следующих формах: собеседование по пройденному материалу, проверка знания формул, контрольная работа по теории, контрольная работа по задачам, отчет по лабораторной работе.

3.2. Формы текущего контроля и критерии их оценивания.

Форма контроля 1: собеседование по пройденному материалу

Типовые вопросы для собеседования по пройденному материалу

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.; ПК-3: ИПК-3.1., ИПК-3.2., ИПК-3.3.

Время ответа на поставленный вопрос не более 2-3 минут.

Критерии оценивания: исчерпывающий ответ – 5 баллов; ответ с неточностями – 4 балла; удовлетворительный ответ – 3 балла; неверный ответ – 2 балла; отсутствие ответа – 1 балл.

1. Что такое внешний фотоэффект?
2. Опишите устройство вакуумного фотоэлемента.
3. Нарисуйте схему включения фотоэлемента.
4. Что называется током насыщения?
5. Чем определяется задерживающая разность потенциалов?
6. Сформулируйте законы фотоэффекта.
7. Дайте определение фотона.
8. Назовите уравнение Эйнштейна и поясните входящие в него величины.
9. В чем состоит двойственность представлений о свете.
10. В чем состоит практическое применение фотоэффекта?
11. Каков принцип действия фотоумножителя?
12. Что собой представляет электронно-оптический преобразователь?

Форма контроля 2: проверка знания формул

Типовые задания для проверки знания формул

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.; ПК-3: ИПК-3.1., ИПК-3.2., ИПК-3.3.

Время выполнения задания 3 минуты.

Критерии оценивания: правильная формула – 1 балл; неверная формула – 0 баллов; итоговая оценка определяется суммой набранных баллов.

Запишите следующие формулы:

- 1) энергия фотона;
- 2) импульс фотона;
- 3) уравнение Эйнштейна;
- 4) задерживающая разность потенциалов;
- 5) давление света.

Форма контроля 3: контрольная работа по теории

Типовая контрольная работа по теории

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.; ПК-3: ИПК-3.1., ИПК-3.2., ИПК-3.3.

Время выполнения задания 90 минут.

Контрольная работа по атомной физике.

Критерии оценивания: зачет по работе ставится, если даны не менее 50% верных ответов, удовлетворительно – не менее 60%, хорошо – не менее 80% и отлично – если даны не менее 90% правильных ответов.

На контрольную работу отводится два академических часа. Студент получает специальное пособие и аккуратно вписывает ответы на поставленные вопросы в отведенные для этого места. Текст и формулы пишутся ручкой, рисунки выполняются мягким карандашом.

1. Волновые свойства вещества.

1. Изобразите движущуюся частицу и соответствующую ей волну де-Бройля. Приведите характеризующие их формулы импульса и энергии.
2. Приведите схему опыта по дифракции микрочастиц.
3. Укажите физический смысл волн де-Бройля. Приведите математическую запись волновой функции.
4. Запишите соотношение неопределенностей Гейзенберга.
5. Сформулируйте принцип дополнительности.

2. Основы квантовой механики.

1. Запишите временное уравнение Шредингера.
2. Запишите уравнение Шредингера для стационарных состояний.
3. Опишите квантование энергии частицы в потенциальной яме.
4. Запишите формулу квантования энергии линейного гармонического осциллятора.
5. Что такое нулевая энергия?
6. Сформулируйте правило отбора.
7. Дайте определение туннельного эффекта.
8. Изложите классическую аналогию туннельного эффекта.

3. Строение атома.

1. Запишите квантовые числа и их физический смысл. Сформулируйте правило отбора.
2. Зарисуйте и поясните схему опыта Штерна и Герлаха.
3. Дайте определения и приведите формулы спина и магнитного момента электрона.
4. Сформулируйте принцип Паули.
5. Приведите таблицу состояний электронов в атоме.
6. Запишите положения, на которых базируется периодическая система Д.И. Менделеева.
7. Опишите характеристические рентгеновские спектры. Приведите закон Мозли.

4. Основы физики молекул.

1. Перечислите и поясните виды химической связи.
2. Опишите молекулярные спектры.
3. Запишите, как происходит поглощение света. Что такое комбинационное рассеяние света?
4. Дайте понятие люминесценции, сформулируйте правило Стокса.
5. Схематически изобразите и поясните спонтанное и вынужденное излучение.
6. Нарисуйте схему и поясните работу рубинового лазера.
7. Опишите работу гелий-неонового лазера.

5. Физика проводников и полупроводников.

1. Схематически изобразите энергетические зоны в кристаллах. Что называется валентной зоной, зоной проводимости, запрещенной зоной?
2. Нарисуйте схемы энергетических уровней металлов, полупроводников, диэлектриков.
3. Дайте определение и уровни Ферми.
4. Изложите представления об уровне Ферми в полупроводниках. Охарактеризуйте собственную и примесную проводимость полупроводников.
5. Схематически изобразите электронно-дырочный переход и изложите принцип действия полупроводникового диода.

