

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Райхерт Татьяна Николаевна
Должность: Директор
Дата подписания: 21.11.2022 15:31:19
Уникальный программный ключ:
c914df807d771447164c08ee17f8e2f93dde816b

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

Факультет естествознания, математики и информатики
Кафедра естественных наук и физико-математического образования



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.01.ДВ.03.01 ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Уровень высшего образования
Направление подготовки

Профили
Форма обучения

Бакалавриат
44.03.05 Педагогическое образование
(с двумя профилями подготовки)
Физика и информатика
Очная

Нижний Тагил
2020

Рабочая программа дисциплины «Основы теоретической физики». Нижний Тагил: Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал) ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2020. – 26 с.

Настоящая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).

Автор:	доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры естественных наук и физико-математического образования	С.Е. Попов
--------	---	------------

Рецензент:	кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры естественных наук и физико-математического образования	И.И. Баженова
------------	---	---------------

Программа одобрена на заседании кафедры ЕНФМ. Протокол от 10.04.2020 г. № 7.

Заведующий кафедрой	О.В. Полявина
---------------------	---------------

Программа рекомендована к печати методической комиссией факультета естествознания, математики и информатики. Протокол от 17.04.2020 г. № 7.

Председатель методической комиссии	В.А. Гордеева
------------------------------------	---------------

Программа утверждена решением Ученого совета факультета естествознания, математики и информатики. Протокол от 30.04.2020 г. № 8.

Декан ФЕМИ	Т.В. Жуйкова
------------	--------------

Главный специалист ОИР	О.В. Левинских
------------------------	----------------

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Результаты освоения дисциплины.....	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	5
4.1. Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы.....	5
4.2. Содержание и тематическое планирование дисциплины.....	5
4.3. Содержание разделов (тем) дисциплины.....	8
5. Образовательные технологии.....	12
6. Учебно-методические материалы.....	12
6.1. Методические указания по организации и проведению практических занятий самостоятельной работы студента.....	12
6.2. Задания и методические указания по организации самостоятельной работы студента.....	22
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение.....	26
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	26

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель: ознакомить студентов с системой фундаментальных физических теорий, теоретически обобщить знания студентов, полученные при изучении общего курса физики, с позиций формирования единой физической картины Мира, сформировать прочную теоретическую основу для преподавания физики в средней школе.

Задачи:

1. Сформировать систему основных понятий, положений, законов и принципов современной теоретической физики.
2. Развить умения применять принципы, законы и математические методы теоретической физики для анализа конкретных физических проблем и протекания реальных процессов, в том числе, в рамках школьного курса физики.
3. Выработать умения и навыки математического моделирования физических явлений при решении задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Важная цель изучения теоретической физики будущим учителем состоит в овладении совокупностью общих ее идей, принципов, законов, общих сведений о строении, движении и взаимодействии объектов окружающего нас материального мира. Эта совокупность и есть физическая картина Мира. Материалы курса призваны показать принципиальную возможность и необходимость изучать физические теории как фрагменты единой картины.

Дисциплина «Основы теоретической физики» входит в профессиональный цикл (вариативная часть) основной образовательной программы подготовки бакалавра по направлению 44.03.05 Педагогическое образование, является дисциплиной по выбору и составной частью модуля «Предметное обучение профилю».

Для освоения дисциплины «Основы теоретической физики» используются знания и умения, сформированные в процессе изучения всех разделов курса общей физики, а также в ходе изучения дисциплин «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Математический анализ» и других разделов математики. Освоение данной дисциплины является необходимой основой для изучения таких дисциплин, как «Астрономия», «Теория и методика обучения физике».

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие следующих **компетенций:**

УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

ПК-6 Способен формировать у обучающихся умения моделировать объекты и процессы окружающей реальности и пользоваться заданной математической или информационной моделью

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

31. Теоретико-методологическую базу фундаментальных физических теорий.
32. Основы и особенности математического аппарата различных разделов курса.
33. Методы решения стандартных задач.

Уметь:

У1. Применять полученные знания в качестве теоретического и технологического средства при организации индивидуальной познавательной деятельности.

