

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры общей физики
протокол № 5 от 12 января 2022 г.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой



/Балапанов М.Х.



/Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Квантовая физика

Б1.О.11.04. обязательная

программа бакалавриата

Направление подготовки (специальность)

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Направленность (профиль) подготовки

Оптические системы и сети связи

Квалификация

бакалавр

Разработчик (составитель)

доцент кафедры общей физики,

к.ф.-м.н.



/Давлетшина А.Д.

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Составитель:

к.ф.-м.н., доцент Давлетшина А.Д.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики протокол № 3 от 19 января 2021 г.

Заведующий кафедрой



/_Балапанов М.Х.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры общей физики протокол № 6 от 24 июня 2021 г.

Заведующий кафедрой



/Балапанов М.Х.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры общей физики протокол № 5 от 12 января 2022 г.

Заведующий кафедрой



/Балапанов М.Х.

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	4
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	5
4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине	5
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине	5
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	19
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	19
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы	20
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	21

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ОПК-1.Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1.Знать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Знать положения и законы геометрической и волновой оптики, основные методы наблюдения и объяснение на их основе явлений.
		ОПК-1.2. Уметь применять положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Уметь применять законы и положения геометрической и волновой оптики, основные методы наблюдения для решения конкретных задач инженерной деятельности.
		ОПК-1.3. Владеть методами естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Владеть навыками и методиками решения задач геометрической и волновой оптики.
	ОПК-2.Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1. Знать методы экспериментальных исследований и основные приемы обработки и представления полученных данных.	Знать основные положения, законы и методы геометрической и волновой оптики, необходимые для проведения экспериментальных исследований, их обработки и анализа.
		ОПК-2.2. Уметь самостоятельно проводить экспериментальные исследования и обработать полученные данные.	Уметь пользоваться основными оптическими приборами, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи, обрабатывать, анализировать и оценивать полученные результаты, использовать при работе справочную и учебную литературу.

		ОПК-2.3. Владеть методами экспериментальных исследований и обработки полученных данных.	Владеть навыками и методами проведения экспериментальных исследований, основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.
--	--	---	---

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы квантовой физики» относится к обязательной части.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Цели изучения дисциплины: изучение корпускулярных свойств света и волновых свойств вещества, квантовой механики, квантовой физики атома, атомной физики, знание методов экспериментального исследования и анализа оптических явлений.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и формулировка компетенции

ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ОПК-1.1. Знать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Знать положения и законы квантовой физики, основные методы наблюдения и объяснения на их основе явлений.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
ОПК-1.2. Уметь применять положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Уметь применять законы и положения квантовой физики, основные методы наблюдения для решения конкретных задач инженерной деятельности.	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
ОПК-1.3. Владеть методами естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Владеть навыками и методиками решения задач квантовой физики.	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ОПК-2.1. Знать методы экспериментальных исследований и основные приемы	Знать основные положения, законы и методы квантовой физики, необходимые для проведения экспериментальных	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё

обработки и представления полученных данных.	исследований, их обработки и анализа.	знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	существенные ошибки в ответах		
ОПК-2.2. Уметь самостоятельно проводить экспериментальные исследования и обработать полученные данные.	Уметь пользоваться основными оптическими приборами, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи, обрабатывать, анализировать и оценивать полученные результаты, использовать при работе справочную и учебную литературу.	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
ОПК-2.3. Владеть методами экспериментальных исследований и обработки полученных данных.	Владеть навыками и методами проведения экспериментальных исследований, основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

ОПК-1: Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Зачтено»	«Не зачтено»
ОПК-1.1. Знать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Знать положения и законы квантовой физики, основные методы наблюдения и объяснение на их основе явлений.	Знает положения и законы квантовой физики, основные методы наблюдения и объяснение на их основе явлений.	Не знает положения и законы квантовой физики, основные методы наблюдения и объяснение на их основе явлений.
ОПК-1.2. Уметь применять положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Уметь применять законы и положения квантовой физики, основные методы наблюдения для решения конкретных задач инженерной деятельности.	Умеет применять законы и положения квантовой физики, основные методы наблюдения для решения конкретных задач инженерной деятельности.	Не умеет применять законы и положения квантовой физики, основные методы наблюдения для решения конкретных задач инженерной деятельности.
ОПК-1.3. Владеть методами естественных наук и математики для решения задач	Владеть навыками и методиками решения задач квантовой физики.	Владеет навыками и методиками решения задач квантовой физики.	Не владеет навыками и методиками решения задач квантовой физики.