6. Основы физики твердого тела.

1. Изложите суть открытия Камерлинг-Оннеса. Нарисуйте график зависимости удельного сопротивления от температуры для металла и сверхпроводника.
2. Перечислите свойства сверхпроводимости.

Форма контроля 4: контрольная работа по задачам

Типовая контрольная работа по задачам

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.; ПК-3: ИПК-3.1., ИПК-3.2., ИПК-3.3.

Время выполнения задания 45 минут.

Критерии оценивания.

1. Условие задачи аккуратно и разборчиво записано словами.
2. Данные задачи кратко выписаны столбиком переведены в систему СИ.
3. Корректно и аккуратно изображено относящееся к задаче физическое явление.
4. Пояснены все относящиеся к задаче формулы.
5. Правильно сделан вывод расчетной формулы.
6. Безошибочно получено числовое значение искомой величины.
7. Правильно записан и проанализирован полученный ответ.

Неправильно решенная задача получает 2 балла; правильно решенная задача оценивается 3 баллами, к которым добавляется по одному баллу за каждый выполненный пункт критериев оценивания. Все баллы суммируются; зачет по задаче ставится, если набраны не менее 5 баллов, удовлетворительно – не менее 6, хорошо – не менее 8 и отлично – если получены не менее 9 баллов.

Типовая контрольная работа по задачам на квантовые свойства света

Задача 1. Какой длины волны следует направить лучи на поверхность цинка, чтобы максимальная скорость фотоэлектронов составила 2000 км/с? Красная граница фотоэффекта для цинка равна 0,35 мкм.

Задача 2. Определите постоянную Планка, если известно, что фотоэлектроны, вырывающиеся с поверхности некоторого металла светом с частотой 2200 ТГц, полностью задерживаются обратной разностью потенциалов 6,6 В, а вырывающиеся светом с частотой 4600 ТГц - разностью потенциалов 16,5 В.

Форма контроля 5: отчет по лабораторной работе

Типовой отчет по лабораторной работе

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.; ПК-3: ИПК-3.1., ИПК-3.2., ИПК-3.3.

Время выполнения задания: в течение лабораторных занятий.

На каждое занятие студент приходит с заранее оформленной заготовкой отчетов по запланированным экспериментам. Студент допускается к выполнению эксперимента, если он: 1) предъявляет полноценную заготовку отчета; 2) понимает физическую сущность исследуемого явления; 3) представляет порядок выполнения эксперимента; 4) знает требования техники безопасности.

Для оформления лабораторных работ необходима рабочая тетрадь. В качестве нее лучше всего подходит обычная ученическая тетрадь в клеточку объемом 18 листов. Записи в тетради производятся чернилами, рисунки выполняются мягким карандашом с грифелем 2В диаметром 0,5 мм. Отчеты по выполненным экспериментам включают следующие пункты.

1. *Название исследования*, которое определяет содержание предстоящей лабораторной работы.

2. *Цели эксперимента* студент формулирует самостоятельно. Для этого нужно прочитать имеющееся в пособии описание экспериментального исследования и представить себе основные его этапы. Затем необходимо сформулировать и записать цели обучения, развития и воспитания, которые студент перед собой ставит.
3. *Вывод расчетной формулы* осуществляется в основном по пособию к лабораторным работам. Оптическая схема изучаемого квантового явления совершенно необходима.
4. *Устройство и принцип действия физических приборов.* При подготовке к работе должны быть изучены используемые в ней физические приборы и в рабочей тетради описаны те из них, которые студенту встречаются впервые.
5. *Экспериментальная установка.* По приведенному в пособии описанию студент рисует оптическую и электрическую схему экспериментальной установки, обозначает на ней все элементы установки и поясняет их назначение.
6. *Выполнение эксперимента* заключается в создании условий для воспроизведения исследуемого квантового явления и проведении необходимых измерений. Поэтому при подготовке отчета в рабочей тетради должен быть представлен порядок выполнения эксперимента, сделаны карандашом заготовки таблиц для записи результатов непосредственных измерений и вычислений, оставлено место для возможных заметок по ходу эксперимента.
7. *Наблюдаемые явления.* Если в процессе выполнения учебного исследования студент впервые наблюдает квантовые явления, то они должны быть описаны, сфотографированы и объяснены.
8. *Результаты эксперимента.* Студент самостоятельно выбирает способ обработки экспериментальных данных. Предпочтение отдается общепринятому алгоритму обработки результатов непосредственных измерений, который состоит в вычислении стандартной погрешности.
9. *Дополнительные вопросы.* В описании каждой лабораторной работы приведены дополнительные вопросы, на которые должен уметь отвечать студент.
10. *Заключение.* Студент указывает особенности выполненного эксперимента, перечисляет встретившиеся трудности, делает самооценку своей деятельности и определяет, насколько удалось достичь поставленные перед собой цели.
11. *Оценивание выполненной работы.* На каждом занятии, кроме двух первых, студенты отчитываются по выполненной на предыдущем занятии работе. После беседы со студентом преподаватель двумя независимыми оценками по пятибалльной шкале оценивает знание физической теории исследованного явления (пункты 1, 3, 4) и экспериментальные умения, полученные при выполнении лабораторной работы (пункты 5-8). При необходимости он задает один или несколько дополнительных вопросов.

