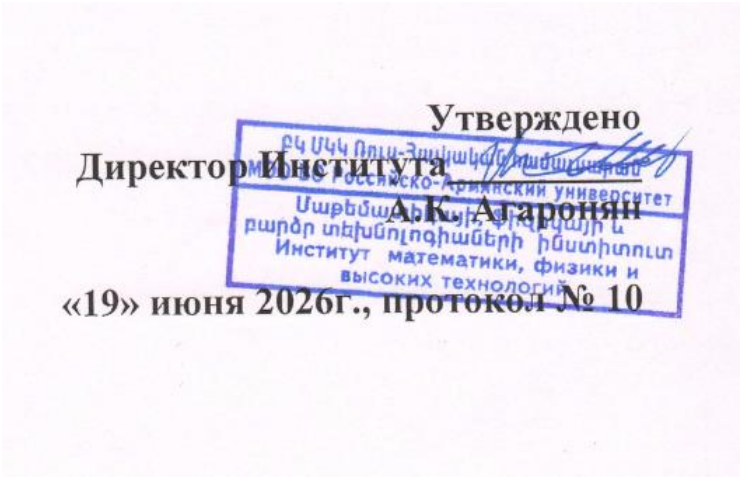
Межгосударственная образовательная организация высшего образования
«Российско-Армянский университет»



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.О.09 Физика 4

Автор (ы) Багунц Гагик Михайлович, к.ф.-м.н., доцент
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Наименование образовательной программы: Квантовая информатика

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.



(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Данный курс посвящен изучению строения и свойств атомов, процессов их взаимодействия с излучением и частицами, а также основам квантовой механики, необходимым для описания атомных систем.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

5 з.е. (180ч.), экзамен

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Физика 1, Физика 2, Физика 3, Теоретическая механика, Введение в квантовую механику.

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ОПК-2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1	Знает основные методы и средства проведения экспериментальных исследований, системы стандартизации и сертификации
		ОПК-2.2	Умеет выбирать способы и средства измерений и проводить экспериментальные исследования
		ОПК-2.3	Владеет способами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – ознакомление студентов с фундаментальными принципами атомной структуры, поведением атомов при взаимодействии с излучением, а также с современными методами исследования атомных систем. Курс направлен на развитие знаний в области квантовой механики, спектроскопии и других методов, используемых для изучения атомных процессов, а также подготовку студентов к применению этих знаний в научных исследованиях и современных технологиях, таких как лазерная техника и квантовые вычисления.

Задачи:

1. Изучение атомной структуры: освоение основ атомной теории, включая модели атомов, электронные оболочки и квантовые числа, а также понимание принципов, лежащих в основе атомных спектров.
2. Освоение методов исследования атомных систем: изучение спектроскопических методов, рентгеновской диагностики и других технологий, используемых для анализа атомных структур и переходов.
3. Формирование представлений о взаимодействии атомов с излучением: анализ процессов поглощения и эмиссии света атомами, а также изучение квантовых эффектов, таких как эффект Зеемана и эффект Штарка.
4. Освоение квантовой механики для атомных систем: понимание принципов квантовой механики, таких как принцип неопределенности, уравнение Шрёдингера и его применение для описания атомных состояний.
5. Исследование современных направлений атомной физики: знакомство с новыми достижениями в области лазерной физики, квантовых технологий, атомных часов и других инновационных направлений.
6. Развитие практических навыков: обучение использованию теоретических знаний в практических задачах, таких как расчет атомных спектров, анализ взаимодействий атомов с внешними полями и изучение атомных переходов.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	Всего, в акад. часах	Распределение по семестрам
		1 сем
1	2	3
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**180**	180
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**96**	96
1.1.1. Лекции	**32**	32
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**32**	32
1.1.3. Лабораторные работы	**32**	32
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**57**	57
1.3. Консультации		
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Экзамен**	**27**

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	Всего (ак. часов)	Лекции (ак. часов)	Практ. Занятия (ак. часов)	Лабор. (ак. часов)
1	2=3+4+5+6+7	3	4	6
Введение				
Раздел 1. Квантовая гипотеза Планка.	**10**	**3**	**3**	**4**
Тема 1. Квантование осциллятора.		1	1	
Тема 2. Дальнейшие применения гипотезы Планка.		2	2	
Раздел 2. Спектр атома водорода.		**2**	**2**	**2**
Тема 3. Квантование орбит.		2	2	
Раздел 3. Квантовые свойства излучения.	**14**	**5**	**5**	**4**
Тема 4. Фотоэффект.		2	2	
Тема 5. Эффект Комптона.		1	1	
Тема 6.Элементы кинетической теории взаимодействия излучения с веществом.		2	2	
Раздел 4. Корпускулярно-волновой дуализм. Элементы квантовой механики.	**12**	**4**	**4**	**4**
Тема 7. Волновые свойства частиц.		2	2	
Тема 8. Уравнение Шредингера (УШ).		2	2	
Раздел 5. Некоторые одномерные задачи квантовой механики.	**22**	**8**	**8**	**6**