У2. Решать стандартные задачи по разделам курса.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды контактной и самостоятельной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 13 зач. ед. (468 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Вид работы	Форма обучения
	Очная
	8, 9 и А семестры
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	324
Контактная работа, в том числе:	114
Лекции	44
Практические занятия	70
Самостоятельная работа, в том числе:	210
Изучение теоретического курса	129
Подготовка к экзаменам (8,9 и А сем.)	81

4.2. Содержание и тематическое планирование дисциплины

Тематический план дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Всего, часов	Вид контактной работы, час			Самостоятельная работа, час	Формы текущего контроля успеваемости
			Лекции	Практ. занятия	Из них в интерактивной форме		
Введение к курсу «Основы теоретической физики».	6	2	1	–	–	1	Опрос
Раздел 1. Классическая механика.	6						
Тема 1. Кинематика точки. Элементы кинематики сложного движения.	6	10	2	3	2	5	Опрос, доклад на семинаре
Тема 2. Динамика материальной точки.	6	10	2	3	2	5	Опрос, доклад на семинаре
Тема 3. Общие теоремы динамики материальной точки. Законы сохранения.	6	10	2	3	2	5	Опрос, доклад на семинаре
Тема 4. Динамика системы материальных точек.	6	11	2	4	2	5	Опрос, доклад на семинаре
Тема 5. Элементы аналитической механики.	6	12	2	4	2	6	Опрос, доклад на семинаре
Тема 6. Типичные задачи классической механики.	6	8	1	3	2	4	Опрос, доклад на семинаре
Экзамен	6	27				27	

Итого по Разделу 1		90	12	20	12	58	
Раздел 2. Квантовая механика.	7						
Тема 7. Физические основы квантовой механики.	7	10	2	4	2	4	Опрос, доклад на семинаре
Тема 8. Одномерные задачи квантовой механики.	7	12	2	5	2	5	Опрос, доклад на семинаре
Тема 9. Математический аппарат и основные законы квантовой механики.	7	15	3	6	2	6	Опрос, доклад на семинаре
Тема 10. Атом водорода. Спин электрона.	7	10	2	4	2	4	Опрос, доклад на семинаре
Тема 11. Элементы теории представлений. Теория возмущения.	7	10	2	4	2	4	Опрос, доклад на семинаре
Тема 12. Элементы теории излучения.	7	10	2	4	2	4	Опрос, доклад на семинаре
Тема 13. Системы тождественных частиц. Многоэлектронные атомы и молекулы.	7	14	3	5	2	6	Опрос, доклад на семинаре
Экзамен	7	27				27	
Итого по Разделу 2		108	16	32	14	60	
Раздел 3. Статистическая физика и термодинамика.	8						
Тема 14. Основные положения статистической физики.	8	15	2	5	2	8	Опрос, доклад на семинаре
Тема 15. Статистическая термодинамика.	8	22	4	7	2	11	Опрос, доклад на семинаре
Тема 16. Классическая статистика идеальных газов.	8	13	2	4	2	7	Опрос, доклад на семинаре
Тема 17. Квантовые статистики идеального газа.	8	16	3	5	2	8	Опрос, доклад на семинаре
Тема 18. Равновесие фаз и фазовые переходы.	8	13	2	4	2	7	Опрос, доклад на семинаре
Тема 19. Вопросы теории неравновесных процессов.	8	20	3	7	2	10	Опрос, доклад на семинаре
Экзамен	8	27				27	
Итого по Разделу 3		126	16	32	12	78	
Раздел 4. Физика твердого тела.	9						
Тема 20. Конденсированное состояние вещества.	9	19	2	4	2	13	Опрос, доклад на се-

							минаре
Тема 21. Теория кристаллической решетки.	9	19	2	4	2	13	Опрос, доклад на семинаре
Тема 22. Динамика кристаллической решетки.	9	19	2	4	2	13	Опрос, доклад на семинаре
Тема 23. Зонная теория кристаллов.	9	21	2	4	2	15	Опрос, доклад на семинаре
Тема 24. Статистика носителей заряда в твердых телах.	9	19	2	4	2	13	Опрос, доклад на семинаре
Тема 25. Кинетические явления в кристаллах.	9	20	2	4	2	14	Опрос, доклад на семинаре
Экзамен	9	27				27	
Итого по Разделу 4		144	12	24	12	108	
Всего		468	56	108	50	304	

