

Учреждение образования  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

В.В.Радыгина

« 22 » 2023 г.

Регистрационный № УД-14-3-154-<sup>2023</sup> / уч.

### КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1 - 02 05 02 Физика и информатика

2023 г.

Учебная программа составлена на основе типовой учебной программы (\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_, № \_\_\_\_\_) и учебного плана специальности 1-02 05 02 Физика и информатика (15.04.2021, № 0-55-2021/ч)

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В.Р.Соболь, заведующий кафедрой физики и методики преподавания физики учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», доктор физико-математических наук, профессор;

К.А.Саечников, доцент кафедры физики и методики преподавания физики физико-математического факультета учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», кандидат физико-математических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В.В.Могильный, профессор кафедры физической оптики и прикладной информатики физического факультета Белорусского государственного университета, доктор физ.-мат. наук., профессор

Г.А.Заборовский, доцент кафедры информатики и методики преподавания информатики физико-математического факультета учреждения образования Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка, кандидат физико-математических наук, доцент.

**СОГЛАСОВАНО:**

Директор

ГУО «Гимназия № 20 г. Минска»



И.Р.Глинская

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физики и методики преподавания физики (протокол №3 от 31. 10. 2023 г.);

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Р.Соболь

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка» (протокол № 3 от 19. 10. 2023 г.)

Оформление учебной программы и сопровождающих ее материалов действующим требованиям Министерства образования Республики Беларусь соответствует

Методист учебно-методического отдела

\_\_\_\_\_ Е.В.Тихонова

Директор библиотеки

\_\_\_\_\_ Н.П.Сятковская

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Физика как область фундаментального знания изучает простейшие и более общие свойства и законы природы, окружающих человека объектов материального мира. Существенность этого явления в том, что понятия и законы физики лежат в основе всего естествознания. Как и остальные дисциплины естественнонаучного профиля физика развивается на основе эмпирической систематизации и обобщения экспериментальной деятельности с выявлением устойчивых и повторяющихся закономерностей и построением аналитических гипотез, моделей и теорий, требующих экспериментальной верификации.

Изучение целостного курса физики совместно с другими дисциплинами цикла весьма целесообразно, поскольку способствует формированию у студентов комплексного понимания и усвоения взаимосвязи процессов мироздания, аналитического стиля мышления, критичности восприятия фактов окружающей природы и действительности. В процессе комплексного изучения физики как учебной дисциплины неизбежно формируется исследовательский тип мышления. Это подразумевает универсальность приемов усвоения знания и требование объективности при достижении результата в деятельности и рутинного обыденного и творческого характера. В этом смысле физика как учебная дисциплина является в известном смысле методологией всего естествознания.

Учебная дисциплина «Квантовая физика» относится к модулю «Оптика, квантовая и математическая физика», который в педагогических университетах изучается студентами на третьем курсе и является одним из основных, так как материал этого раздела создает базу, на основе которой строятся практически все последующие курсы. В процессе изучения этой дисциплины у студентов должно сформироваться устойчивое представление о фундаментальной значимости квантовой физики, методах представления и самой физики и ее разделов с помощью математических образов как основополагающей категории в системе образования.

**Целью** учебной дисциплины «Квантовая физика» является формирование профессиональных компетенций учителя физики с овладением прочным знанием, умениями, навыками их использования для решения теоретических и практических задач.

**Задачи** учебной дисциплины:

- общая подготовка учителя физики для учреждений, обеспечивающих получение среднего образования;
- формирование у студентов навыков грамотного усвоения и доступного изложения материала с компетенциями обоснования, анализа и умения разрешать практико-ориентированные задачи в текстовом, схемном, видео-представлении, подготовка студентов к решению задач современного лабораторного практикума в формате традиционного изучения физических

явлений, при виртуальном моделировании эксперимента, при численном выявлении закономерностей запрограммированных процессов, с последующей обязательной защитой полученных результатов;

– расширение исследовательских навыков и компетенций студентов в сфере метрологии, приборов и техники эксперимента по проведению занятий лабораторного практикума как самостоятельного проникновения в проблему и исследования конкретного явления в физике с навыками обобщения и систематизации результатов, интерпретации ожидаемых и реализованных исходов эксперимента;

– приобретение знаний и умений для организации и проведения творческих экспериментальных исследований учебного формата в учреждениях общего среднего образования на базе штатного оборудования физического кабинета, дополнительных приборов стандартного типа, других, отвечающих требованиям адекватности, устройств, приспособлений, схемных решений.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста и связь с другими учебными дисциплинами

Программа отвечает первой ступени обучения в системе многоуровневого физико-математического педагогического образования. Среди дисциплин по специальной подготовке преподавателя физики для учреждений общего среднего образования данная учебная дисциплина является профильной, она органично сочетает фундаментальные аспекты современного естествознания с вопросами дидактики. В данную дисциплину включены этапы развития представлений человечества о квантовой природе окружающего мироздания, воспринимаемого человеком, в виде потока особых частиц и внутриатомного и внутриядерного строения микромира. По мере усвоения рассматриваются наиболее существенные закономерности и явления, реализуемые в эксперименте. Анализируются концепции, модели, теории, интерпретирующие объективно существующие процессы в природе. Последовательность изложения материала отвечает требованиям адекватности представления дисциплины в целом при высокой доступности восприятия, убедительности и усвоения. Для удобства отображения понятий, фактов, законов привлечены методы математической формализации законов в рамках дисциплин математического цикла, включая аспекты теории функций, векторные, скалярные поля и другие разделы математики, привлекаемые при изучении дисциплины “Математический анализ”, “Электричество и магнетизм”, “Геометрическая, волновая и математическая физика”.

Программа предусматривает освоение учебной дисциплины в шестом семестре, что целесообразно после общего изучения вопросов геометрической и волновой оптики, электродинамики и усвоения принципов описания основных явлений электромагнетизма в интегральном и дифференциальном представлении Максвелла на основе положений тензорного и векторного анализа. Квантовые свойства микрообъектов как

материальной субстанции в рамках данной дисциплины изучаются в сочетании с общей концепцией о поле как носителе энергии в волновом и квантовом представлении.

### **Требования к освоению учебной дисциплины**

Учебная программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования по специальности 1-02 05 02 Физика и информатика.

Требования к уровню усвоения содержания учебной дисциплины определены образовательным стандартом высшего педагогического образования первой ступени по циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин.

В результате изучения дисциплины студент должен

#### **знать:**

- роль и место физики как отрасли фундаментального знания в системе наук о природе и ее влиянии на развитие человеческого общества;
- общее направление развития физической науки, основные этапы ее становления среди иных областей знания отображающих закономерности движения и развития материального мира в целом;
- структуру и содержание курса общей физики как учебной дисциплины применительно к образовательному процессу в высших учебных заведениях педагогического профиля;
- сущность и основные способы отображения учебного материала по дисциплине «Квантовая физика»;
- наиболее важные в рамках дисциплины этапы развития атомной и ядерной физики и физики элементарных частиц, как факторы влияния на развитие фундаментального знания, техники и технологии;
- общую методологию освоения физики как науки включая инструментарий, способствующий развитию иных областей естествознания в мировоззренческом потенциале человечества;
- экспериментальные и теоретические методы физического исследования в ходе поиска, анализа и адаптации эмпирического и аналитического знания в области дидактики;
- понятия физики в области квантовых представлений и ее закономерностей, виды реализации квантовых явлений, способы адаптации законов квантовой физики к решению задач из естественной среды окружения человека;
- инструментальную базу и специфику техники организации физических исследований по ряду аспектов квантового эксперимента на занятиях лабораторного практикума;

#### **уметь:**

- доступно интерпретировать природные явления физики включающие квантовые процессы, на примере фотоэффекта, моделей атомов и ядер;

- анализировать и представлять способы разрешения концептуальных задач квантовой физики с привлечением математических методов отображения сущности рассматриваемых процессов, проводить экспертизу хода анализа и результатов решения в формализме принципов предельного перехода, размерности, соответствия;

- использовать электронные программные средства, системы мультимедиа, методы численного эксперимента при отображении и изложении для обучаемых материала по квантовой физике.