инженерной деятельности.			
--------------------------	--	--	--

ОПК-2: Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Зачтено»	«Не зачтено»
ОПК-2.1. Знать методы экспериментальных исследований и основные приемы обработки и представления полученных данных.	Знать основные положения, законы и методы квантовой физики, необходимые для проведения экспериментальных исследований, их обработки и анализа.	Знает основные положения, законы и методы квантовой физики, необходимые для проведения экспериментальных исследований, их обработки и анализа.	Не знает основные положения, законы и методы квантовой физики, необходимые для проведения экспериментальных исследований, их обработки и анализа.
ОПК-2.2. Уметь самостоятельно проводить экспериментальные исследования и обработать полученные данные.	Уметь пользоваться электроизмерительными приборами, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи, обрабатывать, анализировать и оценивать полученные результаты, использовать при работе справочную и учебную литературу.	Умеет пользоваться электроизмерительными приборами, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи, обрабатывать, анализировать и оценивать полученные результаты, использовать при работе справочную и учебную литературу.	Не умеет пользоваться электроизмерительными приборами, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи, обрабатывать, анализировать и оценивать полученные результаты, использовать при работе справочную и учебную литературу.
ОПК-2.3. Владеть методами экспериментальных исследований и обработки полученных данных.	Владеть навыками и методами проведения экспериментальных исследований, основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.	Владеет навыками и методами проведения экспериментальных исследований, основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.	Не владеет навыками и методами проведения экспериментальных исследований, основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)
ОПК-1.1. Знать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Знать положения и законы квантовой физики, основные методы наблюдения и объяснение на их основе явлений.	Тест Письменные работы Коллоквиум

ОПК-1.2. Уметь применять положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Уметь применять законы и положения квантовой физики, основные методы наблюдения для решения конкретных задач инженерной деятельности.	Тест Письменные работы Контрольная работа
ОПК-1.3. Владеть методами естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.	Владеть навыками и методиками решения задач квантовой физики.	Тест Письменные работы Контрольная работа
ОПК-2.1. Знать методы экспериментальных исследований и основные приемы обработки и представления полученных данных.	Знать основные положения, законы и методы квантовой физики, необходимые для проведения экспериментальных исследований, их обработки и анализа.	Лабораторные работы
ОПК-2.2. Уметь самостоятельно проводить экспериментальные исследования и обработать полученные данные.	Уметь пользоваться электроизмерительными приборами, ставить и решать простейшие экспериментальные задачи, обрабатывать, анализировать и оценивать полученные результаты, использовать при работе справочную и учебную литературу.	Лабораторные работы
ОПК-2.3. Владеть методами экспериментальных исследований и обработки полученных данных.	Владеть навыками и методами проведения экспериментальных исследований, основными приемами обработки и представления экспериментальных данных.	Лабораторные работы

Критериями оценивания при модульно-рейтинговой системе являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

- от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;
- от 60 до 79 баллов – «хорошо»;
- от 80 баллов – «отлично».

Рейтинг – план дисциплины

Квантовая физика

направление 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,
профиль «Оптические системы и сети связи»