Тема 9. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме.		2	2	
Тема 10. Надбарьерное отражение.		2	2	
Тема 11. Туннельный эффект.		2	2	
Тема 12. Гармонический осциллятор.		2	2	
Раздел 6. Соотношения неопределенностей.	**8**	**2**	**2**	**4**
Тема 13. Соотношение неопределенностей для координаты и импульса.		1	1	
Тема 14. Соотношение неопределенностей для энергии и времени		1	1	
Раздел 8. Атом.		**4**	**4**	**4**
Тема 16. УШ для электрона в атоме водорода или водородоподобного иона.		2	2	
Тема 17. Состояния электронов в сложных атомах.		2	2	
Раздел 9. Строение и спектры молекул.	**10**	**6**	**6**	**4**
Тема 18. Строение молекул. Виды химической связи в молекулах.		2	2	
Тема 19. Электронные и колебательные спектры молекул.		2	2	
Тема 20. Вращательные спектры молекул.		1	1	
Тема 21. Комбинационное рассеяние.		1	1	
ИТОГО	**96**	**32**	**32**	**32**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Введение.

Исторические предпосылки возникновения квантовой теории. Проблемы: излучение абсолютно черного тела, фотоэффект, дискретность спектров атомов и молекул, теплоемкость молекул и кристаллов. Макроскопические свойства вещества как следствие дискретности материи. Единицы измерения в квантовой физике.

Раздел 1. Квантовая гипотеза Планка.

Тема 1. Квантование осциллятора. Распределение Планка. Формула Рэлея-Джинса, ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка о квантовании энергии осциллятора, истоки этой гипотезы (энтропия как логарифм числа состояний). Закон сохранения энергии в элементарных актах излучения и поглощения, динамическое равновесие осциллятора и поля излучения, Вычисление средней энергии осциллятора в состоянии термодинамического равновесия. Пропорциональность

величины кванта энергии частоте осциллятора как следствие формулы Вина, введение постоянной Планка. Окончательный вид распределения Планка. Вывод соотношений, связывающих постоянные законов Стефана-Больцмана и Вина с фундаментальными постоянными физики. Значение этих соотношений для точного определения значений фундаментальных постоянных. (Борн. Атомная физика, гл. 8)

Тема 2. Дальнейшие применения гипотезы Планка. Классическая теория теплоемкости кристаллов. Теорема о равнораспределении кинетической потенциальной энергии по степеням свободы и ее недостаточность для интерпретации опытных данных по теплоемкости при низких температурах. Вычисление теплоемкости квантованного осциллятора. Теплоемкость кристалла по Эйнштейну и ее сравнение с опытными данными. Теплоемкость газов многоатомных молекул. (Борн, гл.8).

Раздел 2. Спектр атома водорода.

Тема 3. Квантование орбит. Типы оптических спектров: сплошные, полосатые, линейчатые. Закономерности спектра атома водорода, обобщенная формула Бальмера, комбинационный принцип Ритца, термы, серии, постоянная Ридберга. Необходимость отказа от представлений о непрерывности. Теория атома водорода по Бору, квантование момента импульса, вывод основных формул. Экспериментальное подтверждения постулатов Бора опытами Франка-Герца. (Иродов. Квантовая физика, гл. 2)

Раздел 3. Квантовые свойства излучения.

Тема 4. Фотоэффект. Экспериментальные закономерности фотоэффекта, графики зависимости фототока от приложенного внешнего напряжения и зависимости задерживающего потенциала, при котором прекращается фототок от частоты света. Безинерционность фотоэффекта, резкое расхождение классической теории излучения с экспериментом при очень малых интенсивностях облучения. Гипотеза Эйнштейна относительно природы поля излучения и взаимодействия квантов света с электронами при фотоэффекте, формула Эйнштейна и ее экспериментальное подтверждение. Корпускулярные свойства света, условия их проявления. Практические применения фотоэффекта. (Иродов,гл 1;Фриш, гл 29)

Тема 5. Эффект Комптона. Рассеяние рентгеновых лучей веществом с точки зрения классической электродинамики. Отклонение экспериментальных данных от ожидаемых закономерностей, наличие рассеяния со смещенной длиной волны. Независимость величины смещения от природы рассеивающего вещества. Объяснение закономерностей эффекта Комптона на основе корпускулярной