Практические занятия

№ темы	Наименование практических занятий	Кол-во ауд. часов
Раздел 1. Классическая механика.		
1	1. Основные понятия кинематики материальной точки (МТ).	1
1	2. Абсолютное, относительное и переносное движения МТ.	2
2	3. Основная задача динамики. Дифференциальные уравнения движения	2
2	4. Уравнение динамики относительного движения МТ.	1
3	5. Закон сохранения импульса и момента импульса.	1
3	6. Закон сохранения полной механической энергии МТ.	2
4	7. Дифференциальные уравнения движения системы МТ.	2
4	8. Теорема об изменении импульса и момента импульса системы МТ.	1
4	9. Полная механическая энергия системы МТ. Задача двух тел.	1
5	10. Уравнения Лагранжа для обобщенно-потенциальных сил.	1
5	11. Функция Гамильтона. Первые интегралы уравнений Лагранжа.	1
5	12. Канонические уравнения Гамильтона. Интегралы уравнений.	2
6	13. Одномерный гармонический осциллятор.	1
6	14. Уравнения движения точки в центрально-симметричном поле.	2
Раздел 2. Квантовая механика.		
7	15. Гипотеза Планка о квантах. Теория атома Резерфорда - Бора.	2
7	16. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	2
8	17. Волновая функция. Уравнение Шредингера.	1
8	18. Частица в глубокой потенциальной яме. Потенциальный барьер.	2
8	19. Гармонический осциллятор. Свойства одномерного движения.	2
9	20. Линейные самосопряженные операторы и их свойства.	2
9	21. Операторы координат и импульса. Оператор Гамильтона.	2
9	22. Изменение во времени средних значений физических величин.	2
10	23. Атом водорода, его энергетический спектр и волновые функции.	2
10	24. Волновая функция электрона с учетом спина.	2
11	25. Волновые функции и операторы в произвольном представлении.	2

11	26. Стационарная теория возмущений.	2
12	27. Полуклассическая теория излучения. Коэффициенты Эйнштейна.	2
12	28. Соотношение неопределенностей для энергии и времени.	2
13	29. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.	1
13	30. Атом гелия. Обменная энергия.	2
13	31. Состояния электронов в атоме. Периодическая система элементов.	2
	Раздел 3. Статистическая физика и термодинамика.	
14	32. Статистическое описание состояний. Функция распределения.	3
14	33. Микроканоническое распределение.	2
15	34. Каноническое распределение Гиббса.	3
15	35. Основное термодинамическое равенство.	2
15	36. Метод термодинамических потенциалов.	2
16	37. Термодинамические функции одноатомного идеального газа.	2
16	38. Теория теплоемкостей одноатомных и двухатомных газов.	2
17	39. Распределения Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна.	2
17	40. Электронный газ в металлах. Равновесное излучение.	3
18	41. Фазовые переходы.	4
19	42. Молекулярно-кинетическая теория явлений переноса.	2
19	43. Термодинамические потоки и силы.	3
19	44. Критерий эволюции для открытых систем.	2
	Раздел 4. Физика твердого тела.	
20	45. Кристаллические и аморфные тела. Их строение и свойства.	2
20	46. Типы связей в кристаллах. Энергия связи.	2
21	47. Теория кристаллической решетки. Операции симметрии.	2
21	48. Дефекты кристаллической решетки.	2
22	49. Колебания атомов решетки. Энергия колебаний. Фононы.	2
22	50. Теплоемкость кристаллической решетки. Закон Дюлонга и Пти.	2
23	51. Энергетический спектр электронов в кристалле.	2
23	52. Приближения зонной теории.	2
24	53. Электроны в металле. Уровень Ферми.	2
24	54. Концентрация носителей заряда в полупроводниках.	2
25	55. Электронная теория проводимости металлов.	2
25	56. Понятие о теории сверхпроводимости (теории БКШ).	2

4.3. Содержание разделов (тем) дисциплины

Введение к курсу «Основы теоретической физики».

Физическая картина Мира. Задачи и структура курса. Предмет и метод теоретической физики. Свойства пространства и времени. Фундаментальные взаимодействия. Законы сохранения. Фундаментальные физические теории.

Раздел 1. Классическая механика.

Тема 1. Кинематика точки. Элементы кинематики сложного движения.

Основные понятия кинематики точки. Векторный, координатный и естественный способы задания движения. Скорость и ускорение движения. Классификация движений точки.

Неподвижная и подвижная системы отсчета. Абсолютное, относительное, переносное движения точки, их кинематические характеристики. Сложение скоростей. Сложение ускорений. Ускорение Кориолиса. Преобразования Галилея.

Тема 2. Динамика материальной точки.

Основания механики Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Масса и сила. Законы Ньютона. Свойства симметрии пространства и времени. Принцип относительности Галилея.

Основная задача динамики. Дифференциальные уравнения движения. Начальные условия. Принцип причинности. Понятие о первых интегралах уравнений движения.

Движение несвободной материальной точки. Понятие связей. Сила реакции связи.

Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции. Уравнение динамики относительного движения точки. Поступательно ускоренные системы отсчета. Понятие о принципе эквивалентности. Равномерно вращающиеся системы отсчета. Влияние вращения Земли на равновесие и движение тел. Маятник Фуко.