курс 2, семестр 4

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1 «Экспериментальные основы квантовой теории»				
Текущий контроль				
1. Письменная работа	0-5	2	0	10
2. Допуск, выполнение лабораторной работы, оформление отчета	0-1	5	0	5
3. Защита отчетов по лабораторной работе	0-1	5	0	5
Рубежный контроль				
1. Коллоквиум	0-10	1	0	10
2. Контрольная работа	0-5	1	0	5
Всего баллов за модуль:			0	35
Модуль 2 «Квантовая теория атомов и молекул»				
Текущий контроль				
1. Письменная работа	0-5	2	0	10
2. Допуск, выполнение лабораторной работы, оформление отчета	0-1	5	0	5
3. Защита отчетов по лабораторной работе	0-1	5	0	5
Рубежный контроль				
1. Тестирование	0-10	1	0	10
2. Контрольная работа	0-5	1	0	5
Всего баллов за модуль:			0	35
Поощрительные баллы				
1. Студенческие олимпиады			0	10
2. Публикации статей			0	10
3. Работа со школьниками (олимпиады)			0	10
Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)				
1. Посещаемость лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических занятий			0	-10
Посещение лабораторных занятий			0	-10

Итоговый контроль				
Экзамен.	0-30	1	0	30

Экзаменационные билеты

Структура экзаменационного билета:

Билет состоит из двух теоретических вопросов.

Перечень вопросов для экзамена:

1. Развитие квантово-механических представлений о природе света. Фотоэффект. Внешний и внутренний фотоэффект. Объяснение фотоэффекта на основе классической волновой теории. Квантовое представление о фотоэффекте. Уравнение Эйнштейна. Низкочастотная граница фотоэффекта. Применение фотоэффекта на практике.
2. Эффект Комптона. Квантовое представление об эффекте Комптона.
3. Давление света. Объяснение давления света на основе классической и квантовой теории.
4. Тепловое излучение и законы теплового излучения. Объяснение закономерностей теплового излучения на основе квантовых представлений.
5. Волновые свойства электронов, протонов, нейтронов. Применение дифракции электронов, нейтронов и рентгеновских лучей для изучения структуры вещества.
6. Опыты Франка и Герца. Дискретный характер атомных состояний. Потенциал возбуждения.
7. Атомные спектры. Сплошные и линейчатые спектры. Принцип спектрального анализа. Закономерности в спектрах излучения атомов и их объяснение на основе квантовой теории.
8. Корпускулярно волновой дуализм. Гипотеза де Бройль. Соотношение неопределенностей. Волновая функция и её статистическое толкование.
9. Модели атома Томсона и Резерфорда.
10. Квантовая теория атома. Постулаты Бора. Спектр атома водорода по Бору. Трудности модели атома Бора.
11. Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Собственные функции и собственные значения энергии.
12. Атом водорода в свете квантовых представлений. Квантовые числа. Спин. Оболочки и подоболочки. Конфигурация электронных облаков.
13. Принцип Паули и заполнение электронных уровней атомов. Таблица элементов Д.И.Менделеева.
14. Правила отбора и схема переходов.
15. Рентгеновские спектры. Закон Мозли.
16. Химическая связь. Молекулярные спектры.
17. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры, их принцип работы и применение.
18. Элементы квантовой статистики. Принцип неразличимости тождественных частиц. Распределение Бозе - Эйнштейна и Ферми-Дирака. Вырожденная и невырожденная система.
19. Электронный газ в металле. Уровень Ферми. Температура вырождения.
20. Элементы зонной теории твердых тел. Образование зон. Энергетический спектр электронов в кристалле. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость. Температурная зависимость проводимости полупроводников.
21. Сверхпроводимость.
22. Работа выхода. Контакт двух металлов. Двойной электрический слой. Контактная разность потенциалов. Выпрямление на контакте двух металлов.
23. Контакт металл-полупроводник. Запорный и антизапорный слой. Выпрямление на контакте металл-полупроводник.
24. Контакт двух полупроводников. p-n переход. Выпрямление на p-n переходе. Полупроводниковый диод. Транзистор. Полупроводниковые фотоэлементы.

25. Термоэлектрические явления. Эффект Зеебека, Пельтье, Томсона. Применение термоэлектрических явлений на практике.
26. Элементы физики атомного ядра. Изотопы, изобары. Спин ядра и его магнитный момент. Ядерные силы. Модели ядра. Энергия связи. Дефект массы. Ядерные реакции. Ядерная и термоядерная энергетика.
27. Радиоактивное излучение. Закон радиоактивного распада.