**владеть:**

- методологией планирования, организации и проведения занятий, включая физический эксперимент, анализ и интерпретацию результатов исследований по ходу выполнения заданий учебного плана;

- приемами сочетания общего анализа физических явлений с приемами математического/компьютерного отображения процессов в доступных для усвоения моделях и аппроксимациях последовательного приближения рассматриваемых процессов;

- навыками и техникой анализа конкретных физических ситуаций при выборе способов описания в ходе формализации алгоритмов решения по линии проектирования математических и компьютерных моделей;

- навыками достаточно свободного оперирования методами математики при представлении и описании физических закономерностей, рассмотрении проблемных аспектов во время лекционных, практических занятий, интерпретации результатов эмпирических исследований по ходу лабораторного практикума;

Освоение учебной дисциплины «Квантовая физика» должно обеспечить формирование базовой профессиональной компетенции БПК–15: Применять основные положения оптики и квантовой физики для решения задач межпредметного и практико-ориентированного содержания.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Квантовая физика» студент должен приобрести не только фундаментальные знания, включая методы дидактики в умениях и навыках работы по специальности, но и сформировать алгоритмы взаимодействия с окружением на примере традиций и отношения к профессии, оставленных великими мыслителями-педагогами Отечества. Нобелевский лауреат, уроженец Беларуси Ж.И.Алферов является достойным образцом для подражания при формировании у молодежи качеств специалиста и патриота-гражданина, готового к активной деятельности за укрепление и процветание Отечества.

Форма получения образования – очная. Учебная дисциплина осваивается на 3 курсе в 6 семестре и на ее изучение отведено всего **120** часов, включая **68** часов аудиторных занятий. Примерное распределение аудиторных занятий по видам включает – **20** часов лекционных занятий, – **28** часов лабораторных занятий, – **20** часов практических занятий.

По ходу реализации учебной программы предусмотрена возможность привлечения студентов в рамках их компетенции к реализации творческих исследовательских тем-проектов в канве общей проблематики задач кафедры в области фундаментальной физики и дидактики. Поисковая работа студентов позволит разнообразить образовательный процесс в сочетании с иными учебными занятиями.

Рекомендуемая форма промежуточной аттестации – экзамен.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

**1. Введение. Тепловое излучение.** Предмет квантовой физики. Краткий исторический очерк развития квантовой физики.

Излучательная и поглощательная способности тел. Закон Кирхгофа. Излучение абсолютно черного тела. Законы Стефана - Больцмана и Вина. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Фотоны. Формула Планка. Оптическая пирометрия.

**2. Квантовые свойства излучения.** Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Применение фотоэффекта. Давление света. опыты Лебедева. Опыт Вавилова. Опыт Боте. Эффект Комптона.

**3. Основы квантовой механики.** Волны де Бройля. опыты по дифракции электронов. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее физический смысл. Уравнение Шредингера. Квантование энергии частицы в потенциальной яме. Квантование энергии линейного гармонического осциллятора. Движение частицы в центрально-симметричном поле. Прохождение частицы через потенциальный барьер.

**4. Физика атомов и молекул.** Модели атома. Опыт Резерфорда. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору. Спектральные серии излучения атомарного водорода. Квантовомеханическая интерпретация постулатов Бора. опыты Франка и Герца. опыты Штерна и Герлаха. Квантование энергии, момента импульса, проекции момента импульса электрона в атоме. Спин и магнитный момент электрона. Принцип Паули. Основы теории Периодической таблицы элементов Менделеева. Тормозное и характеристическое рентгеновские излучения и их спектры. Применение рентгеновских лучей. Понятие о химической связи и валентности. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Люминесценция. Спонтанное и вынужденное излучение. Квантовые генераторы.

**5. Квантовые явления в твердых телах.** Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Понятие о квантовых статистиках. Уровень и энергия Ферми.

Теплоемкость электронного газа. Квантовая теория теплоемкости. Теплоемкость металлов. Фононы. Теплоемкость диэлектрических кристаллов.

Электропроводность металлов. Квантовые явления при низких температурах. Электропроводимость полупроводников, p- n-переход, полупроводниковые приборы.

**6. Физика атомного ядра.** Состав ядра. Нуклоны. Заряд и масса ядра. Изотопы и изобары. Энергия связи ядра. Ядерные силы. Модели атомного ядра.

Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение. Правила смещения. Ядерные реакции. Деление ядер. Цепная ядерная реакция. Ядерные реакторы. Применение радиоактив-



ных изотопов и ядерной энергии. Термоядерная реакция. Управляемый термоядерный синтез. Элементы дозиметрии.

**7. Элементарные частицы. Заключение.** Частицы и античастицы. Классификация элементарных частиц. Частицы - переносчики взаимодействий. Кварки. Экспериментальные методы ядерной физики. Счетчики элементарных частиц. Трековые приборы. Масс-спектрометры. Ускорители заряженных частиц.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия, перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Квантовая физика</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>52</b>			
<b>1.</b>	<b>Введение. Тепловое излучение</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>8</b>			
1.1.	Предмет квантовой физики. Краткий исторический очерк развития квантовой физики. Излучательная и поглощательная способности тел. Закон Кирхгофа. Излучение абсолютно черного тела. Законы Стефана - Больцмана и Вина. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Фотоны. Формула Планка. Оптическая пирометрия.	2			4(л)	1. Презентация материала темы. 2. Лекция 1. 3. Материалы на электронных носителях.	[1 ,6,7]	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС
1.2.	Излучение абсолютно черного тела. Законы Стефана - Больцмана и Вина.		2		2(пр)	Материалы на электронных носителях.	[2] § 31 №№ 72, 76, 78, 83, 91.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС 3. Письменный отчет с решениями не

								менее 4 задач.
1.3.	Лабораторная работа №5.1 «Изучение законов теплового излучения» (здесь и далее нумерация лабораторных работ соответствует нумерации, принятой в [3]).			4	2(лаб)	1. Инструкция к лабораторной работе № 5.1. 2.Оборудование к лабораторной работе № 5.1.	[1] с.424-429.	1. Допуск к выполнению лабораторной работы 2. Отчет о выполнении лабораторной работы.
<b>2.</b>	<b>Квантовые свойства излучения</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		.	
2.1.	Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Применение фотоэффекта. Давление света. Опыты Лебедева. Опыт Вавилова. Опыт Боте. Эффект Комптона.	2			2(лк)	1. Презентация материала темы. 2.Лекция 2. 3.Демонстрации	[1 ,6,7]	1 Экспресс-тест по теме 2. Отчет о выполнении заданий по СРС
2.2.	Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона.		2		2(пр)	Материалы на электронных носителях.	[2] §31-№№2, 8, 12, 22, 26, 30.34,	1. Экспресс-тест 2.Отчет о выполнении заданий по СРС 3.Письменный отчет с решениями не менее 4 задач.
2.3.	Лабораторная работа № 5.2 «Изучение фотоэффекта».			4	2(лаб)	1. Инструкция к лабораторной работе № 5.2. 2. Оборудование к лабораторной работе № 5.2.	[1] с.430-438.	1. Допуск к выполнению лабораторной работы 2. Отчет о выполнении лабораторной работы.