Оценки записываются в рабочую тетрадь, ставится дата и подпись преподавателя.

3.3. Методические указания по проведению процедуры текущего контроля

1. Текущий контроль проводится на протяжении всего семестра.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов текущего контроля проводятся преподавателем, ведущим дисциплину.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется в течение недели после проведения контрольного мероприятия.
4. Результаты текущего контроля учитываются в рейтинге по дисциплине.
5. Все материалы, полученные от обучающихся в ходе текущего контроля (контрольная работа, диктант, тест, организация дискуссии, круглого стола, доклад, реферат, отчет по лабораторной работе, отчет по педагогической практике и т.п.), должны храниться в течение текущего семестра на кафедрах.
6. Считать, что положительные результаты текущего контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования указанных компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапов формирования компетенций).

4. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации и критерии их оценивания

4.1. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена.

4.2. Содержание оценочного средства совпадает с содержанием дисциплины, представленным в рабочей программе дисциплины. Форма оценочного средства представляет собой набор из экзаменационных билетов, число которых равно числу тем лекционных занятий. Каждый билет состоит из трех пунктов: знать, уметь и владеть.

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.; ПК-3: ИПК-3.1., ИПК-3.2., ИПК-3.3.

Время выполнения задания: 2 часа – письменное оформление ответа, 15 минут – устная беседа.

Экзаменационные вопросы согласно ЯДРУ

1. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа.
2. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно твердого тела. Закон смещения Вина, закон Стефана-Больцмана.
3. Формула Планка для излучательной способности абсолютно черного тела.
4. Оптические пирометры.
5. Фотоэффект. Фотоны. Уравнение Эйнштейна.
6. Давление света с квантовой точки зрения. Опыты Лебедева.
7. Тормозное рентгеновское излучение.
8. Эффект Комптона.
9. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм. Статистическая интерпретация волновой функции.
10. Дифракция электронов: опыты Дэвиссона и Джермера, опыты Томсона.
11. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Измерения физических величин в квантовой механике.
12. Волновая функция и ее физический смысл. Принцип суперпозиции состояний. Уравнение Шрёдингера.
13. Уравнение Шрёдингера для стационарных состояний. Стандартные условия для волновой функции.
14. Квантование энергии частицы в потенциальной яме.
15. Частица в поле потенциальной ступеньки.
16. Туннельный эффект.
17. Квантование энергии линейного гармонического осциллятора. Нулевая энергия.
18. Опыты Резерфорда. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца.
19. Модель атома водорода Резерфорда-Бора. Спектр атома водорода.
20. Квантование момента импульса и его проекции.
21. Спин электрона. Магнитный момент электрона. Опыты Штерна и Герлаха.
22. Одноэлектронный атом. Квантовые числа электрона в атоме водорода.
23. Энергетические уровни и спектры атомов щелочных металлов.
24. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура энергетических уровней и спектральных линий атомов водорода и щелочных металлов.
25. Принцип Паули. Состояние электрона в многоэлектронном атоме. Электронные оболочки. Периодическая система элементов Менделеева.
26. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
27. Природа химической связи.
28. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света.
29. Люминесценция. Правило Стокса.
30. Спонтанное и вынужденное излучения. Лазеры.

31. Экспериментальные методы ядерной физики: счетчики частиц, трековые камеры, фотоэмульсии, масспектрографы, ускорители заряженных частиц.
32. Свойства атомных ядер. Состав ядра. Нуклоны. Изотопы.
33. Нуклон-нуклонное взаимодействие и свойства ядерных сил.
34. Энергия связи ядра. Удельная энергия связи.
35. Капельная и оболочечная модели ядра.
36. Естественная радиоактивность. α - и β -распады, γ -излучение. Правила смещения.
37. Закон радиоактивного распада. Активность. Радиоактивные семейства.
38. Теория альфа- и бета-распадов.
39. Ядерные реакции. Типы ядерных реакций. Энергия реакции.
40. Деление ядер. Цепные реакции. Ядерные реакторы на тепловых и быстрых нейтронах.
41. Реакция синтеза. Проблема управляемого термоядерного синтеза.
42. Проблемы радиационной экологии. Защита от ядерных излучений.
43. Частицы и античастицы. Космическое излучение.
44. Фундаментальные взаимодействия и классификация элементарных частиц.
45. Кварковая модель строения адронов.
46. Фундаментальные частицы. Частицы-участники и частицы-переносчики взаимодействий.