Образец экзаменационного билета:

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
Физико-технический институт
Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8
по дисциплине «Квантовая физика»
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
Профиль «Оптические системы и сети связи»

1. Фотоэффект. Основные законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Практическое применение фотоэффекта.
2. Радиоактивность. Виды радиоактивности. Закон радиоактивного.

Утверждено на заседании кафедры _____, протокол № ____
(дата)

Заведующий кафедрой _____ Балапанов М.Х.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра, и баллов, полученных на экзамене.

За работу в семестре студент получает до 70 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за результаты участия в олимпиаде студентов по общей физике, публикации статей и за работу со школьниками. Для допуска к экзамену студент должен набрать в семестре не менее 35 баллов.

Максимальное количество баллов, получаемое студентом на экзамене, составляет 30 баллов.

Критерии оценки (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок.

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки.

:- 10-16 баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки.

:- 0-2 баллов выставляется студенту, если он отказался от ответа или не смог ответить на вопросы билета, ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Планы практических занятий (решение задач)

Тема 1. Теория атома водорода по Бору.

Занятие 1. Модели атома Томсона и Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода.

Занятие 2. Опыты Франка и Герца. Спектр атома водорода по Бору.

Тема 2. Элементы квантовой механики.

Занятие 3. Соотношение неопределенностей.

Занятие 4. Волновая функция и ее статистический смысл.

Занятие 5. Общее уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.

Занятие 6. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками». Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект

Занятие 7. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике.

Занятие 8. Контрольная работа.

Тема 3. Элементы современной физики атомов и молекул.

Занятие 9. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям.

Занятие 10. Периодическая система элементов Менделеева. Спонтанное и вынужденное излучения.

Тема 4. Элементы квантовой статистики

Занятие 11. Квантовая статистика.

Занятие 12. Понятие о квантовой теории теплоемкости. Фононы.

Занятие 13. Квантовая теория электропроводности металлов. Собственная проводимость. полупроводников. Примесная проводимость полупроводников

Тема 5. Элементы физики атомного ядра.

Занятие 14. Закон радиоактивного распада. Правила смещения.

Занятие 15. Ядерные реакции и их основные типы

Занятие 16. Контрольная работа.

Задания для контрольных работ

Описание контрольной работы №1:

Контрольная работа состоит из четырех задач. Время выполнения – 90 минут. Каждая задача оценивается в 1 балл.

Пример варианта контрольной работы №1:

Вариант 1.

1. Максимальная длина волна спектральной линии серии Лаймана равна 0,12 мкм. Предполагая, что постоянная Ридберга неизвестна, определите максимальную длину волны линии серии Бальмера.
2. Определите изменение орбитального механического момента электрона при переходе его из возбужденного состояния в основное с испусканием фотона с длиной волны $\lambda = 1,02 \cdot 10^{-7}$ м.
3. Определите частоту f вращения электрона по третьей орбите атома водорода в теории Бора.
4. Фотон с энергией $E = 12,12$ эВ, поглощенный атомом водорода, находящимся в основном состоянии, переводит атом в возбужденное состояние. Определите главное квантовое число этого состояния.

Описание контрольной работы №2:

Контрольная работа состоит из четырех задач, время выполнения – 90 минут. Каждая задача оценивается в 1 балл.

Пример варианта контрольной работы №2:

Вариант 2.

1. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов $U=500$ В, имеет длину волны де Бройля $\lambda=1,282$ пм. Принимая заряд этой частицы равным заряду электрона, определите ее массу.
2. Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов $U=1$ кВ. Известно, что неопределенность скорости составляет 0,1% от ее числового значения. Определите неопределенность координаты электрона.
3. Частица находится в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» шириной l с бесконечно высокими «стенками». Запишите уравнение Шредингера в пределах «ямы» ($0 \leq x \leq l$) и решите его.
4. Запишите возможные значения орбитального квантового числа l и магнитного квантового числа m_l для главного квантового числа $n=4$.
5. Энергия фотона, падающего на поверхность металлической пластинки, в 5 раз больше работы выхода электрона с поверхности этого металла. Чему равно отношение максимальной кинетической энергии фотоэлектрона к работе выхода?