<b>3.</b>	<b>Основы квантовой механики.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		<b>6</b>			
3.1.	Волны де Бройля. Опыты по дифракции электронов. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее физический смысл. Уравнение Шредингера. Квантование энергии частицы в потенциальной яме. Квантование энергии линейного гармонического осциллятора. Движение частицы в центрально-симметричном поле. Прохождение частицы через потенциальный барьер.	2			4(л)	1. Презентация материала темы. 2. Лекция 3. 3. Материалы на электронных носителях.	[1,6,7]	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС
3.2.	Волны де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее физический смысл. Уравнение Шредингера.		2		2(пр)	Материалы на электронных носителях.	[2] § 32 №№ 3, 6, 7, 10, 21, 24, 26,31.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС 2. Письменный отчет с решениями не менее 4 задач.
3.3.	Тепловое излучение. Квантовые свойства излучения. Основы квантовой механики.		1				[1,6,7]	Рейтинговая контрольная работа № 1. Отчет.
<b>4.</b>	<b>Физика атомов и молекул.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>12</b>			
4.1.	Модели атома. Опыт Резерфорда. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору. Спектральные серии излучения атомарного водорода. Квантово-механическая интерпретация постулатов Бора. Опыты Франка и Герца. Опыты Штерна и Герлаха. Квантование энергии, момента импульса, проекции момента импульса электрона в атоме. Спин и магнитный момент электрона. Принцип	4			4(лк)	1. Презентация материала тем. Лекции 4,5. 2. Материалы на электронных носителях.	[1,6,7]	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС

	Паули. Основы теории Периодической таблицы элементов Менделеева. Тормозное и характеристическое рентгеновские излучения и их спектры. Применение рентгеновских лучей. Понятие о химической связи и валентности. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Люминесценция. Спонтанное и вынужденное излучение. Квантовые генераторы.							
4.2.	Постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору. Спектральные серии излучения атомарного водорода.		4		4(пр)	Материалы на электронных носителях.	[2] § 33 №№ 8,10,13,14,15, 18,21,26,29,30, 32.	1. Экспресс-тест 2. Отчет о выполнении заданий по СРС 3. Письменный отчет с решениями не менее 8 задач.
4.3.	Лабораторная работа №5.5 «Изучение атома водорода». Лабораторная работа №.5.6 «Изучение спектра ртути»			8	4(лаб)	1. Инструкции к лабораторным работам №5.5, 5.6. 2. Оборудование к лабораторным работам № 5.5, 5.6.	[1] с.445-455.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
<b>5.</b>	<b>Квантовые явления в твердых телах.</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>10</b>			
5.1.	Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Понятие о квантовых статистиках. Уровень и энергия Ферми. Теплоемкость	4			4(л)	1. Материалы на электронных носителях. 2. Лекции 6,7.	[1,6,7]	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по

	электронного газа. Квантовая теория теплоемкости. Теплоемкость металлов. Фононы. Теплоемкость диэлектрических кристаллов. Электропроводность металлов. Квантовые явления при низких температурах. Электропроводимость полупроводников, р-п-переход, полупроводниковые приборы.							СРС
5.2.	Энергетические зоны в кристаллах. Уровень и энергия Ферми. Квантовая теория теплоемкости. Теплоемкость металлов. Фононы. Теплоемкость диэлектрических кристаллов. Электропроводность металлов.		2		4(пр)	Материалы на электронных носителях.	[2] § 34 №№ 1, 3, 12, 17, 19, 41.	1. Отчет о выполнении заданий по СРС 3.Письменный отчет с решениями не менее 4 задач
5.3.	Лабораторная работа № 5.10 «Определение ширины запрещённой зоны полупроводников по краю собственного поглощения»			4	2(пр)	1. Инструкция лабораторной работы №5.10. 2. Оборудование к лабораторной работе №5. 10.	[1] с.468-474	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторных работ. 2. Отчет по лабораторным работам.
5.4	Физика атомов и молекул. Квантовые явления в твердых телах.		1				[1,6,7]	Рейтинговая контрольная работа № 2. Отчет.
<b>6.</b>	<b>Физика атомного ядра.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>			
6.1.	Состав ядра. Нуклоны. Заряд и масса ядра. Изотопы и изобары. Энергия связи ядра. Ядерные силы. Модели атомного ядра. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-	4			2(л)	1. Презентация материала темы. 2. Лекции 8,9.	[1,6,7]	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС

	излучение. Правила смещения. Ядерные реакции. Деление ядер. Цепная ядерная реакция. Ядерные реакторы. Применение радиоактивных изотопов и ядерной энергии. Термоядерная реакция. Управляемый термоядерный синтез. Элементы дозиметрии.							
6.2.	Энергия связи ядра. Ядерные силы. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение. Правила смещения. Ядерные реакции. Деление ядер. Цепная ядерная реакция.		4		2(пр)	Материалы на электронных носителях.	[2] §35 №№ 17, 19, 20, 21, 22, 23. №№ 25, 27, 30, 37, 44, 45.	1. Экспресс-тест по теме. 2. Письменный отчет с решениями не менее 4 задач.
6.3.	Лабораторная работа № 5.12 «Изучение статистических закономерностей радиоактивного распада»			4	2(лаб)	1. Инструкция лабораторной работы № 5.12 2. Оборудование в соответствии с инструкцией лабораторной работы №5.12	[2] с.477-483.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
<b>7.</b>	<b>Элементарные частицы. Заключение.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			
7.1.	Частицы и античастицы. Классификация элементарных частиц. Частицы - переносчики взаимодействий. Кварки. Экспериментальные методы ядерной физики. Счетчики элементарных частиц. Трековые приборы. Масс-спектрометры. Ускорители заряженных частиц.	2			2(л)	1. Презентация материала темы. 2. Лекция 10 3. Демонстрации	[1,6,7]	1. Опрос 2. Отчет о выполнении заданий по СРС
7.2.	Лабораторная работа №5.18 «Изучение углового распределения космических лучей»			4	2(лаб)	1. Инструкция лабораторной работы № 4.20 2. Оборудование в	[1] с.407-413.	1. Контрольный допуск к выполнению лабораторной

						соответствии с инструкцией лабораторной работы №4.20		работы. 2. Отчет по лабораторной работе.
7.3.	Физика атомного ядра. Элементарные частицы.		2				[1,6,7]	Рейтинговая контрольная работа № 3. Отчет.
<b>Итого</b>		<b>20</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>52</b>			<b>Экзамен</b>



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### Основная литература

1. Общая физика: практикум : учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей пед. вузов / В. А. Бондарь [и др.] ; под общ. ред. В. А. Яковенко. – Минск : Выш. шк., 2008. – 574 с.
2. Сборник вопросов и задач для практических занятий и контрольных работ по физике : учеб.-метод. пособие : в 2 ч. / сост.: К. В. Юмашев [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – Ч. 2. – 94 с.
3. Яковенко, В. А. Общая физика: сборник задач : учеб. пособие для студентов учреждений высш. образования по физ.-мат. специальностям / В. А. Яковенко [и др.] ; под общ. ред. В. Р. Соболя. – Минск : Выш. шк., 2015. – 456 с.

#### Дополнительная литература

1. Бондар, В. А. Курс агульнай фізікі. Квантавая фізіка : вучэб. дапам. для ВНУ / В. А. Бондар, Ч. М. Федаркоў ; Беларус. дзярж. пед. ун-т. – Мінск : БДПУ, 1999. – 223 с.
2. Цэдрык, М. С. Зборнік задач па курсу агульнай фізікі : вучэб. дапам. / М. С. Цэдрык, А. С. Мікуліч, І. Ф. Савіцкая ; пад агул. рэд. М. С. Цэдрыка. – Мінск : Выш. шк., 1993. – 276 с.
3. Королев, Ф. А. Курс физики. Оптика, атомная и ядерная физика / Ф. А. Королев. – 2-е изд., перераб. – М. : Просвещение, 1974. – 608 с.
4. Кужир, П. Г. Общая физика: оптика, квантовая физика, физика атомного ядра и элементарных частиц: сборник задач : учеб. пособие для студентов вузов / П. Г. Кужир, Н. П. Юркевич, Г. К. Савчук ; Беларус. нац. техн. ун-т, Каф. физики. – Минск : БНТУ, 2018. – 198 с.
5. Лансберг, Г. С. Оптика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей вузов / Г. С. Лансберг. – Изд. 7-е, стер. – М. : Физматлит, 2017. – 848 с.
6. Савельев, И. В. Курс общей физики : учеб. пособие : в 5 кн. / И. В. Савельев. – М. : Астрель : АСТ, 2005. – Кн. 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 368 с.
7. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для физ. специальностей вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – 2-е изд., стер. – М. : Физматлит, 2002. – Т. 5 : Атомная и ядерная физика. – 784 с.
8. Углов, В. В. Радиационные процессы и явления в твердых телах : учеб. пособие для студентов вузов / В. В. Углов. – Минск : Выш. шк., 2016. – 188 с.
9. Физика. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие для студентов вузов : в 3 ч. / Н. Н. Крук [и др.]. – Минск : Беларус. гос. технол. ун-т, 2017. – Ч. 2 : Электричество и магнетизм. – 159 с.

## РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ФОРМЫ И МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ

Для освоения данной учебной дисциплины предусмотрены следующие формы работы: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельное изучение материала.

На лекциях излагается теоретический материал учебной дисциплины. Особое внимание следует уделять демонстрационному эксперименту в процессе чтения лекций, что подчеркивает практическую направленность изучаемого материала. Практические занятия должны быть направлены на приобретение студентами навыков использования полученных теоретических знаний при решении конкретных физических задач. Лабораторные работы должны быть рассчитаны на приобретение студентами навыков самостоятельной работы с физическими приборами и оборудованием. Они должны быть организованы таким образом, чтобы студенты ясно представляли сущность исследуемых физических явлений и законов, понимали методику измерений, умели пользоваться приборами, осмысливать полученные результаты, оценивать их точность.

Методика их организации и проведения должна способствовать развитию креативных способностей каждого студента и приобретению ими навыков самостоятельной работы.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Целями самостоятельной работы студентов являются:

- активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний;
- формирование у обучающихся умений и навыков самостоятельного применения знаний на практике;

Самостоятельная работа выполняется по заданию и при методическом руководстве лица из числа профессорско-преподавательского состава и контролируется на определенном этапе обучения.

Текущий контроль осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ, теоретических и практических заданий для самостоятельной проработки. Самостоятельная работа студента методически организуется путем выполнения домашних заданий по материалу, пройденному на лекционных, лабораторных и практических занятиях.

Особое внимание необходимо обращать на организацию индивидуальной работы студента под руководством преподавателя. Эта работа должна проводиться с учетом индивидуальных особенностей каждого студента с помощью системы индивидуальных заданий.

Самостоятельная работа студентов проводится в объеме, предусмотренном учебным планом.

## ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

№ п/п	Название темы, раздела	Кол-во часов на СРС	Задание	Форма выполнения
	<b>Введение. Тепловое излучение</b>	<b>8</b>		
1.	Предмет квантовой физики. Краткий исторический очерк развития квантовой физики. Излучательная и поглощательная способности тел. Закон Кирхгофа. Излучение абсолютно черного тела. Законы Стефана - Больцмана и Вина. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Фотоны. Формула Планка. Оптическая пирометрия.	4	[1 ,6,7]. Лекция 1. Материалы на электронных носителях.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС
2.	Излучение абсолютно черного тела. Законы Стефана - Больцмана и Вина.	2	[1 ,6,7]. Лекция 1. Материалы на электронных носителях. Домашние задания [2] §31 №№ 75,86,87,93,97.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Письменный отчет с решениями не менее 4 задач.
3.	Лабораторная работа №5.1 «Изучение законов теплового излучения» (здесь и далее нумерация лабораторных работ соответствует нумерации, принятой в [1]).	2	[1 ,6,7]. Материалы на электронных носителях. Расчеты и оформление лабораторной работы	Отчет о выполнении лабораторной работы.
	<b>Квантовые свойства излучения</b>	<b>6</b>		
4.	Фотоэлектрический эффект. Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Применение фотоэффекта. Давление света. Опыты Лебедева. Опыт	2	[1 ,6,7]. Лекция 2. Материалы на электронных носителях.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС

	Вавилова. Опыт Боте. Эффект Комптона.			
5.	Законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона.	2	[1 ,6,7]. Лекция 2. Материалы на электронных носителях. Домашние задания [2] §31 №№ 34,38,63,65,68.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Письменный отчет с решениями не менее 4 задач.
6.	Лабораторная работа № 5.2 «Изучение фотоэффекта».	2	[1 ,6,7]. Материалы на электронных носителях. Расчеты и оформление лабораторной работы.	Отчет о выполнении лабораторной работы.
	<b>Основы квантовой механики.</b>	<b>6</b>		
7.	Волны де Бройля. Опыты по дифракции электронов. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее физический смысл. Уравнение Шредингера. Квантование энергии частицы в потенциальной яме. Квантование энергии линейного гармонического осциллятора. Движение частицы в центрально-симметричном поле. Прохождение частицы через потенциальный барьер.	4	[1 ,6,7]. Лекция 3. Материалы на электронных носителях.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС
8.	Волны де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Волновая функция и ее физический смысл. Уравнение Шредингера.	2	[1 ,6,7]. Лекция 3. Материалы на электронных носителях. Домашние задания [2] §32 №№ 4,16,22,30,32.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Письменный отчет с решениями не менее 4 задач.
	<b>Физика атомов и молекул.</b>	<b>12</b>		
9.	Модели атома. Опыт Резерфорда. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору. Спектральные серии излучения атомарного водорода. Квантово-	4	[1 ,6,7]. Лекции 4,5. Материалы на электронных носителях.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Отчет о выполнении заданий по СРС

	<p>механическая интерпретация постулатов Бора. Опыты Франка и Герца. Опыты Штерна и Герлаха. Квантование энергии, момента импульса, проекции момента импульса электрона в атоме. Спин и магнитный момент электрона. Принцип Паули. Основы теории Периодической таблицы элементов Менделеева. Тормозное и характеристическое рентгеновские излучения и их спектры. Применение рентгеновских лучей. Понятие о химической связи и валентности. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Люминесценция. Спонтанное и вынужденное излучение. Квантовые генераторы.</p>			
10.	<p>Постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору. Спектральные серии излучения атомарного водорода.</p>	4	<p>[1 ,6,7]. Лекция 4,5. Материалы на электронных носителях. Домашние задания [2] §33 №№ 3, 5, 11, 13,16,17,19,24, 27.</p>	<p>1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Письменный отчет с решениями не менее 8 задач.</p>
11.	<p>Лабораторная работа №5.5 «Изучение атома водорода». Лабораторная работа №.5.6 «Изучение спектра ртути»</p>	4	<p>[1 ,6,7]. Материалы на электронных носителях. Расчеты и оформление лабораторных работ.</p>	<p>Отчет о выполнении лабораторных работ.</p>
	<b>Квантовые явления в твердых телах.</b>	<b>10</b>		
12.	<p>Естественный и поляризованный свет. Поляризаторы и анализаторы. Закон</p>	4	<p>[1 ,6,7]. Лекции 6,7. Материалы на электронных носителях.</p>	<p>1.Экспресс-тесты по темам занятий. 2.Опросы по темам занятий.</p>

	<p>Малюса. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков. Закон Брюстера. Формулы Френеля. Распространение света в кристаллах. Двойное лучепреломление. Одноосные кристаллы. Эллиптическая и круговая поляризации. Интерференция плоскополяризованных волн. Поляризационные приборы. Искусственная оптическая анизотропия. Поворот плоскости поляризации. Эффект Фарадея. Поляриметры.</p>			
13.	<p>Энергетические зоны в кристаллах. Уровень и энергия Ферми. Квантовая теория теплоемкости. Теплоемкость металлов. Фононы. Теплоемкость диэлектрических кристаллов. Электропроводность металлов.</p>	4	<p>[1 ,6,7]. Лекция 6,7. Материалы на электронных носителях. Домашние задания [2] §34 №№ 7, 11, 13,18,20,21, 24.</p>	<p>1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Письменный отчет с решениями не менее 4 задач.</p>
14.	<p>Лабораторная работа № 5.10 «Определение ширины запрещённой зоны полупроводников по краю собственного поглощения»</p>	2	<p>[1 ,6,7]. Материалы на электронных носителях. Расчеты и оформление лабораторной работы.</p>	<p>Отчет о выполнении лабораторной работы.</p>
	<b>Физика атомного ядра.</b>	<b>6</b>		
15.	<p>Состав ядра. Нуклоны. Заряд и масса ядра. Изотопы и изобары. Энергия связи ядра. Ядерные силы. Модели атомного ядра. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение. Правила</p>	2	<p>[1 ,6,7]. Лекции 8,9. Материалы на электронных носителях.</p>	<p>1. Экспресс-тесты по темам занятий. 2. Опросы по темам занятий.</p>