Примерное содержание экзаменационных билетов

Экзаменационный билет № 1

ЗАКОНЫ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1. *Знать физическую теорию.* Основные понятия теории теплового излучения: спектр, мощность, дифференциальная и интегральная светимость, дифференциальная яркость, ламбертовский источник, излучательная способность, связь между излучательными способностями по частоте и длине волны, поглощательная способность тела, абсолютно черное тело. Равновесность теплового излучения и его свойства. Закон Кирхгофа и его следствия. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Что понимают под обращением спектральных линий? Нарисуйте оптическую схему экспериментальной установки, позволяющей исследовать это явление. Объясните физическую сущность явления обращения спектральных линий. Как оно используется на практике?
3. *Владеть методами решения физических задач.* При напряжении 220 В через спираль лампы течет ток 1,2 А. Диаметр спирали 0,5 мм, длина 8 см. Найдите температуру спирали при условии, что ее можно считать абсолютно черным телом.

Экзаменационный билет № 2

КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1. *Знать физическую теорию.* Число степеней свободы поля излучения абсолютно черного тела. Универсальная функция Кирхгофа и плотность энергии. Формула Рэлея-Джинса. Гипотеза Планка. Квантование энергии излучения. Вывод формулы Планка. Следствия формулы Планка. Вывод законов Стефана-Больцмана и Вина.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Нарисуйте схемы, объясните устройство и принцип действия оптических пирометров. Что такое радиационная, цветовая и яркостная температура?
3. *Владеть методами решения физических задач.* Абсолютно черное тело находится при температуре 4000 К. При остывании этого тела длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности, изменилась на 15 мкм. До какой температуры охладилось тело?

Экзаменационный билет № 3
КВАНТОВЫЕ СВОЙСТВА СВЕТА

1. *Знать физическую теорию.* Явление внешнего фотоэффекта. Вакуумный фотоэлемент. Схема включения фотоэлемента. Ток насыщения. Задерживающая разность потенциалов. Законы фотоэффекта. Фотоны. Уравнение Эйнштейна. Двойственность представлений о свете. Давление света. Опыты Лебедева.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Что такое флуктуации светового потока и как они были обнаружены? Как устроены и в чем состоит принцип действия фотоумножителя, электронно-оптического преобразователя и газонаполненного фотоэлемента?
3. *Владеть методами решения физических задач.* Определите постоянную Планка, если известно, что фотоэлектроны, вырывающиеся с поверхности некоторого металла светом с частотой 2200 ТГц, полностью задерживаются обратной разностью потенциалов 6,6 В, а вырывающиеся светом с частотой 4600 ТГц – разностью потенциалов 16,5 В.

Экзаменационный билет № 4
КВАНТОВЫЕ СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ

1. *Знать физическую теорию.* Рентгеновское излучение: опыт Боте; тормозное и характеристическое излучение; применение рентгеновских лучей. Эффект Комптона: экспериментальная установка; результаты эксперимента; элементарная теория.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Объясните, почему в спектре рассеянного веществом монохроматического рентгеновского излучения с длиной волны λ наблюдаются две длины волны, одна из которых λ' больше падающей, а вторая равна ей.
3. *Владеть методами решения физических задач.* Фотон с энергией 0,75 МэВ рассеялся на свободном электроны под углом 60° . Найдите энергию рассеянного фотона, кинетическую энергию и импульс электрона отдачи. Кинетической энергией электрона до взаимодействия можно пренебречь.

Экзаменационный билет № 5
АТОМ РЕЗЕРФОРДА-БОРА

1. *Знать физическую теорию.* Закономерности в атомных спектрах: оптические спектры; спектр водорода; обобщенная формула Бальмера; комбинационный принцип Ритца. Планетарная модель атома: модель атома Томсона; опыты Резерфорда по рассеянию α – частиц; ядерная модель атома. Постулаты Бора. Правило квантования круговых орбит. Элементарная боровская теория водородного атома. Схема уровней энергии. Потенциал ионизации атома. Принцип соответствия. Теория Бора как промежуточный этап развития представлений об атоме.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Нарисуйте электрическую схему экспериментальной установки, которую в своих исследованиях использовали Франк и Герц. Каков результат их эксперимента? Дайте объяснение этому результату. Что именно доказывает опыт Франка и Герца?
3. *Владеть методами решения физических задач.* Найдите длину волны фотона, соответствующего переходу электрона со второй боровской орбиты на первую в однократно ионизованном атоме гелия.