Описание методики оценивания задач контрольных работ:

- 1 балл выставляется студенту, если задача решена абсолютно верно;
- 0,5 балла выставляется студенту, если отсутствует одно из необходимых исходных уравнений или допущена принципиальная ошибка в исходных уравнениях, но присутствуют правильные рассуждения и действия, направленные на получение ответа (задача решена наполовину);
- 0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном ответе или, когда ответ не соответствует условию задачи.

Задания для письменных работ

Описание письменной работы №1:

Письменная состоит из четырех вопросов. Время выполнения – 20 минут.

Каждый вопрос оценивается в 1 балл.

Пример варианта письменной работы №1:

Вариант 1.

1. Эффект Комптона.
2. Опыты Франка и Герца.
3. Корпускулярно волновой дуализм. Гипотеза де Бройля.
4. Постулаты Бора.
5. Уравнение Шредингера.

Описание письменной работы №3:

Письменная состоит из четырех вопросов. Время выполнения – 20 минут.

Каждый вопрос оценивается в 1 балл.

Пример варианта письменной работы №3:

Вариант 2.

1. Принцип Паули.
2. Рентгеновские спектры.
3. Спонтанное и вынужденное излучение.
4. Частица в потенциальной яме.
5. Модель атома Бора.

Описание методики оценивания вопросов письменных работ:

- 1 балл выставляется студенту, если студент полностью дал ответ на вопрос;
- 0,5 балла выставляется студенту, если отсутствует либо рисунок либо ответ дал не полностью;
- 0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном ответе.

Задания для проведения письменных опросов (тестов)

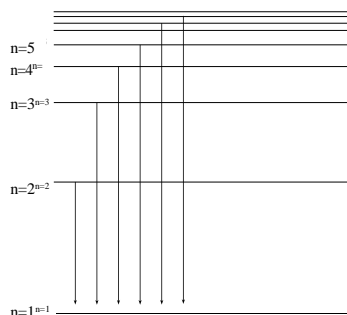
Описание теста.

Содержит задания для рубежного контроля усвоения материала. Тест рассчитан на 20 минут, состоит из 10 заданий. Каждое задание оценивается в 1 балла.

Пример тестовых заданий

h – постоянная Планка; m – масса частицы; v – скорость частицы. E – энергия частицы. Длина волны частицы определяется формулой:

- 1) $\lambda = \frac{h}{mv}$ 2) $\lambda = \frac{h}{v}$ 3) $\lambda = \frac{mv}{h}$ 4) нет правильного ответа



На рисунке схематически изображены переходы, соответствующие

- а) серии Лаймана
- б) серии Бальмера
- г) серии Брекэта
- д) серии Пфунда
- ж) нет правильного ответа

Описание методики оценивания тестов:

- 1 балл выставляется студенту, если студент полностью дал ответ на вопрос;
- 0 баллов ставится при неверном ответе.

Задания для коллоквиума

Описание коллоквиума:

Коллоквиум проводится после изучения тем «Волновые свойства электронов, протонов, нейтронов», «Атомные спектры». Максимальный балл – 10 баллов.

Вопросы для коллоквиума

1. Развитие квантово-механических представлений о природе света. Фотоэффект. Внешний и внутренний фотоэффект. Объяснение фотоэффекта на основе классической волновой теории.
2. Квантовое представление о фотоэффекте. Уравнение Эйнштейна. Низкочастотная граница фотоэффекта. Применение фотоэффекта на практике.
3. Эффект Комптона. Квантовое представление об эффекте Комптона.
4. Давление света. Объяснение давления света на основе классической и квантовой теории.
5. Тепловое излучение и законы теплового излучения. Объяснение закономерностей теплового излучения на основе квантовых представлений.
6. Волновые свойства электронов, протонов, нейтронов. Применение дифракции электронов, нейтронов и рентгеновских лучей для изучения структуры вещества.
7. Опыты Франка и Герца. Дискретный характер атомных состояний. Потенциал возбуждения.
8. Атомные спектры. Сплошные и линейчатые спектры. Принцип спектрального анализа. Закономерности в спектрах излучения атомов и их объяснение на основе квантовой теории.
9. Корпускулярно волновой дуализм. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей.
10. Волновая функция и её статистическое толкование.
11. Модели атома Томсона и Резерфорда.
12. Квантовая теория атома. Постулаты Бора. Спектр атома водорода по Бору. Трудности модели атома Бора.
13. Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Собственные функции и собственные значения энергии.