Тема 3. Общие теоремы динамики материальной точки. Законы сохранения.

Теорема об изменении импульса материальной точки. Закон сохранения импульса.

Момент силы. Момент импульса. Теорема об изменении момента импульса материальной точки. Закон сохранения момента импульса.

Работа силы. Потенциальные силы. Потенциальная энергия точки в силовом поле.

Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии материальной точки. Закон сохранения полной механической энергии материальной точки. Инфинитное и финитное движение.

Тема 4. Динамика системы материальных точек.

Механическая система материальных точек. Внутренние и внешние силы. Замкнутая и изолированная система. Дифференциальные уравнения движения системы. Условия равновесия. Центр масс. Импульс системы. Момент импульса. Кинетическая и потенциальная энергия системы.

Теорема об изменении импульса системы. Закон сохранения импульса. Теорема об изменении момента импульса системы. Закон сохранения момента импульса. Теорема об изменении кинетической энергии системы. Закон сохранения полной механической энергии.

Задача двух тел. Приведенная масса. Движение двух материальных точек в системе центра масс.

Тема 5. Элементы аналитической механики.

Несвободные механические системы. Виртуальные перемещения. Вариации координат и функций. Обобщенные координаты. Принцип виртуальных перемещений. Обобщенные силы.

Принцип Даламбера. Общее уравнение механики. Уравнения Лагранжа.

Потенциальные силы. Лагранжиан. Уравнения Лагранжа для обобщенно-потенциальных сил.

Функция Гамильтона системы. Первые интегралы уравнений Лагранжа. Симметрии пространства и времени и законы сохранения.

Канонические уравнения Гамильтона. Интегралы уравнений Гамильтона. Скобки Пуассона.

Функция Лагранжа и действие. Принцип экстремального действия.

Тема 6. Типичные задачи классической механики.

Одномерный гармонический осциллятор. Малые колебания одномерной консервативной системы вблизи положения устойчивого равновесия. Фазовые траектории гармонического осциллятора. Свободные затухающие колебания при наличии силы вязкого трения. Вынужденные колебания гармонического осциллятора.

Задача Кеплера. Уравнения движения точки в центрально-симметричном поле. Одномерный эффективный потенциал. Движение в поле силы тяготения. Законы Кеплера.

Рассеяние частиц на силовом центре. Сечение рассеяния. Формула Резерфорда.

Раздел 2. Квантовая механика.

Тема 7. Физические основы квантовой механики.

Экспериментальные и теоретические предпосылки квантовой теории. Проблема стабильности атомов. Ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка о квантах. Теория атома Резерфорда - Бора. Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.

Вероятностное толкование волн де Бройля. Невозможность траекторного описания движения частицы. Волновая функция. Принцип суперпозиции состояний.

Волновой пакет. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Проблема измерения физических величин в микромире.

Тема 8. Одномерные задачи квантовой механики.

Принцип причинности в квантовой механике. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Плотность потока вероятности. Закон сохранения числа частиц. Волновая функция свободного движения частицы.

Финитное и инфинитное движение. Задача о частице в глубокой потенциальной яме. Прямоугольный потенциальный барьер. Туннельный эффект.

Гармонический осциллятор. Волновые функции. Энергетический спектр. Общие свойства одномерного движения. Квазиклассическое приближение.

Тема 9. Математический аппарат и основные законы квантовой механики.

Разложение функций в ряд и интеграл Фурье. Линейные операторы. Коммутатор операторов. Собственные значения и собственные функции операторов. Линейные самосопряженные операторы и их свойства. Полная ортонормированная система собственных функций.

Операторы и допустимые значения физических величин. Операторы координат и импульса. Оператор Гамильтона. Описание состояния квантовой системы и его изменения со временем. Вероятности отдельных значений физической величины. Вычисление средних значений физических величин. *Условия совместной измеримости различных физических величин. Принцип неопределенности.* Понятие о полном наборе физических величин. *Принцип дополнительности. Проблема измерения в квантовой механике.*

Изменение во времени средних значений физических величин. Квантовые интегралы движения. Уравнения Эренфеста. Предельный переход к классической механике. Законы сохранения и их связь с симметрией пространства-времени.

Тема 10. Атом водорода. Спин электрона.

Общие свойства движения в центрально-симметричном поле. Операторы момента импульса, их собственные функции и собственные значения. Радиальное уравнение Шредингера.