Экзаменационный билет № 6
ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВА

1. *Знать физическую теорию.* Волны де-Бройля. Опыты по дифракции микрочастиц: Дэвиссона и Джермера; Тартаковского и Томсона; Штерна; Бибермана, Сушкина и Фабриканта. Физический смысл волн де-Бройля. Математическая запись волновой

функции. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип суперпозиции в квантовой механике. Измерение физических величин. Принцип дополнительности.

2. *Уметь объяснять физические явления.* В вашем распоряжении имеются полупроводниковый лазер, отградуированная по ширине раздвижная щель, белый экран, линейка с миллиметровыми делениями и смартфон. Поясните, как с помощью перечисленного оборудования можно экспериментально обосновать справедливость соотношения неопределенностей Гейзенберга.
3. *Владеть методами решения физических задач.* Найдите длину волны де-Бройля для протона, прошедшего разность потенциалов 1000 В.

Экзаменационный билет № 7

ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

1. *Знать физическую теорию.* Уравнение Шредингера. Стационарные состояния и их свойства. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Квантование энергии частицы в потенциальной яме. Квантование энергии линейного гармонического осциллятора. Нулевая энергия. Правило отбора. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Классические аналогии. Туннельный микроскоп.
2. *Уметь объяснять физические явления.* В вашем распоряжении имеются два стеклянных полуцилиндра и оптическая шайба с осветителем, дающим узкие пучки света. Объясните, как с помощью указанного оборудования доказать существование туннельного эффекта в оптическом диапазоне.
3. *Владеть методами решения физических задач.* Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной $l=1$ нм с абсолютно непроницаемыми стенками. Пользуясь уравнением Шредингера, найдите собственные значения энергии E_n частицы и определите наименьшее значение энергии электрона.

Экзаменационный билет № 8

СТРОЕНИЕ АТОМА

1. *Знать физическую теорию.* Элементы квантовой теории атома водорода. Квантовомеханическая интерпретация постулатов Бора. Квантование энергии, момента импульса и проекции момента импульса (физический смысл квантовых чисел). Спин электрона. Спин и магнитный момент электрона. Распределение электронов в атоме по энергетическим уровням. Принцип Паули. Электронные оболочки. Периодическая система элементов Менделеева. Спектры многоэлектронных атомов. Природа характеристических рентгеновских спектров. Закон Мозли.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Нарисуйте схему экспериментальной установки, которую использовали Штерн и Герлах. Какова физическая сущность явления, которое они обнаружили в своем эксперименте? Что именно доказывает опыт Штерна и Герлаха?
3. *Владеть методами решения физических задач.* При переходе электрона в атоме с L -слоя на K -слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны 78,8 пм. Какой это атом?

Экзаменационный билет № 9

ОСНОВЫ ФИЗИКИ МОЛЕКУЛ

1. *Знать физическую теорию.* Молекулы. Понятие о химической связи и валентности. Молекулярные спектры. Прохождение света через вещество. Поглощение света. Комбинационное рассеяние света. Люминесценция. Правило Стокса. Спонтанное и вынужденное излучение. Рубиновый лазер. Гелий-неоновый лазер.
2. *Уметь объяснять физические явления.* В вашем распоряжении имеются полупроводниковый лазер, дифракционная решетка известного периода, линейка с

миллиметровыми делениями и белый экран. Как с помощью перечисленного оборудования можно определить постоянную Планка?

3. *Владеть методами решения физических задач.* Найдите для молекулы HCl вращательные квантовые числа двух соседних уровней, разность энергий которых 7,86 мэВ. Расстояние между ядрами молекулы 127,5 пм.

Экзаменационный билет № 10

ФИЗИКА ПРОВОДНИКОВ И ПОЛУПРОВОДНИКОВ

1. *Знать физическую теорию.* Энергетические зоны в кристаллах. Валентная зона, зона проводимости, запрещенная зона. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми. Электропроводность металлов. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Электронно-дырочный переход. Полупроводниковый диод. Транзистор.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Если на современный полупроводниковый светодиод подать постоянное напряжение, то в одном направлении он пропускает ток, а в противоположном – нет. Если напряжение превышает несколько вольт, то светодиод испускает свет. Если этот светодиод осветить, то на его выводах появляется постоянное напряжение. Объясните указанные явления.
3. *Владеть методами решения физических задач.* Какова вероятность того, что электрон при температуре 27° займет состояние, лежащее на 0,1 эВ выше уровня Ферми?