	смещения. Ядерные реакции. Деление ядер. Цепная ядерная реакция. Ядерные реакторы. Применение радиоактивных изотопов и ядерной энергии. Термоядерная реакция. Управляемый термоядерный синтез. Элементы дозиметрии.			
16.	Энергия связи ядра. Ядерные силы. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-излучение. Правила смещения. Ядерные реакции. Деление ядер. Цепная ядерная реакция.	2	[1 ,6,7]. Лекция 8,9. Материалы на электронных носителях. Домашние задания [2] §35 №№ 16, 18, 31, 34, 36, 43, 60.	1. Блиц-опрос в устной форме. 2. Письменный отчет с решениями не менее 4 задач.
17.	Лабораторная работа № 5.12 «Изучение статистических закономерностей радиоактивного распада»	2	[1 ,6,7]. Материалы на электронных носителях. Расчеты и оформление лабораторной работы.	Отчет о выполнении лабораторной работы.
	<b>Элементарные частицы. Заключение.</b>	<b>4</b>		
18.	Частицы и античастицы. Классификация элементарных частиц. Частицы - переносчики взаимодействий. Кварки. Экспериментальные методы ядерной физики. Счетчики элементарных частиц. Трековые приборы. Масс-спектрометры. Ускорители заряженных частиц.	2	[1 ,6,7]. Лекция 10. Материалы на электронных носителях.	1.Экспресс-тесты по темам занятий. 2.Опросы по темам занятий.
19.	Лабораторная работа №5.18 «Изучение углового распределения космических лучей»	2	[1 ,6,7]. Материалы на электронных носителях. Расчеты и оформление лабораторной работы.	Отчет о выполнении лабораторной работы.
<b>Итого</b>		<b>52</b>		



## **ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ**

Основными средствами диагностики усвоения знаний, умений и овладения необходимыми навыками по учебной дисциплине являются:

– фронтальный опрос на лекционных занятиях, направлен на систематизацию знаний студентов, определение уровня готовности аудитории к восприятию нового материала, а также на формирование у преподавателя представление об усвоении студентами основополагающих понятий и законов изучаемой учебной дисциплины;

– проверка практических заданий, выполняемых на лабораторных занятиях, представляет собой диагностику систематичности подготовки студентов к занятиям и уровня усвоения ими практико-ориентированного содержания программного материала учебной дисциплины;

– групповые и индивидуальные консультации студентов, которые предназначены для диагностики уровня овладения знаниями, умениями и навыками, устранения возможных ошибок, пробелов в знаниях студентов;

– самостоятельные работы используются для определения индивидуальных особенностей, темпа продвижения студентов и усвоения ими необходимых знаний;

– компьютерное тестирование позволяет быстро провести диагностику усвоения студентами учебного материала как по отдельным темам и разделам учебной дисциплины, так и по учебной дисциплине в целом.

С целью текущего контроля предусматривается проведение нескольких рейтинговых контрольных работ.

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНОК РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Формой промежуточной аттестации учебным планом предусмотрен экзамен в 6 семестре. Итоговая оценка формируется на основе документов:

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29.05.2012 г.).

2. Критерии оценки знаний и компетенций студентов по 10-балльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 22.12.2003 № 21-04-1/105).

## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ РЕЙТИНГОВЫХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ.

### Работа № 1.

#### Б

**Тема: Тепловое излучение. Квантовые свойства излучения. Основы квантовой механики.**

#### Вопросы:

1. Тепловое излучение, его принципиальное отличие от других видов излучения. Испускательная способность как спектральная плотность излучения, поглощательная тела. Энергетическая светимость. Абсолютно черное тело и его моделирование в эксперименте. Закон Кирхгофа.
2. Принцип Паули в формировании электронных оболочек химических элементов периодической таблицы Менделеева. Различия между электронными слоями и оболочками.
3. Тепловое излучение. Правило Прево. Закон Кирхгофа как количественное отображение правила Прево. Энергетическая светимость и закон Стефана – Больцмана.
4. Спин, как новая степень свободы для состояния микроскопической частицы. Механический и магнитный спиновые моменты электрона. Проекция спинового квантового числа на выделенное направление по результатам опытов Штерна и Герлаха в неоднородном магнитном поле.
5. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Классические представления в соответствии с положениями Релея-Джинса. Спектральная плотность излучения на основании гипотезы Планка.
6. Свободные и связанные состояния для микросистем. Квантование энергии, момента импульса и проекции момента импульса. Полный набор квантовых чисел электрона в атоме.
7. Применение законов теплового излучения в оптической пирометрии. Закон Стефана – Больцмана и радиационная температура для черного и серого тела.
8. Устойчивые и неустойчивые изотопы химических элементов. Естественная радиоактивность химических элементов. Закон радиоактивного распада.
9. Применение законов теплового излучения в оптической пирометрии. Закон смещения Вина, понятие яркостной и термодинамической температуры черного и серого тела.
10. Корпускулярно-волновой дуализм электромагнитного излучения, основные характеристики фотона. Опыты Вавилова Природа  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$

- распада.

11. Применение законов теплового излучения в оптической пирометрии. Цветовая температура, методология ее определения, соотношение между цветовой и термодинамической температурами

12. Внешний фотоэлектрический эффект, суть опытов Герца с освещением искрового промежутка. Опыты Столетова. Методы наблюдения радиоактивных излучений.

13. Корпускулярные свойства электромагнитного излучения в фотоэлектрическом эффекте, законы фотоэффекта относительно тока насыщения, максимальной скорости эммитируемых электронов, гипотеза Эйнштейна, уравнение Эйнштейна.

14. Правила смещения. Радиоактивные ряды.

15. Волновые свойства электромагнитного излучения в фотоэлектрическом эффекте. Основные характеристики – вольтамперная, световая. Задерживающий потенциал в функции частоты по опыту Милликена. Применение внешнего фотоэффекта

16. Химические элементы периодической таблицы Менделеева и их свойства. Зарядовые и массовые числа, понятие изотопа, изобары. Законы сохранения при атомных и ядерных превращениях.

17. Энергия, масса, количество движения фотона. Давление света с точки зрения волновых и корпускулярных представлений. Опыты Лебедева. Получение рентгеновских лучей, тормозное и характеристическое излучение, их спектры.

18. Волновая функция микросистемы как образ, позволяющий описать вероятность нахождения системы в том или другом состоянии. Состав ядра атома. Нуклоны и их характеристики. Законы сохранения при ядерных превращениях.

19. Волновые и корпускулярные свойства электромагнитного излучения на примере поглощения и рассеяния рентгеновских лучей на свободных электронах. Эффект Комптона и необходимые законы сохранения для его описания.

## **Работа № 2.**

**Тема: Физика атомов и молекул. Квантовые явления в твердых телах.**

### **Вопросы:**

1. Спектральные серии излучения атомарного водорода. Правила отбора для переходов, постоянная Ридберга и методы ее определения.
2. Теплоемкость твердых тел в приближении классических и квантовых представлений. Теория теплоёмкости Эйнштейна.
3. Квантомеханическая интерпретация постулатов Бора. Принцип соответствия между классической и волновой механикой.