Атом водорода, его энергетический спектр и волновые функции. Классификация состояний с помощью квантовых чисел. *Пространственная структура атома водорода. Водородоподобные системы.*

Гипотеза о спине электрона. Операторы спина, их собственные функции. Волновая функция электрона с учетом спина. Полный набор физических величин для описания состояний электрона в атоме.

Тема 11. Элементы теории представлений. Теория возмущения.

Координатное представление. Волновые функции и операторы в произвольном представлении. Уравнение Шредингера в матричной форме. Стационарная теория возмущений. Понятие о квазиклассическом приближении.

Тема 12. Элементы теории излучения.

Полуклассическая теория излучения. Коэффициенты Эйнштейна. Вероятности переходов под действием внешнего возмущения. Правила отбора для излучения и поглощения света атомом. Соотношение неопределенностей для энергии и времени. Естественная ширина уровней.

Тема 13. Системы тождественных частиц. Многоэлектронные атомы и молекулы.

Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные состояния. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Атом гелия. Обменная энергия. Понятие о методе самосогласованного поля. Классификация состояний электронов в атоме. Периодическая система элементов Д.И.Менделеева. Молекула водорода. Природа химической связи.

Раздел 3. Статистическая физика и термодинамика.

Тема 14. Основные положения статистической физики.

Микро- и макро- состояния макроскопической системы. Статистическое описание состояний макросистемы. Функция распределения. Макроскопические величины как средние по микросостояниям.

Классическое и квантовое описания состояния системы. Вероятность состояния. Два метода статистической физики. Принцип детального равновесия. Микроканоническое распределение.

Тема 15. Статистическая термодинамика.

Статистическое распределение для системы в термостате. Каноническое распределение Гиббса. Свойства канонического распределения. Энтропия. Квазиклассическое приближение. Основные применения распределения Гиббса. *Энергия идеального одноатомного газа.*

Первое начало термодинамики (ПНТ). Статистическое обоснование ПНТ.

Обратимые и необратимые процессы. Энтропия в термодинамике. Второе начало термодинамики (ВНТ) для обратимых процессов. Основное термодинамическое равенство. Принцип возрастания энтропии. Статистический смысл ВНТ. Границы применимости законов классической термодинамики.

Методы термодинамики. Метод циклов. Метод термодинамических потенциалов. Внутренняя энергия, свободная энергия, энтропия, энтальпия, термодинамический потенциал Гиббса. Соотношение термодинамических величин. *Экспериментальное определение термодинамических потенциалов.* Связь термодинамических функций со статистической суммой. Вывод основного термодинамического тождества.

Химический потенциал. Каноническое распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.

Тема 16. Классическая статистика идеальных газов.

Статистическая сумма идеального газа. Термодинамические функции и уравнения состояния одноатомного идеального газа. *Распределения Максвелла и Больцмана.*

Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкостей. Квантовая теория теплоемкостей одноатомных и двухатомных газов.

Тема 17. Квантовые статистики идеального газа.

Распределения Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна. Критерий вырождения газа. Условия перехода к классической статистике. Поведение Ферми и Бозе газов при низких температурах. Статистика электронного газа в металлах. Равновесное электромагнитное излучение.

Тема 18. Равновесие фаз и фазовые переходы.

Фаза. Условия равновесия фаз и его устойчивость. Фазовые переходы первого рода. Кривая равновесия фаз. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Критическая точка. Равновесие трех фаз вещества, тройная точка. Диаграмма состояния вещества. Фазовые переходы второго рода. Применение термодинамических функций для изучения фазовых переходов.

Тема 19. Вопросы теории неравновесных процессов.

Молекулярно-кинетическая теория явлений переноса. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Диффузия. Вязкость. Теплопроводность.

Локальное равновесие. Производство энтропии. Термодинамические потоки и силы. Кинетические коэффициенты. Явления переноса. Соотношения взаимности Онсагера. Критерий эволюции для открытых систем.

Раздел 4. Физика твердого тела.

Тема 20. Конденсированное состояние вещества.

Типы связей в кристаллах. Энергия связи. Молекулярная связь. *Ионная связь. Ковалентная связь. Металлическая связь.*

Кристаллические и аморфные тела. Ближний и дальний порядок. Поли- и монокристаллы. Жидкие кристаллы.

Тема 21. Теория кристаллической решетки.

Операции симметрии. Группа симметрии. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка. Сингонии. Решетки Бравэ. Индексы Миллера.

Дефекты кристаллической решетки. Точечные и линейные дефекты. Дефекты по Френкелю и по Шотки. Краевые и винтовые дислокации.

Тема 22. Динамика кристаллической решетки.