Экзаменационный билет № 11

ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

1. *Знать физическую теорию.* Квантовая теория теплоемкости. Фононы. Теплопроводность диэлектрических кристаллов. Теплоемкость металлов. Свойства электронного газа. Энергия Ферми. Теплоемкость электронного газа. Понятие о квантовых статистиках. Квантовые явления при низких температурах. Сверхпроводимость. Сверхтекучесть.
2. *Уметь объяснять физические явления.* На таблетку высокотемпературного сверхпроводника положили небольшой неодимовый магнит. Сверхпроводник полили жидким азотом. Спустя некоторое время магнит подсакивает над таблеткой и левитирует над ней на некоторой высоте. Объясните это явление.
3. *Владеть методами решения физических задач.* Во сколько раз изменится электропроводность чистого германия при повышении температуры от -23°С до +27°С, если ширина запрещенной зоны для германия равна 0,74 эВ?

Экзаменационный билет № 12

ПРИБОРЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

1. *Знать физическую теорию.* Методы регистрации ядерных излучений: сцинтилляционный счетчик; ионизационная камера; счетчик Гейгера-Мюллера; камера Вильсона; пузырьковая камера Глезера; толстослойные фотоэмульсии; черенковский счетчик. Ускорители заряженных частиц: однокаскадный и линейный каскадный ускорители; бетатрон; циклотрон, фазотрон (синхроциклотрон), синхротрон, синхрофазотрон; ускорители на встречных пучках. Масс-спектрометр Астона. Фильтр скоростей. Масс-спектрометр Бейнбриджа.
2. *Уметь объяснять физические явления.* В чистую стеклянную колбу налили немного воды и закрыли ее пробкой, соединенной с резиновой грушей. Колбу осветили сбоку, нажали и отпустили грушу. При этом содержимое колбы не изменилось. Что нужно сделать, чтобы в колбе возник густой туман? Объясните это явление.
3. *Владеть методами решения физических задач.* Определите наименьшее значение радиуса дуанта циклотрона, предназначенного для ускорения протонов до энергии

$E=0,80$ пДж, в котором индукция магнитного поля $B=0,5$ Тл. Зависимость массы протона от его скорости можно не учитывать.

Экзаменационный билет № 13

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

1. *Знать физическую теорию.* Состав и характеристики атомного ядра: нуклоны; зарядовое и массовое числа; изотопы, изобары, изотоны, изомеры. Масса и энергия связи ядра. Ядерные силы. Оболочечная и капельная модели ядра. Естественная радиоактивность: закон радиоактивного распада; виды распада; правила смещения. Ядерные реакции: первые ядерные реакции; открытие нейтрона; примеры ядерных превращений под действием α -частиц, протонов, нейтронов и γ -квантов; искусственная радиоактивность.
2. *Уметь объяснять физические явления.* В вашем распоряжении имеется коробка, в которой находятся 100 одинаковых мелких монет. Используя это оборудование, смоделируйте явление радиоактивного распада. Объясните, почему механическая модель позволяет построить график зависимости числа нераспавшихся ядер от времени соответствующий закону радиоактивного распада.
3. *Владеть методами решения физических задач.* Найдите энергию связи ядер ${}^3_1\text{H}$ и ${}^3_2\text{He}$. Какое из этих ядер наиболее устойчиво?

Экзаменационный билет № 14

ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ

1. *Знать физическую теорию.* Ядерные реакции под действием нейтронов. Трансурановые элементы. Деление ядер. Неуправляемая цепная ядерная реакция. Атомная бомба. Управляемая цепная ядерная реакция. Ядерные реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Ядерная энергетика. Применение радиоактивных изотопов. Реакции синтеза. Условия осуществления термоядерного синтеза. Водородная бомба. Управляемый термоядерный синтез.
2. *Уметь объяснять физические явления.* В камере Вильсона нередко наблюдаются треки с характерными вилками на концах. Объясните, в каком случае и как часто появляются подобные треки и о чем свидетельствует их наличие.
3. *Владеть методами решения физических задач.* При бомбардировке изотопа лития протонами образуются две α -частицы. Энергия каждой α -частицы в момент образования 9,15 МэВ. Чему равна энергия бомбардирующих протонов?

Экзаменационный билет № 15

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

1. *Знать физическую теорию.* Общие сведения об элементарных частицах: электрон, протон, нейтрон, фотон; античастицы. Классификация элементарных частиц: взаимодействие элементарных частиц и законы сохранения; частицы и античастицы; резонансы. Космические лучи. Фундаментальные взаимодействия: лептоны и адроны; частицы участники и частицы переносчики взаимодействия; обменный характер фундаментальных взаимодействий; мезоны и барионы; понятие о кварках.
2. *Уметь объяснять физические явления.* В вашем распоряжении имеются электрометр, эбонитовая палочка, мех, никелевый кондуктор и ртутная лампа. Объясните, как с помощью перечисленного оборудования можно доказать, что элементарные частицы электрон и фотон могут взаимодействовать. Выполняется ли при этом закон сохранения энергии?
3. *Владеть методами решения физических задач.* Отрицательные π -мезоны с кинетической энергией $K=100$ МэВ пролетают от места рождения до распада расстояние $l=11$ м. Найдите собственное время жизни этих мезонов.