4. Теплоемкость твердых тел в приближении классических и квантовых представлений. Теория теплоёмкости Дебая.
5. Состав атомного ядра, энергетические соотношения между основными частицами ядра. Характеристики ядра по устойчивости. Магические числа.
6. Основы волновой механики в построении теории Периодической системы элементов. Менделеева. Понятие о химической связи и валентности.
7. Приближение свободного электронного газа для описания свойств металлов. Циклические граничные условия Борна-Кармана, квантование квазиимпульса, уровней энергии электронов в металле.
8. Природа характеристических рентгеновских спектров. Электронные слои и переходы между ними, спектральные серии рентгеновских линий. Закон Мозли.
9. Приближение свободного электронного газа в основном состоянии. Понятие волнового вектора Ферми, импульса Ферми, сферы Ферми, энергии Ферми. Их связь с концентрацией электронов в материале.
10. Спонтанные и вынужденные переходы между уровнями энергии. Условия, требуемые для получения вынужденного излучения. Основные требования для получения вынужденного электромагнитного излучения.
11. Приближение электронного газа в поле периодического потенциала кристаллической решетки. Понятие зоны Бриллюэна. Области разрешенных и запрещенных значений энергии электрона в кристаллической структуре.
12. Термодинамические свойства электронного газа в металле, статистика Ферми-Дирака, химический потенциал, его связь с энергией Ферми, теплоемкость электронного газа, сопоставление с теплоемкостью в приближении классической статистики.
13. Явление люминесценции. Правило Стокса. Статистика Ферми-Дирака. Фермионы. Диэлектрики, полупроводники, металлы.
14. Приближение электронного газа в поле периодического потенциала кристаллической решетки. Области разрешенных и запрещенных значений энергии электрона в кристаллической структуре. Классификация материалов по типу проводимости исходя из зонной теории электронных спектров – металлы, полуметаллы, полупроводники, диэлектрики.
15. Понятие виртуальных частиц как переносчиков электромагнитного и сильного взаимодействия. Фотон, мезон в квантовой электродинамике и квантовой хромодинамике.
16. Виды радиоактивного распада, характеристики ионизирующего излучения.
17. Собственный полупроводник. Электронные и дырочные

состояния. Условие электронейтральности, зависимость химического потенциала и концентрации носителей от температуры.

18. Правило Прево, закон Кирхгофа для теплового излучения. Проявление закона Кирхгофа при нагревании различных тел. Квантовая гипотеза Планка.

19. Радиоактивность, основной закон радиоактивности, постоянная распада, среднее время жизни радиоактивных нуклидов.

20. Примесный полупроводник донорного и акцепторного типа. Энергия ионизации примесей. Условия электронейтральности и зависимость концентрации носителей.

### Работа № 3.

**Тема: Физика атомного ядра. Элементарные частицы.**

#### Вопросы:

1. Модели атомного ядра. Энергия связи нуклонов в ядре. Виртуальные частицы, отвечающие за сильное взаимодействие в атомном ядре.
2. Волновые и корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Опыт Боте как подтверждение корпускулярности свойств рентгеновского излучения.
3. Применение рентгеновских лучей.
4. Ядро атома, соотношение между массой ядра и суммарной массой нуклонов. Дефект массы и энергия связи ядра.
5. Корпускулярно-волновой дуализм в природе и волновые свойства микроскопических частиц на примере опытов по дифракции электронов. Волны де Бройля.
6. Понятие о силах, удерживающих нуклоны в составе ядра. Свойства ядерных сил.
7. Волновые свойства микрочастиц на примере дифракции потока частиц на узкой щели. Обоснование соотношения неопределенностей Гейзенберга.
8. Первые ядерные реакции. Искусственная радиоактивность.
9. Волновая функция микрочастицы, ее физический смысл для описания состояния микросистемы. Принцип суперпозиции в волновой механике. квантовой механике. Уравнение Шредингера.
10. Ядерные реакции деления для тяжелых элементов периодической таблицы Менделеева. Направленность реакции, энергетический выход.
11. Движение частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Волновая функция частицы, граничные условия, квантование импульса и энергии частицы.
12. Ядерные реакции деления для тяжелых элементов периодической системы. Энергетический выход реакции, цепные реакции деления и

их применение. Ядерные реакторы.

13. Микрочастица в поле квазиупругой силы. Закономерности квантования энергии линейного гармонического осциллятора. Волновая функция и энергия основного состояния.

14. Ядерные реакции синтеза для легких элементов периодической системы Менделеева. Условия реакции синтеза и ее энергетический выход.

15. Волновая функция микрочастицы в потенциальной яме со стенками конечной высоты. Условия прохождения частицы через потенциальный барьер (туннельный эффект).

16. Элементарные частицы, виды взаимодействий между элементарными частицами.

17. Модели атома. Модель Томсона. Опыты Резерфорда по рассеянию  $\alpha$  – частиц веществом. Планетарная модель атома. Противоречия классической теории при описании стационарного состояния атома.

18. Основные классы элементарных частиц и виды взаимодействий описываемых ими. Устойчивые и неустойчивые элементарные частицы.

19. Линейчатые спектры атомов, комбинационные принципы для описания частот, неприемлемость классических положений для описания спектральных линий. Суть постулатов Бора. Энергия водородоподобного атома в модели Бора.

20. Требования по реализации реакции синтеза, применение в военной области, проблемы управляемого термоядерного синтеза.

21. Квантование уровней энергии атомных систем на примере опытов Франка и Герца. Корпускулярно-волновой дуализм для частиц с массой покоя не равной нулю. Гипотеза де\_Бройля.

22. Дефект массы, энергия связи атомного ядра на примере ядра гелия. Удельная энергия связи.

23. Понятие о кварках. Структура нуклонов. Частицы и античастицы.

## **ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНТНОСТИ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ЗАДАНИЙ**

**Тема: Тепловое излучение. Квантовые свойства излучения. Основы квантовой механики.**

1. Точечный источник света потребляет мощность 100 Вт и равномерно излучает свет во все стороны. Длина волны света 600 нм, коэффициент полезного действия 0,1%. Определить количество фотонов, которые излучает источник за 1 с?

2. Какой длины электромагнитную волну нужно направить на поверхность цинка, чтобы максимальная скорость фотоэлектрона равнялась 0,8 Мм/с?

3. Вычислить энергию, которая излучается с поверхности Солнца площадью 1 м<sup>2</sup> за 1 мин, если считать Солнце абсолютно черным телом с температурой поверхности 5800 К.

4. Сколько энергии излучает абсолютно черное тело за 1 с с поверхности площадью 1 см<sup>2</sup>, которая светится, когда максимум излучательной способности приходится на длину волны 725 нм?

5. Температура абсолютно черного тела изменилась от 1600 К до 2000 К. На сколько изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности, и во сколько раз увеличилась максимальная излучательная способность?

6. Вычислить давление света, действующего на зеркальные лепестки измерительной установки Лебедева, когда поток световой энергии равен 1,05 кДж/ (м<sup>2</sup>×с).

7. Давление излучения на плоское зеркало равно 0,2 Па. Определить интенсивность света, которое нормально падает на зеркало.

**Тема: Физика атомов и молекул. Квантовые явления в твердых телах.**

1. Установить интервал длин волн между К $\alpha$ -линией и коротковолновой границей сплошного рентгеновского спектра. Трубка с медным анодом работает при напряжении 20 кВ.

2. Определить радиус первой орбиты электрона в атоме водорода.

3. Вычислить энергию фотона, который соответствует наименьшей длине волны в серий Лаймана.

4. Красная граница для рубидия 810 нм. Какое задерживающее напряжение нужно приложить к данному фотоэлементу, чтобы остановить фотоэффект, который возникает под воздействием лучей с длиной волны 100 нм?

5. В серебре объемом 1 м<sup>3</sup> находится  $5,8 \times 10^{28}$  электронов проводимости. Найти среднюю скорость дрейфа электронов при напряженности электрического поля вдоль проводника 1 В/см.

6. Фотон жестких рентгеновских лучей с длиной волны 24 пм при столкновении со свободным электроном передал ему 9% своей энергии. Определить длину волны рассеянного рентгеновского излучения.

7. Наименьшая длина волны сплошного спектра тормозного рентгеновского излучения равна 0,5 нм. Определить скорость электронов, бомбардирующих анод рентгеновской трубки.

**Тема: Физика атомного ядра. Элементарные частицы.**

1. Определить энергию связи, которая приходится на один нуклон, в ядре изотопа бериллия  ${}^9\text{Be}_4$ .