теории света, вывод формулы для величины смещения и угла вылета электронов отдачи. (Иродов,гл 1;Фриш, гл 29)

Тема 6. Элементы кинетической теории взаимодействия излучения с веществом. Вывод формулы Планка по Эйнштейну. Случайный характер процессов излучения и поглощения в микромире. Понятие вероятности обнаружения атома в определенном квантовом состоянии и вероятности перехода в единицу времени при взаимодействии атома с полем ЭМВ. Понятия вынужденного и спонтанного излучения, коэффициенты Эйнштейна.Уравнения для вероятностей перехода или кинетические уравнения. Условия равновесия. Вывод соотношения, связывающего коэффициенты Эйнштейна. (Савельев, Курс физики, т.3, §32)

Раздел 4. Корпускулярно-волновой дуализм. Элементы квантовой механики.

Тема 7. Волновые свойства частиц. Двойственная природа света. Гипотеза де-Бройля. Формулы, связывающие импульс частицы с длиной волны и энергию с частотой. Фазовая и групповая скорость волны, связанной с частицей. Эксперименты Дэвиссона и Джермера, подтверждающие гипотезу де-Бройля. Показатель преломления дебройлевских волн. Опыты с тяжелыми частицами - атомами и молекулами. Вывод спектра осциллятора и атома водорода с помощью гипотезы де-Бройля. (Иродов, Квантовая физика, гл.3, Шпольский т.1, §143).

Тема 8. Уравнение Шредингера (УШ). Наводящие рассуждения: волновое уравнение для волны де-Бройля свободной частицы; волновая функция свободной частицы, ее физический смысл, обусловленный случайным характером процессов в микромире. Нестационарное трехмерное УШ. Математические условия, накладываемые на волновую функцию исходя из ее физического смысла и структуры УШ. УШ для стационарных состояний, физический смысл стационарных состояний. (Савельев, гл.3).

Раздел 5. Некоторые одномерные задачи квантовой механики.

Тема 9. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме. Общее решение УШ в области внутри ямы и вне ее. Нахождение значений констант общего решения из условий, накладываемых на поведение волновой функции на границах ямы. Энергетический спектр частицы и окончательный вид волновой функции. Невозможность состояния покоя в яме как проявление волновых свойств частиц. Графики плотности вероятности для низколежащих уровней энергии.

Тема 10. Надбарьерное отражение. Постановка задачи. Решение УШ в случае, когда энергия частицы меньше высоты барьера. Коэффициент отражения и коэффициент прохождения. Физический

смысл решения. Решение в случае, когда энергия частицы больше энергии барьера. Вероятностная интерпретация решения. Надбарьерное отражение как следствие волновых свойств частиц.

Тема 11. Туннельный эффект. Постановка задачи, связь с задачей о падении частицы на барьер. Решение УШ для трех областей. Формулы связи на границах барьера. Решение системы уравнений для коэффициентов волновой функции. Предельный случай невысокого широкого барьера. Туннельный эффект как проявление волновых свойств частиц.Туннельный эффект в различных областях физики.

Тема 12. Гармонический осциллятор. Гармонический осциллятор как одна из основных моделей физики. Решение УШ для осциллатора методом Шредингера (метод факторизации). Рекуррентные уравнения для волновых функций стационарных состояний осциллятора. Спектр энергий осциллятора, наинизшее возможное значение энергии, нулевые колебания как следствие волновых свойств частиц. Предельный переход к классическому описанию.

Раздел 6. Соотношения неопределенностей.

Тема 13. Соотношение неопределенностей для координаты и импульса. Общие закономерности, характеризующие движение частицы в прямоугольной потенциальной яме и в квадратичном потенциале – невозможность состояния покоя, связь между степенью локализации и неопределенностью импульса. Строгая формулировка соотношения неопределенностей для координаты и импульса и ее применения.

Тема 14. Соотношение неопределенностей для энергии и времени. Приближенно стационарный характер возбужденных состояний атомных систем. Связь между шириной спектра волнового пакета и его длительностью. Связь между временем жизни возбужденного состояния и шириной спектра излучения, возникающего при переходе атома в состояние с более низкой энергией. Ширина излучаемого спектра как проявление неопределенности энергии возбужденного состояния. Роль времени в квантовой механике. Невозможность строгой формулировки соотношения неопределенностей для энергии и времени.

Раздел 8. Атом.