Колебания линейной цепочки атомов. Закон дисперсии для колебаний. Зона Бриллюэна. Акустические и оптические колебания. Колебания атомов пространственной решетки. Энергия колебаний. Фононы. Понятие о квазичастицах.

Теплоемкость кристаллической решетки. Закон Дюлонга и Пти. Температурная зависимость теплоемкости. Модель Эйнштейна. Теория Дебая.

Ангармонизм колебаний. Тепловое расширение и теплопроводность кристаллов.

Тема 23. Зонная теория кристаллов.

Энергетический спектр электронов в кристалле. Вырожденные состояния и кратность вырождения. Энергетические зоны. Классификация кристаллов в зонной теории.

Приближения зонной теории. Модель свободного электрона. Функция Блоха. Модель Кронига-Пенни. Закон дисперсии для электрона в кристалле.

Динамика электронов в кристаллической решетке. Эффективная масса электронов. Дырки.

Примесные состояния.

Тема 24. Статистика носителей заряда в твердых телах.

Электроны в металле. Уровень Ферми. Плотность состояний. Вывод выражения для концентрации свободных электронов. Вырождение. Температура вырождения. Невырожденный электронный газ в полупроводниках. Расчет концентрации электронов и дырок в собственных и примесных полупроводниках. Зависимость положения уровня Ферми от температуры. Температурная зависимость концентрации носителей заряда в полупроводниках. *Понятие о рекомбинации носителей заряда.*

Тема 25. Кинетические явления в кристаллах.

Кинетические коэффициенты. Электронная теория проводимости металлов. Время релаксации. Температурная зависимость подвижности носителей заряда. Температурная зависимость электропроводности металлов. *Закон Видемана-Франца.*

Электропроводность полупроводников, ее температурная зависимость. *Термоэлектрические явления. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла. Магнетосопротивление.*

Поляризация диэлектриков.

Сверхпроводимость. Основные опытные факты. Критическая температура. Критическое магнитное поле. Эффект Мейсснера. Понятие о теории сверхпроводимости (теории БКШ). Энергетическая щель. Куперовская пара. Высокотемпературные сверхпроводники. *Применение сверхпроводимости.*

Материалы современной техники: наноструктуры, жидкие кристаллы, фуллерены.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проблемное, практико-ориентированное обучение. Математическое моделирование физических явлений, практикум по решению задач.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

6.1. Методические указания по организации и проведению практических занятий

В число основных требований квалификационной характеристики учителя физики входят умения решать физические задачи по школьной программе любой трудности. Научиться решать физические задачи непросто. Можно хорошо знать теорию и не уметь решать даже простейшие задачи. В этом суть одной из проблем обучения физике в школе и вузе. И это не случайно. Опыт показывает, что для успешного умения решать физические задачи знание теории необходимо, но недостаточно. Необходимо владеть еще так называемыми обобщенными знаниями и умениями, которые приобретают студенты в практической деятельности по решению задач, в основном, к концу изучения курса физики.

Основу обобщенных знаний составляют фундаментальные понятия физики, имеющие методологический характер. К их числу относятся физическая система и ее состояние; физическое явление, как процесс изменения состояния системы; физический закон, как необходимая и устойчивая связь между параметрами системы. Для каждого физического закона существуют границы применимости и метод (алгоритм) применения. В состав обобщенных знаний входят также: понятие учебной физической задачи, ее структура и этапы решения.

Важнейшим элементом в системе обобщенных знаний является умение идеализировать и моделировать реальную ситуацию, без чего невозможно применение законов и математического аппарата в физике как науке в целом, так и в решении учебных физических задач, в частности.

В обучении студентов умению решать физические задачи основополагающая роль принадлежит практическим занятиям. Именно здесь должны быть сформированы основы методики решения физических задач с учетом сказанного выше. И от того, насколько квалифицированно это будет сделано, во многом будет зависеть успешность овладения студентами различных разделов курсов общей и теоретической физики, а также результативность работы выпускников в качестве учителей физики.

Задачи для аудиторных занятий берутся из разных источников, либо их составляет сам преподаватель; задачи для внеаудиторного решения даются по задачникам И.В. Савельева, И.П. Базарова, Л.Г. Гречко или И.Е. Иродова.

Контроль и учет самостоятельной работы студентов по решению задач осуществляется на практических занятиях и по результатам выполнения домашних тематических контрольных работ.

Раздел 1. Классическая механика.

Практическое занятие 1. Основные понятия кинематики материальной точки (МТ).