2. Определить постоянную радиоактивного распада радия  ${}^{226}\text{Ra}_{88}$ . Какая доля от первоначального количества атомов распадается за 3100 лет?

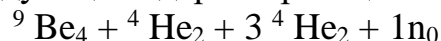
3. В телевизионной трубке электроны разгоняются до скорости 108 м/с определить длину волны катодных лучей с учетом зависимости массы от скорости.

4. В какой изотоп преобразуется радий  ${}^{226}\text{Ra}_{88}$  после пяти альфа и четырех бета распадов?

5. Флюоресцирующий экран площадью 0,03 см<sup>2</sup> находится на расстоянии 1 см от пылинки радия  ${}^{226}\text{Ra}_{88}$  массой 18 мкг. Сколько вспышек за 1 мин будет на экране?

6. Изотоп тория  ${}^{232}\text{Th}_{90}$  в результате радиоактивного распада превращается в изотоп свинца  ${}^{208}\text{Pb}_{82}$ . Сколько альфа и бета частиц выбрасывается при этом каждым атомом?

7. Найти энергию следующей ядерной реакции



8. Сколько энергии можно получить при расщеплении 1 кг урана-235?

**ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ**



1. Тепловое излучение, его принципиальное отличие от других видов излучения. Испускательная способность как спектральная плотность излучения, поглощательная способность тел. Энергетическая светимость. Абсолютно черное тело и его моделирование в эксперименте. Закон Кирхгофа.
2. Правило Прево. Закон Кирхгофа как количественное отображение правила Прево. Энергетическая светимость и закон Стефана – Больцмана.
3. Распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Классические представления в соответствии с положениями Релея-Джинса. Спектральная плотность излучения на основании гипотезы Планка.
4. Применение законов теплового излучения в оптической пирометрии. Закон Стефана – Больцмана и радиационная температура для черного и серого тела.
5. Закон смещения Вина, понятие яркостной и термодинамической температуры черного и серого тела.
6. Фотоны. Формула Планка и ее предельные случаи (формула Вина, закон смещения Вина, формула Релея-Джинса, закон Стефана-Больцмана).
7. Закон Кирхгофа для теплового излучения. Проявление закона Кирхгофа при нагревании различных тел. Законы Стефана - Больцмана и Вина.
8. Внешний фотоэлектрический эффект, суть опытов Герца с освещением искрового промежутка. Опыты Столетова. Уравнение Эйнштейна.
9. Корпускулярные свойства электромагнитного излучения в фотоэлектрическом эффекте, законы фотоэффекта относительно тока насыщения, максимальной скорости эмиссируемых электронов, гипотеза Эйнштейна, уравнение Эйнштейна.
10. Волновые свойства электромагнитного излучения в фотоэлектрическом эффекте. Основные характеристики – вольтамперная, световая. Задерживающий потенциал, красная граница фотоэффекта. Применение внешнего фотоэффекта (фотоэлемент, фотоэлектронный умножитель, электронно-оптический преобразователь).
11. Энергия, масса, импульс фотона. Давление света с точки зрения волновых и корпускулярных представлений. Опыты Лебедева.
12. Волновые и корпускулярные свойства электромагнитного излучения на примере поглощения и рассеяния рентгеновских лучей на свободных электронах. Эффект Комптона и необходимые законы сохранения для его описания.
13. Волновые и корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Опыт Боте как подтверждение корпускулярности свойств рентгеновского излучения. Рентгеновские лучи. Применение рентгеновских лучей.
14. Основы квантовой механики
15. Корпускулярно-волновой дуализм в природе и волновые свойства микроскопических частиц на примере опытов по дифракции электронов. Волны де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

16. Волновые свойства микрочастиц на примере дифракции потока частиц на узкой щели. Обоснование соотношения неопределенностей Гейзенберга.
17. Волновая функция микрочастицы, ее физический смысл для описания состояния микросистемы. Принцип суперпозиции в волновой механике, квантовой механике. Уравнение Шредингера.
18. Движение частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Волновая функция частицы, граничные условия, квантование энергии, момента импульса и проекции момента импульса электрона в атоме.
19. Микрочастица в поле квазиупругой силы. Закономерности квантования энергии линейного гармонического осциллятора. Волновая функция и энергия основного состояния.
20. Движение частицы в центрально-симметричном поле. Условия прохождения частицы через потенциальный барьер (туннельный эффект).
21. Физика атомов и молекул
22. Постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору. Квантомеханическая интерпретация постулатов Бора.
23. Опыты Франка и Герца. Правила отбора для переходов, постоянная Ридберга и методы ее определения.
24. Свободные и связанные состояния для микросистем. Квантование энергии, момента импульса и проекции момента импульса. Полный набор квантовых чисел электрона в атоме.
25. Принцип Паули в формировании электронных оболочек химических элементов периодической таблицы Менделеева. Различия между электронными слоями и оболочками.
26. Линейчатые спектры атомов, комбинационные принципы для описания частот, неприемлемость классических положений для описания спектральных линий. Суть постулатов Бора.
27. Спектральные серии излучения атомарного водорода. Квантомеханическая интерпретация постулатов Бора. Квантование уровней энергии атомных систем на примере опытов Франка и Герца.
28. Спин, как новая степень свободы для состояния микроскопической частицы. Механический и магнитный спиновые моменты электрона. Проекция спинового квантового числа на выделенное направление по результатам опытов Штерна и Герлаха в неоднородном магнитном поле.
29. Спин и магнитный момент электрона. Принцип Паули. Основы теории Периодической таблицы элементов Менделеева. Понятие о химической связи и валентности.
30. Получение рентгеновских лучей, тормозное и характеристическое излучение, их спектры.
31. Природа характеристических рентгеновских спектров. Электронные слои и переходы между ними, спектральные серии рентгеновских линий. Закон Мозли.

32. Движение электрона в поле центральных сил водородоподобного атома. Модель атома водорода по Бору, основное уравнение движения, определение радиусов орбит, скоростей движения электронов по орбитам и полной энергии электронов в атоме. Условия квантования, кратность вырождения.
33. Заполнение электронных энергетических уровней в водородоподобном атоме, ход формирования электронных слоев и электронных оболочек в реальных химических элементах. Квантование энергии, момента импульса, проекции момента импульса электрона в атоме, векторная модель сложения угловых моментов. Энергетические термы многоэлектронного атома.
34. Орбитальный магнитный момент атомной системы, гиромагнитное отношение, магнетон Бора. Пространственное квантование ориентации вектора магнитного момента во внешнем магнитном поле. Пространственное квантование. Опыты Штерна и Герлаха.
35. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света. Спонтанные и вынужденные переходы между уровнями энергии. Условия, требуемые для получения вынужденного излучения. Основные требования для получения вынужденного электромагнитного излучения. Лазеры. Явление люминесценции. Правило Стокса.
36. Квантовые явления в твердых телах
37. Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Понятие о квантовых статистиках. Уровень и энергия Ферми. Теплоемкость электронного газа.
38. Теплоемкость твердых тел в приближении классических и квантовых представлений. Теория теплоёмкости Эйнштейна. Теория теплоёмкости Дебая.
39. Теплоемкость металлов. Фононы. Теплопроводность диэлектрических кристаллов.
40. Приближение электронного газа в поле периодического потенциала кристаллической решетки. Понятие зоны Бриллюэна. Области разрешенных и запрещенных значений энергии электрона в кристаллической структуре. Классификация материалов по типу проводимости исходя из зонной теории электронных спектров – металлы, полупроводники, диэлектрики.
41. Термодинамические свойства электронного газа в металле, статистика Ферми-Дирака, химический потенциал, его связь с энергией Ферми, теплоемкость электронного газа, сопоставление с теплоемкостью в приближении классической статистики.
42. Фермионы. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Статистика Ферми-Дирака.
43. Проводимость полупроводников, p-n-переход, полупроводниковые приборы. Электропроводность металлов. Квантовые явления при низких температурах.