Тема 16. УШ для электрона в атоме водорода или водородоподобного иона. Радиальное УШ и основные особенности радиальной волновой функции: нормировка, поведение в начале координат, осцилляционная теорема. Решение радиального УШ и вывод формулы для спектра энергии. Понятие спина электрона. Классификация состояний в атоме водорода. (Астахов, т.3).

Тема 17. Состояния электронов в сложных атомах. Принцип Паули. Приближения, используемые для описания сложных атомов: приближение независимых электронов и приближение эффективного поля, пределы их применимости. Периодическая система элементов, периодичность свойств атомов и элементов в зависимости от атомного номера (Астахов, т.3).

Раздел 9. Строение и спектры молекул.

Тема 18. Строение молекул. Виды химической связи в молекулах. Понятие о ковалентной, ионной, водородной, вандерваальсовой связи, их механизмах и энергетических характеристиках. Диссоциация молекул, энергия диссоциации. Три вида движений в молекулах: электронное, колебательное и вращательное. Типы оптических спектров и их особенности. Молекулярные спектры, адиабатическое приближение.

Тема 19. Электронные и колебательные спектры молекул. Общая характеристика электронных спектров молекул. Колебательные спектры, происхождение и роль ангармонизма. Особенности колебательных спектров, обусловленные симметрией молекулы. Количественные характеристики колебательных спектров: область частот, относительная интенсивность излучения. Роль колебательной спектроскопии в изучении строения молекул.

Тема 20. Вращательные спектры молекул. Особенности вращательных спектров, обусловленные симметрией молекулы. Количественные характеристики вращательных спектров: область частот, относительная интенсивность излучения. Роль вращательной спектроскопии в изучении строения молекул. Взаимное влияние колебательных и вращательных движений. Роль вращательной спектроскопии в изучении строения молекул.

Тема 21. Комбинационное рассеяние. Особенности комбинационного рассеяния (КР): наличие сателлитов (стоксова и антистоксова компоненты), их относительная интенсивность; независимость стоксова сдвига от частоты основной волны; величина сдвига как характеристика рассеивающего вещества. Классическая интерпретация КР и ее недостатки. КР как результат взаимодействия электронного и колебательного движений. Объяснение изменения спектра КР с ростом температуры. КР как важный инструмент изучения строения молекул.

2.3.3. Краткое содержание лабораторного практикума

№1 Исследование теплового излучения абсолютно черного тела

№2 Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона

№3 Определение потенциала возбуждения атомов по методу франка и герца

№4 Изучение рассеяния электронов на атомах ксенона и аргона. определение глубины и ширины потенциальной ямы с помощью эффекта рамзауэра. определение потенциалов ионизации атомов

№5 Изучение спектра атома водорода. определение постоянной ридберга.

№6 Изучение спектров атомом щелочных металлов на примере натрия. изучение тонкой структуры энергетических уровней атома натрия.

№7 Определение работы выхода электрона из металла

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения учебных занятий по дисциплине **"Физика 4"** необходимо следующее материально-техническое обеспечение:

1. Аудиторное и лабораторное оборудование
2. Демонстрационные материалы
3. Лабораторные реактивы и вспомогательные материалы

Такое обеспечение позволяет проводить как теоретическое изучение курса, так и практические лабораторные занятия, обеспечивая качественное усвоение материала студентами.

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	**Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)**		**Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей**		**Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)**	**Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля**
Вид учебной работы/контроля	**М1[1]**	**М2**	**М1**	**М2**	**М1**	**М2**		
Контрольная работа *(при наличии)*			0.5	0.5				
Устный опрос *(при наличии)*								
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*	0.5	0.5						
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*								

[1] Учебный Модуль

Эссе *(при наличии)*								
Проект *(при наличии)*								
Другие формы (при наличии)	0.5	0.5						
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. **Теоретический блок** ***(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)***

   3.1. Материалы по теоретической части курса

   3.1.1. Учебник(и);

   1. Борн. Атомная физика
   2. Иродов. Квантовая физика
   3. Фриш, Курс общей физики, т.3
   4. Савельев, Курс физики, т.3
   5. Ферми, Молекулы и кристаллы.
   6. Шпольский, Атомная физика т.1
   7. Астахов, Квантовая физика.