4.3. Критерии оценивания

Оценка за экзамен выставляется с учетом рейтинга. Если обучающийся набрал недостаточное количество баллов или хочет повысить оценку, то обучающийся сдает экзамен.

Шкала оценивания для экзамена

Уровни освоения индикаторов достижения компетенций	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	Академическая оценка	% освоения (рейтинговая оценка)
Повышенный (высокий)	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему / задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий.	Отлично	90-100
Базовый	Продуктивная деятельность	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	Хорошо	70-89
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретического и практического материала.	Удовлетворительно	50-69
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		Неудовлетворительно	менее 50

4.4. Методические указания по проведению процедуры промежуточной аттестации

1. Сроки проведения процедуры оценивания: по расписанию экзаменов. Если обучающийся по результатам рейтинговой системы не набирает нужное количество баллов или желает повысить оценку, то сдает экзамен согласно требованиям.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов промежуточной аттестации проводится преподавателем, ведущим дисциплину.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется: по окончании ответа студента и фиксируется в зачетной книжке и экзаменационной ведомости.
4. При наличии письменных ответов обучающихся, полученных в ходе экзаменационной сессии, материалы хранятся в течение месяца после завершения сессии на кафедрах.
5. Порядок выполнения и защиты курсовой работы регламентирован «Положением о курсовой работе ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко».
6. Считать, что положительные результаты промежуточного контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования указанных компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапов формирования компетенций).

5. Содержание оценочных средств для проверки сформированности компетенций и индикаторов достижения компетенций (поститоговый контроль) и критерии их оценивания

Задания для проверки компетенции и индикаторов достижения компетенции: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Код компетенции	ПК-1
Формулировка компетенции	Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач
Индикатор достижения компетенции	ИПК-1.1. Знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области (преподаваемого предмета). ИПК-1.2. Умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО. ИПК-1.3. Демонстрирует умение разрабатывать различные формы учебных занятий, применять методы, приемы и технологии обучения, в том числе информационные.

Время выполнения заданий: не более 30 минут

ИПК-1.1.

Практическое задание 1. Выберите правильный ответ в пяти представленных ниже вопросах по различным дидактическим единицам квантовой физики.

1. Уравнение Эйнштейна имеет вид:

$$\begin{array}{ll} \text{а) } \hbar\omega = A - \frac{mv^2}{2}; & \text{в) } A - \hbar\omega = \frac{mv^2}{2}; \\ \text{б) } \hbar\omega = A + \frac{mv^2}{2}; & \text{г) } \hbar\omega = A + \frac{mv}{2}. \end{array}$$

2. Опыт Франка-Герца доказывает, что:

- а) модель атома Резерфорда ошибочна;
- б) электроны движутся вокруг ядер по круговым орбитам;
- в) атомы существуют в стационарных состояниях;
- г) модель атома Резерфорда справедлива.

3. Если неопределенность в координате частицы уменьшить в 2 раза, то неопределенность импульса этой частицы:

- а) увеличится в 2 раза;
- б) уменьшится в 2 раза;
- в) увеличится в 4 раза;
- г) не изменится.

4. Для создания лазерного излучения необходимо, чтобы населенность электронами верхнего энергетического уровня активной среды была:

- а) меньше, чем нижнего;
- б) такая же, как нижнего;
- в) больше, чем нижнего;
- г) произвольная.

5. При объединении протонов и нейтронов в ядро энергия:

- а) поглощается;
- б) пульсирует;
- в) выделяется;
- г) остается неизменной.

ИПК-1.2.

Практическое задание 2. Осуществите отбор формул для приведенных ниже основных законов квантовой физики: формула Планка, обобщенная формула Бальмера, уравнение Шредингера, закон радиоактивного распада.

ИПК-1.3.

Практическое задание 3. Электроны, вырывающиеся из катода фотоэлемента излучением частотой $\nu_1=2 \cdot 10^{15}$ Гц полностью задерживаются обратным напряжением $U_1=7$ В, а при частоте $\nu_1=4 \cdot 10^{15}$ Гц - обратным напряжением $U_1=15$ В. По этим данным вычислите постоянную Планка.