1. Вопросы к обсуждению:

- координатный и траекторный способы описания движения;
- характеристики движения;
- равномерное и равнопеременное движение;
- уравнения и графики характеристик равномерного движения.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 2. Абсолютное, относительное и переносное движения МТ.

1. Вопросы к обсуждению:

- структурная схема и математический аппарат решения основной задачи КМТ;
- формирование алгоритма решения задач на равнопеременное движение МТ (на примере движения тел в однородном гравитационном поле);
- решение задач на закон путей.
- одновременное движение двух тел в одной СО.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 3. Основная задача динамики. Дифференциальные уравнения движения.

1. Вопросы к обсуждению:

- равномерное движение МТ по окружности, центростремительное ускорение;
- тангенциальное, нормальное и полное ускорение;
- угловая скорость и угловое ускорение.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 4. Уравнение динамики относительного движения МТ.

1. Вопросы к обсуждению:

- основные задачи динамики;
- понятия силы и массы;
- первый закон Ньютона, инерциальные системы отсчета (ИСО);
- второй закон Ньютона, сложение сил;
- третий закон Ньютона;

– принцип относительности Галилея.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 5. Закон сохранения импульса и момента импульса.

1. Вопросы к обсуждению:

- силы трения, силы сопротивления среды, силы упругости;
- закон всемирного тяготения;
- ускорение свободного падения, сила тяжести и вес тела;
- космические скорости;
- движение небесных тел.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 6. Закон сохранения полной механической энергии МТ.

1. Вопросы к обсуждению:

- алгоритм решения задачи движения автомобиля по выпуклому мосту;
- зависимость силы натяжения подвеса от угла отклонения от положения равновесия

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 7. Дифференциальные уравнения движения системы МТ.

1. Вопросы к обсуждению:

- импульс силы и импульс тела;
- условие замкнутости МС, центр масс МС;
- закон сохранения импульса;
- реактивное движение;
- уравнения Мещерского и Циолковского.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 8. Теорема об изменении импульса и момента импульса системы МТ.

1. Вопросы к обсуждению:

- работа и мощность силы;
- энергия, кинетическая и потенциальная энергия;
- закон сохранения энергии в механике;
- виды механических ударов.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 9. Полная механическая энергия системы МТ. Задача двух тел.

1. Вопросы к обсуждению:

- кинематические характеристики вращательного движения;
- момент силы и момент инерции;
- основное уравнение динамики вращательного движения;
- закон сохранения момента импульса;
- условия равновесия твердого тела.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 10. Уравнения Лагранжа для обобщенно-потенциальных сил.

1. Вопросы к обсуждению:

- давление в жидкости и газе;
- уравнение неразрывности;
- уравнение Бернулли;
- движение тел в вязкой жидкости;
- подъемная сила крыла самолета.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 11. Функция Гамильтона. Первые интегралы уравнений Лагранжа.

1. Вопросы к обсуждению:

- преобразования Галилея и Лоренца;
- постулаты СТО;

- основной закон релятивистской динамики МТ;
- закон взаимосвязи массы и энергии.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 12. Канонические уравнения Гамильтона. Интегралы уравнений.

1. Вопросы к обсуждению:

- гармонические колебания, их характеристики;
- пружинный, физический и математический маятник;
- гармонический осциллятор;
- уравнение свободных затухающих колебаний;
- вынужденные колебания, резонанс.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 13. Одномерный гармонический осциллятор.

1. Вопросы к обсуждению:

- преобразования Галилея и Лоренца;
- постулаты СТО;
- основной закон релятивистской динамики МТ;
- закон взаимосвязи массы и энергии.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 14. Уравнения движения точки в центрально-симметричном поле.

1. Вопросы к обсуждению:

- гармонические колебания, их характеристики;
- пружинный, физический и математический маятник;
- гармонический осциллятор;
- уравнение свободных затухающих колебаний;
- вынужденные колебания, резонанс.

2. Решение тематических задач.

Раздел 2. Квантовая механика.

Практическое занятие 15. Гипотеза Планка о квантах. Теория атома Резерфорда - Бора.

1. Вопросы к обсуждению:

- исторический обзор развития квантовой физики;
- понятия кванта и фотона;
- энергия кванта;
- масса и импульс фотона;
- явления квантовой оптики.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 16. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.

1. Вопросы к обсуждению:

- строение атома;
- опыты Резерфорда;
- спектр атома водорода;
- формула Бальмера;
- постоянная Ридберга;
- обобщенная формула частоты спектральных линий.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 17. Волновая функция. Уравнение Шредингера.