44. Зависимость химического потенциала и концентрации носителей от температуры. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Уровень Ферми и его расположение.
45. Примесный полупроводник донорного и акцепторного типа. Энергия ионизации примесей. Зависимость концентрации носителей от температуры для примесных уровней. Понятие фотопроводимости полупроводника.
46. Физика атомного ядра
47. Модели атома. Модель Томсона. опыты Резерфорда по рассеянию  $\alpha$  – частиц веществом. Планетарная модель атома.
48. Корпускулярно-волновой дуализм электромагнитного излучения, основные характеристики фотона. опыты Вавилова Природа  $\alpha$  - ,  $\beta$  -,  $\gamma$  – распада.
49. Правила смещения. Радиоактивные ряды.
50. Устойчивые и неустойчивые изотопы химических элементов. Естественная радиоактивность химических элементов. Закон радиоактивного распада.
51. Волновая функция микросистемы как образ, позволяющий описать вероятность нахождения системы в том или другом состоянии. Состав ядра атома. Нуклоны и их характеристики. Законы сохранения при ядерных превращениях.
52. Ядро атома, соотношение между массой ядра и суммарной массами нуклонов. Энергия связи нуклонов в ядре, модели атомного ядра. Дефект массы и энергия связи ядра.
53. Первые ядерные реакции. Искусственная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа-распад. Бета-распад.
54. Ядерные реакции деления для тяжелых элементов периодической таблицы Менделеева. Направленность реакции, энергетический выход.
55. Понятие о силах, удерживающих нуклоны в составе ядра. Модели атомного ядра.
56. Энергетический выход реакции, цепные реакции деления и их применение. Ядерные реакторы.
57. Ядерные реакции синтеза для легких элементов периодической системы Менделеева. Условия реакции синтеза и ее энергетический выход.
58. Требования по реализации реакции синтеза, проблемы управляемого термоядерного синтеза. Элементы дозиметрии.
59. Зарядовые и массовые числа, понятие изотопа, изобары. Законы сохранения при атомных и ядерных превращениях.
  
60. Элементарные частицы, виды взаимодействий между элементарными частицами.
61. Основные классы элементарных частиц и виды взаимодействий описываемых ими.
62. Понятие о кварках. Структура нуклонов. Частицы и античастицы.

63. Счетчики элементарных частиц. Трековые приборы. Масс-спектрометры. Ускорители заряженных частиц.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ**  
по учебной дисциплине  
«Квантовая физика»

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Математический анализ	Кафедра математики и методики преподавания математики	С содержанием данной учебной дисциплины согласуются, замечаний и предложений нет	Протокол № 3 от 31.10.2023 г.
Электричество и магнетизм	Кафедра физики и методики преподавания физики	С содержанием данной учебной дисциплины согласуются, замечаний и предложений нет	Протокол № 3 от 31.10.2023 г.
Геометрическая, волновая и математическая физика	Кафедра физики и методики преподавания физики	С содержанием данной учебной дисциплины согласуются, замечаний и предложений нет	Протокол № 3 от 31.10.2023 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу учреждения образования  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»  
по учебной дисциплине «Квантовая физика» модуля «Оптика, квантовая и  
математическая физика»  
для специальности 1-02 05 02 Физика и информатика

Учебная программа учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка» по учебной дисциплине «Квантовая физика» предназначена для подготовки специалистов с высшим образованием по специальности 1-02 05 02 Физика и информатика. Упомянутая программа направлена на подготовку специалистов физиков с высоким уровнем профессиональных компетенций, включая широкий круг знаний, умений навыков в сфере преподавания физики по разделам: тепловое излучение, квантовые свойства излучения, основы квантовой механики, физика атомов и молекул, квантовые явления в твердых телах, физика атомного ядра и элементарные частицы.

Структура учебной программы по рассматриваемой дисциплине отвечает требованиям, предъявляемым к такого рода документам и содержит вступительную часть с конкретизацией целей и задач, пояснения по структуре междисциплинарных связей, распределение времени на рассмотрение разделов и тем. Выявлен и четко сформулирован вес дисциплины среди фундаментальных дисциплин основного блока, как исходного резерва для формирования дидактического аппарата будущего преподавателя физики в учреждениях общего среднего образования.

Программа структурирована в начальном объеме 120 часов общей нагрузки, включая 68 часов аудиторных занятий и 52 часа самостоятельной работы. В тематическом представлении и по форме занятий аудиторные занятия отвечают лекционным, практическим занятиям и лабораторному практикуму. Самостоятельная работа студентов отображена в формате привлечения различных учебных ресурсов, включая источники открытого доступа. Ее тематика органично дополняет вопросы аудиторных теоретических и практических занятий. Рекомендуемые формы учебной работы в аудитории и за ее пределами содержат в дополнение к традиционным методам проектные изыскания студенческих авторских коллективов.

Оценка результатов освоения учебной дисциплины предусмотрена процедурой перманентного текущего блиц-контроля, промежуточным рейтинговым тестированием, итоговым экзаменом с учетом рейтинга.

Выводы: содержание и учебно-методическое обеспечение учебной программы по дисциплине «Квантовая физика» соответствуют требованиям

государственного образовательного стандарта высшего образования I ступени по специальности 1-02 05 02 «Физика и информатика», сама учебная программа может быть использована для методического обеспечения учебного процесса в рамках основной образовательной программы БГПУ имени Максима Танка по специальности 1-02 05 02 Физика и информатика.

Профессор кафедры физической оптики и прикладной информатики физического факультета БГУ, доктор физ.-мат. наук, профессор



В.В.Могильный





## РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу учреждения образования  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»  
по учебной дисциплине «Квантовая физика»  
для специальности 1-02 05 02 Физика и информатика

Разработанная учебная программа учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка» по учебной дисциплине «Квантовая физика» предназначена для подготовки специалистов с высшим образованием по специальности 1-02 05 02 Физика и информатика и нацелена на обеспечение высокого уровня усвоения знаний и умений, а также активизацию креативной и познавательной деятельности и расширение профессиональной эрудиции будущих учителей физики.

Разработчиками учебной программы дисциплины «Квантовая физика» являются профессор кафедры физики и методики преподавания физики БГПУ В.Р. Соболев и доцент кафедры физики и методики преподавания физики БГПУ К.А. Саечников.

Структура учебной программы дисциплины «Квантовая физика», представленной на рецензию, соответствует требованиям к разработке учебных программ.

В учебной программе представлены цели и задачи дисциплины, область применения программы. Четко сформулированы требования к результатам освоения дисциплины: компетенциям, приобретаемому практическому опыту, знаниям и умениям. Выявлен вклад дисциплины в формирование базовой профессиональной компетенции: применять основные положения оптики и квантовой физики для решения задач межпредметного и практико-ориентированного содержания.

Программа рассчитана на 68 часов аудиторных занятий и 52 часа самостоятельной работы. В тематическом плане программы дана тематика теоретических и практических занятий, приведены различные формы самостоятельной работы. Образовательные технологии обучения представлены по видам учебной работы (аудиторная и внеаудиторная), характеризуются как общепринятыми формами (лекции, практические и лабораторные занятия), так и интерактивными формами, такими как просмотр видеофильмов и создание мультимедийных презентаций и т.п.

Учебно-методическое и информационное обеспечение содержит перечень основной и дополнительной литературы, Интернет-ресурсы.

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины осуществляется посредством стандартных форм и методов контроля.

Выводы рецензента:

- содержание и учебно-методическое обеспечение учебной программы по дисциплине «Квантовая физика» соответствуют требованиям государственного образовательного стандарта высшего образования I степени по специальности 1-02 05 02 «Физика и информатика».

- учебная программа дисциплины «Квантовая физика» может быть использована для методического обеспечения учебного процесса в рамках основной образовательной программы БГПУ имени Максима Танка по специальности 1-02 05 02 Физика и информатика.

Доцент кафедры информатики и  
методики преподавания информатики  
физико-математического факультета БГПУ,  
кандидат физ.-мат. наук, доцент



Г.А. Заборовский