Описание методики оценивания вопросов коллоквиума:

- 10 баллов получает студент, если он полностью ответил на основной и дополнительные вопросы;
- 8-9 баллов получает студент, если он правильно ответил на основной вопрос, но не ответил на один-два дополнительных вопроса;
- 6-7 баллов получает студент, если он правильно ответил на основной вопрос, но не ответил на три дополнительных вопроса;
- 4-5 баллов получает студент, если он правильно ответил на основной вопрос, но ответил на несколько дополнительных вопросов;
- 1-3 балла получает студент, если он частично ответил на основной вопрос, но ответил на несколько дополнительных вопросов;
- 0 баллов ставится при отсутствии ответа.

Задания для оценивания выполнения и защиты лабораторных работ

За допуск, выполнение лабораторной работы, оформление отчета студент может получить 1 балл. За защиту отчетов по лабораторной работе студент может получить 1 балл. Максимальный балл за выполнение и защиту лабораторной работы 2 балла.

Контрольные вопросы к защите лабораторной работы № 10 по атомной физике «Изучение тонкой структуры спектра атома»:

1. В чем состоит принципиальное отличие энергетических уровней щелочных элементов от уровней атома водорода?
2. Чем обусловлен квантовый дефект?
3. Дайте качественное объяснение зависимости квантового дефекта от орбитального числа.
4. Запишите спектральные серии щелочных элементов.
5. Чем объяснить дублетную структуру спектров щелочных элементов?

6. Каким взаимодействием обусловлено тонкое расщепление энергетических спектров атомов?
7. Расшифруйте запись состояний атома $^2P_{1/2}$, 3P_2 , $^2D_{5/2}$, 1F_3 .
8. Объясните резкость и размытость линий резкой и диффузной серий соответственно.
9. Определите разность энергий состояний $3^2P_{3/2}$ и $3^2P_{1/2}$ атома натрия.
10. Постройте схему допустимых по правилам отбора квантовых переходов атома натрия из состояния $5F$ в основное состояние.

Описание методики оценивания выполнения и защиты лабораторных работ:

- 2 балла получает студент, если им сдан допуск к лабораторной работе, полностью выполнена лабораторная работа и полностью оформлен отчет; полностью ответил на заданные вопросы;
- 1 балла получает студент, если им сдан допуск к лабораторной работе, полностью выполнена лабораторная работа и полностью оформлен отчет; но частично ответил на заданные вопросы;
- 0,5 балл получает студент, если при сдаче допуска к лабораторным работам, выполнения лабораторной работы и оформлении отчета допущены недочеты;
- 0 баллов ставится при невыполнении лабораторной работы.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М: Высшая школа, 2001-2012 г.-542с . [В библ. БашГУ имеется 220 экз.]
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Изд. 6-е, стер. — СПб. : Лань, 2006. - Т.3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц.— 320 с. [В библ. БашГУ имеется 30 экз.+6 (2007. АСТРЕЛЬ)+33 (КНОРУС-2009)]
3. Сивухин Д.В. Атомная и ядерная физика, т.5. - М.: Физматлит, 2002.
4. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики – М: Высшая школа, Дрофа, 1996 – 2008.[В библ. БашГУ имеется 192 экз.]

Дополнительная литература:

1. Матвеев А.Н. Атомная физика. М. Высшая школа, 1989 г.. [В библ. БашГУ имеется 225 экз.]