4. **Фонды оценочных средств** ***(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).***

   4.1. Планы практических и семинарских занятий

1. Квантование осциллятора.
2. Дальнейшие применения гипотезы Планка.
3. Спектр атома водорода.
4. Квантование орбит.
5. Фотоэффект.
6. Эффект Комптона.
7. Элементы кинетической теории взаимодействия излучения с веществом.
8. Волновые свойства частиц.
9. Уравнение Шредингера (УШ).
10. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме.
11. Надбарьерное отражение.
12. Туннельный эффект.
13. Гармонический осциллятор.
14. Соотношение неопределенностей для координаты и импульса.
15. Соотношение неопределенностей для энергии и времени
16. УШ для электрона в атоме водорода или водородоподобного иона.
17. Состояния электронов в сложных атомах.
18. Строение молекул. Виды химической связи в молекулах.
19. Электронные и колебательные спектры молекул.
20. Вращательные спектры молекул.
21. Комбинационное рассеяние.

4.2. Планы лабораторных работ и практикумов

- Исследование теплового излучения абсолютно черного тела
- Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона
- Определение потенциала возбуждения атомов по методу франка и герца
- Изучение рассеяния электронов на атомах ксенона и аргона. определение глубины и ширины потенциальной ямы с помощью эффекта рамзауэра. определение потенциалов ионизации атомов
- Изучение спектра атома водорода. определение постоянной ридберга.
- Изучение спектров атомом щелочных металлов на примере натрия. изучение тонкой структуры энергетических уровней атома натрия.
- Определение работы выхода электрона из металла

4.3. Материалы по практической части курса

4.3.1. Задачники (практикумы);

1. **Иродов, И.Е.** – *"Задачи по общей физике"* (раздел "Квантовая механика и атомная физика")

— Классический сборник задач, охватывающий широкий спектр тем атомной физики, включая квантовые переходы, атомные спектры и взаимодействие с излучением.

2. **Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М.** – *"Теоретическая физика. Том 3. Квантовая механика"* — В этом томе рассматриваются теоретические задачи квантовой механики, которые являются основой для решения задач в атомной физике.
3. **Сивухин, Д.В.** – *"Общий курс физики. Том 3. Квантовая механика и атомная физика"* — Сборник задач, предназначенных для закрепления знаний по квантовой механике и атомной физике, включая задачи по спектроскопии и взаимодействию атомов с излучением.

4.4. Вопросы и задания для самостоятельной работы студентов

I. Теоретические вопросы

1. Описание структуры атома по Бору.
2. Принципы квантовой механики, используемые для описания атомных систем.
3. Спектры атомов: причины дискретности и законы излучения.
4. Взаимодействие атомов с электромагнитным излучением.
5. Эффект Зеемана и его применение в спектроскопии.
6. Принципы работы лазеров, основы квантовой оптики.
7. Особенности квантовых переходов в атомах водорода и многозарядных ионов.

II. Практические задания

1. Расчет энергии атомного уровня для водорода с использованием формулы Бора.
2. Построение спектра водородного атома на основе модели Бора.
3. Применение теоремы Пфлямма для определения интенсивности спектральных линий атомов.
4. Описание процесса эмиссии и поглощения света атомом.
5. Применение формулы Ламба для расчета магнитных и электрических эффектов в атомах.

4.5. Перечень экзаменационных вопросов

1. Квантовая гипотеза Планка.
2. Средняя энергия квантового осциллятора.
3. Распределение Планка.
4. Постоянные законов Стефана-Больцмана и Вина.

5. Единицы измерения в атомной физике.
6. Фотоэффект.
7. Эффект Комптона.
8. Типы оптических спектров и их особенности.
9. Теория атома водорода по Бору.
10. Экспериментальное подтверждение постулатов Бора.
11. Вывод распределения Планка по Эйнштейну.
12. Теория теплоемкости кристаллов.
13. Теплоемкость молекул.
14. Корпускулярно-волновой дуализм.
15. Уравнение Шредингера.
16. УШ для стационарных состояний.
17. Частица в бесконечно глубокой потенциальной яме.
18. Надбарьерное отражение.
19. Туннельный эффект.
20. Гармонический осциллятор.
21. Соотношение неопределенностей.
22. Момент импульса в квантовой механике.
23. Атом водорода.
24. Классификация состояний в атоме водорода.
25. Периодическая система элементов.
26. Состояния электронов в сложных атомах.
27. Строение молекул.
28. Колебательные спектры молекул, ангармонизм.
29. Вращательные спектры молекул.
30. Общая характеристика молекулярных спектров.
31. Комбинационное рассеяние.

4.6. Образцы экзаменационных билетов

МОО ВО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Электроника и наноэлектроника

Дисциплина: Физика 4
(бакалавриат II-ой курс, II-ой семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Теория атома водорода по Бору.
2. Надбарьерное отражение.
3. Вращательные спектры молекул.
4. Задача.

Зав. кафедрой ОФКН _____Д.Б. Айрапетян