Ключ к практическому заданию 1:

Номер вопроса	1	2	3	4	5
Номер правильного ответа	б	в	а	в	в

Ключ к практическому заданию 2:

Формула Планка $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E - U)\psi = 0$

Обобщенная формула Бальмера $f_{\omega} = \frac{\hbar\omega^3}{4\pi^2c^2} \frac{1}{e^{(\hbar\omega/kT)} - 1}$

Уравнение Шредингера $N = N_0 e^{-\lambda t}$

Закон радиоактивного распада $\frac{1}{\lambda} = R_c \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$

Ключ к практическому заданию 3:

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта имеет вид:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

Так как вылетевшие из катода электроны полностью задерживаются тормозящим полем, то изменение их кинетической энергии равно работе электрического поля:

$$\frac{mv^2}{2} = eU. \quad (2)$$

Тогда из уравнения Эйнштейна (1) получаем два уравнения:

$$h\nu_1 = A + eU_1, \quad h\nu_2 = A + eU_2. \quad (3)$$

Решая эту систему, окончательно получаем:

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - \nu_1} = 6,4 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}. \quad (4)$$

Задания для проверки компетенции и индикаторов достижения компетенции: ПК-3: ИПК-3.1., ИПК-3.2., ИПК-3.3.

Код компетенции	ПК-3
Формулировка компетенции	Способен формировать развивающую образовательную среду для достижения личностных, предметных и метапредметных результатов обучения средствами преподаваемых учебных предметов
Индикатор достижения компетенции	ИПК-3.1. Владеет способами интеграции учебных предметов для организации развивающей учебной деятельности (исследовательской, проектной, групповой и др.). ИПК-3.2. Использует образовательный потенциал

	социокультурной среды региона в преподавании (предмета по профилю) в учебной и во внеурочной деятельности. ИПК-3.3. Знает психолого-педагогические условия создания развивающей образовательной среды для достижения личностных и метапредметных результатов обучения.
--	--

Время выполнения заданий: не более 30 минут

ИПК-3.1., ИПК-3.2.

Практическое задание 1. На металл с работой выхода $A_{\text{вых}} = 2$ эВ падает пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Рассчитайте длину волны λ_{max} , соответствующую красной границе фотоэффекта ($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с).

Практическое задание 2. В какой области спектра лежит длина волны, соответствующая максимуму излучательной способности Солнца, если температура его поверхности 5800 К? ($b = 2,9 \cdot 10^{-3}$ м·К – постоянная Вина).

Ключ к практическому заданию 1: из формулы для работы выхода электрона $A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}}$ выразим длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта: $\lambda_{\text{max}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}$ ($6,2 \cdot 10^{-7}$ м).

Ключ к практическому заданию 2. Закон смещения Вина: $\lambda_m T = b \Rightarrow \lambda_m = b/T$. ($\lambda_m = 5 \cdot 10^{-7}$ м – видимая область спектра).

Критерии оценивания:

Каждый индикатор достижения компетенции оценивается в 10 баллов:

- Тестовое задание оценивается в 10 баллов (ответ на вопрос теста стоит 0 или 2 балла);
- Задания на соответствие оцениваются в 10 баллов (каждое оценивается 0-5 баллов)
 - 5 баллов – полностью правильно найденные соответствия;
 - 4 балла – три правильных соответствия;
 - 3 балла – два правильных соответствия;
 - 2 балла – одно правильно соответствие;
 - 1 балл – отсутствие правильных соответствий;
 - 0 баллов – не приступал к выполнению задания;
- Каждое практическое задание оценивается в 10 баллов:
 - 10 баллов – студент правильно выполнил предложенные задания на основе изученной теории, методов, приемов, технологий;
 - 8 баллов – студент способен применять полученные теоретические знания в практической деятельности, решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов, при выполнении заданий допускает незначительные ошибки;
 - 6 баллов – при выполнении задания допущены грубые ошибки;
 - 0 баллов – студент не выполнил задание.

Оценка зависит от процента выполнения всех заданий.

Шкала оценивания сформированности компетенции и индикаторов достижения компетенции

Уровни освоения индикатора (ов) достижений компетенций	Основные признаки выделения уровня	Академическая оценка	% выполнения всех заданий
Повышенный (высокий)	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий.	Отлично	90-100
Базовый	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	Хорошо	70-89
Удовлетворительный	Изложение в пределах задач курса теоретического и практического контролируемого материала.	Удовлетворительно	50-69
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня.	Неудовлетворительно	менее 50

Считать, что положительные результаты поститогового контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования компетенции (ий) и индикатора (ов) достижения компетенции (ий) (этапа формирования компетенции). Если обучающийся получил оценку «неудовлетворительно», то считать компетенцию не сформированной на данном этапе. При получении оценок «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично» считать, что проверяемая компетенция сформирована на достаточном уровне.

Методические указания для проверки остаточных знаний

1. Сроки проведения процедуры оценивания: по графику деканата.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов поститогового контроля проводится преподавателем по распоряжению деканата.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется в течение недели после проведения контрольного мероприятия, оформляется в виде отчета и хранится в деканате в течение всего срока обучения обучающегося.