Список методических указаний к лабораторным работам по оптике

№ п/п	Наименование	Кол-во стр.	Авторы	Год издания
1.	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 1 по атомной физике "Изучение основных законов фотоэффекта"	12	Балапанов М.Х.	2016
2.	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 2 по атомной физике «Определение потенциалов возбуждения атомов аргона (опыт Франка и Герца)»	12	Балапанов М.Х.	2016
3.	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 4 по атомной физике «Изучение спектра излучения атома водорода и определение постоянной Ридберга»	20	Балапанов М.Х. Юлаева Ю.Х.	2018
4.	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 6 по атомной физике "Изучение гелий-неонового лазера"	18	Балапанов М.Х. Юлаева Ю.Х.	2017
5.	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 9 по атомной физике «Изучение дифракции электронов и определение межплоскостных расстояний поликристалла»	18	Балапанов М.Х.	2016
6.	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 10 по атомной физике «Изучение тонкой структуры атома натрия»	32	Балапанов М.Х. Ишембетов Р.Х.	2016
7.	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 12 по атомной физике «Эмиссионный спектральный анализ сплавов на стилоскопе СЛ-13»	22	Балапанов М.Х. Ишембетов Р.Х.	2017

8.	Методические указания для выполнения лабораторной работы № 16 по атомной физике "Изучение структуры спектра двухатомной молекулы»	24	Балапанов М.Х.	2016
----	---	----	----------------	------

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. - <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — [http://www.bashlib.ru/catalogi/Решение задач по физике. Иродов И.Е.: <http://irodov.nm.ru>](http://www.bashlib.ru/catalogi/Решение_задач_по_физике._Иродов_И.Е.:_http://irodov.nm.ru)

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

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Большая физическая аудитория 02	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитории № 322 или № 324 или № 318 или № 216 (физмат корпус)	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор
Учебная лаборатория для проведения лабораторных занятий: аудитории № 211	Лабораторные занятия	Оборудование: Учебная мебель, доска. Установка для изучения основных законов фотоэффекта Устройство измерительное для изучения внешнего фотоэффекта ФПК-10, фотоэлемент сменный. Установка для изучения опыта Франка и Герца:

		<p>тиратрон ТГ-0.1-0.3 с аргоновым наполнителем, регулируемый источник питания, амперметр на 0,1 А инв. ИХ6348, вольтметр на 3 В, вольтметр на 30 В, микроамперметр, панель управления. Осциллограф двухканальный С1-220, Установка для определения резонансного потенциала методом Франка и ГерцаФПК-02 (Устройство измерительное № 714, объект исследования № 714).</p> <p>Установка для изучения спектра излучения атома водорода и определение постоянной Ридберга:</p> <p>Монохроматор МУМ к установке ФПК 09</p> <p>Установка для изучения спектра атома водорода ФПК09</p> <p>Установка для изучения гелий-неонового лазера:</p> <p>1) Источник лазерного излучения ИЛ-1 № 0028 01.98; 2) оптическая скамья; 3) поляроид; 4) дифракционная решетка; 5) экран.</p> <p>Рабочее место студента для изучения дифракции электронов и определения межплоскостных расстояний поликристалла:</p> <p>набор дифрактограмм, микроскоп измерительный МИР-12 № 230510.</p> <p>Установка для изучения тонкой структуры спектра атома натрия: трехпризменный стеклянный спектрограф ИСП-51 № 570096, натриевая спектральная лампа, ртутная спектральная лампа, линза(F=94), измерительный микроскоп, вентилятор, пусковое устройство (дроссель) № 630246 инв. 354516.</p> <p>Установка для эмиссионного спектрального анализа сплавов: стилоскоп СЛ-13 № 908048 инв. 013/1-0003909, исследуемые образцы.</p> <p>Установка для изучения структуры спектра двухатомной молекулы: трехпризменный стеклянный спектрограф ИСП-51 с автоколлимационной камерой УФ-90 №600330, линза(F=94). Монохроматор универсальный УМ-2.</p> <p>Установка для изучения спектра атома водорода.</p> <p>Определение постоянной Ридберга (Планка по спектру атома водорода ФКЛ-01.</p>
--	--	--

		<p>Установка для изучения спектра атома водорода с помощью дифракционной решетки. Определение постоянной Ридберга Планка по спектру атома водорода ФКЛ-01 (М).</p> <p>Учебная лабораторная "Лабораторная установка" Атом в магнитном поле. Эффект Зеемана ФКЛ-02 М-1 К.</p> <p>Установка учебная "Изучение внешнего фотоэффекта и определение постоянной Планка» ФКЛ-11М.</p> <p>Опыт Франка и Герца ФКЛ-06.</p> <p>Установка учебная лабораторная "Изучение спектров щелочных металлов на примере спектра атома натрия ФКЛ-02.</p>
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	<p>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p>
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	<p>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</p>

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Квантовая физика» на 4 семестр
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	65.9
лекций	32
практических/ семинарских	
лабораторных	32
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.9
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	42.1
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	36

Формы контроля:
экзамен 4 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма текущего контроля успеваемости
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Модуль 1 Волновые свойства электронов, протонов, нейтронов	2			2	[2]: гл.1 § 1	Изучить лекционный материал, рекомендуемую литературу	письменная работа
2	Опыты Франка и Герца. Дискретный характер атомных состояний. Потенциал возбуждения.	2		6	2	[1]:§ 211	Изучить лекционный материал, рекомендуемую литературу	письменная работа лабораторная работа тест
3	Атомные спектры. Сплошные и линейчатые спектры. Принцип спектрального анализа. Закономерности в спектрах излучения атомов и их объяснение на основе квантовой теории.	4		8	2	[2] : §59, 70-72	Изучить лекционный материал, рекомендуемую литературу	письменная работа коллоквиум лабораторная работа

4	Модуль 2 Модели атома Томсона и Резерфорда. Квантовая теория атома. Постулаты Бора. Спектр атома водорода по Бору. Трудности модели атома Бора.	4			2	[1]:§ 209,210,212	Изучить лекционный материал, рекомендуемую литературу.	письменная работа
5	Корпускулярно волновой дуализм. Гипотеза де Бройль. Соотношение неопределенностей. Волновая функция и её статистическое толкование. Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Собственные функции и собственные значения энергии. Уравнение Шредингера для свободной частицы. Уравнение Шредингера для частицы в одномерной потенциальной яме. Прохождение частицы через потенциальный барьер.	6			3.8	[1]:§ 213-222: [4]:гл.1 § 1-4:	Изучить лекционный материал, рекомендуемую литературу	письменная работа
6	Линейный гармонический осциллятор. Элементы квантовой статистики. Принцип неразличимости тождественных частиц. Распределение Бозе - Эйнштейна и Ферми-Дирака. Вырожденная и невырожденная система. Атом водорода в свете квантовых представлений. Квантовые числа. Спин. Оболочки и подоболочки. Конфигурация электронных облаков. Принцип Паули и заполнение электронных уровней атомов. Таблица элементов Д.И.Менделеева. Правила отбора и схема переходов. Рентгеновские спектры. Закон Мозли. Химическая связь. Молекулярные спектры. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры, их принцип работы и применение.	4		8	2	[1]:§ 222-233: [4]:гл.1 § 4:	[2] : §69,55,78,76-80	письменная работа лабораторная работа
7	Элементы зонной теории твердых тел. Образование зон. Энергетический спектр электронов в кристалле. Диэлектрики, полупроводники, металлы. Собственные и	6			3	[1]:§ 240-250 [2] : §87-89	[1]:§ 269-275	письменная работа

	примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость. Температурная зависимость проводимости полупроводников. Электронный газ в металле. Уровень Ферми. Температура вырождения. Сверхпроводимость.							лабораторная работа
8	Элементы физики атомного ядра. Изотопы, изобары. Спин ядра и его магнитный момент. Ядерные силы. Модели ядра. Энергия связи. Дефект массы. Ядерные реакции. Ядерная и термоядерная энергетика. Радиоактивное излучение. Закон радиоактивного распада. Элементарные частицы.	4		10	3	1]:§ 254-264 [2] : §90-93	[2] : §94-101	письменная работа лабораторная работа
	Всего часов:	32		32	19.8			