1. Вопросы к обсуждению:

- затруднения классической физики;
- модель атома Резерфорда-Бора;
- постулаты Бора;

- опыты Франка и Герца;
 - ограниченность теории Бора.
2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 18. Частица в глубокой потенциальной яме. Потенциальный барьер.

1. Вопросы к обсуждению:
- гипотеза де Бройля;
 - волновые характеристики микрочастиц;
 - опыты Дэвиссона и Джермера;
 - универсальность корпускулярно-волнового дуализма;
 - соотношение неопределенностей Гейзенберга.
2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 19. Гармонический осциллятор. Свойства одномерного движения.

1. Вопросы к обсуждению:
- понятие волновой функции, ее физический смысл;
 - свойства волновой функции;
 - общее уравнение Шредингера;
 - уравнение Шредингера для стационарных состояний;
 - собственные функции и собственные значения энергии;
 - движение свободной квантовой частицы;
 - частица в потенциальной яме.
2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 20. Линейные самосопряженные операторы и их свойства.

1. Вопросы к обсуждению:
- атом водорода в квантовой механике;
 - квантование энергии, главное квантовое число;
 - орбитальное и магнитное квантовые числа;
 - правила отбора;
 - вид волновых функций.
2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 21. Операторы координат и импульса. Оператор Гамильтона.

1. Вопросы к обсуждению:
- опыт Штерна и Герлаха;
 - спин электрона;
 - фермионы и бозоны;
 - принцип Паули;
 - распределение электронов в атоме по состояниям;
 - периодическая система элементов Д.И. Менделеева.
2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 22. Изменение во времени средних значений физических величин.

1. Вопросы к обсуждению:
- излучение атомов и молекул;
 - генерация рентгеновских лучей;
 - тормозное и характеристическое излучение;
 - закон Мозли;
 - применение рентгеновских лучей.
2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 23. Атом водорода, его энергетический спектр и волновые функции.

1. Вопросы к обсуждению:

- ядро атома;
- состав и характеристики ядра;
- дефект массы;
- энергия связи ядра;
- ядерные силы.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 24. Волновая функция электрона с учетом спина.

1. Вопросы к обсуждению:

- явление радиоактивности;
- виды радиоактивного излучения;
- закон радиоактивного распада;
- период полураспада;
- правила смещения.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 25. Волновые функции и операторы в произвольном представлении.

1. Вопросы к обсуждению:

- понятие о ядерной реакции;
- основные типы ядерных реакций;
- β^+ -распад;
- позитрон;
- электронный захват;
- ядерные реакции под действием нейтронов.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 26. Стационарная теория возмущений.

1. Вопросы к обсуждению:

- реакции деления ядер;
- критическая масса;
- цепная реакция деления;
- понятие о ядерной энергетике;
- ядерный реактор.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 27. Полуклассическая теория излучения. Коэффициенты Эйнштейна.

1. Вопросы к обсуждению:

- реакция синтеза атомных ядер;
- удельная энергия связи;
- реакции синтеза изотопов водорода;
- термоядерная реакция;
- проблема управляемых термоядерных реакций.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 28. Соотношение неопределенностей для энергии и времени.

1. Вопросы к обсуждению:

- космическое излучение;
- мюоны и их свойства;
- мезоны и их свойства;
- фундаментальные взаимодействия;
- частицы и античастицы;
- классификация элементарных частиц;
- кварки.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 29. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.

1. Вопросы к обсуждению:

- реакции деления ядер;
- критическая масса;
- цепная реакция деления;
- понятие о ядерной энергетике;
- ядерный реактор.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 30. Атом гелия. Обменная энергия.

1. Вопросы к обсуждению:

- реакция синтеза атомных ядер;
- удельная энергия связи;
- реакции синтеза изотопов водорода;
- термоядерная реакция;
- проблема управляемых термоядерных реакций.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 31. Состояния электронов в атоме. Периодическая система элементов.

1. Вопросы к обсуждению:

- космическое излучение;
- мюоны и их свойства;
- мезоны и их свойства;
- фундаментальные взаимодействия;
- частицы и античастицы;
- классификация элементарных частиц;
- кварки.

2. Решение тематических задач.

Раздел 3. Статистическая физика и термодинамика.

Практическое занятие 32. Статистическое описание состояний. Функция распределения.

1. Вопросы к обсуждению:

- функция распределения молекул по скоростям (Максвелла);
- вероятнейшая, средняя и среднеквадратическая скорость;
- связь функции распределения с параметрами состояния;
- распределение молекул по потенциальной энергии (Больцмана);
- барометрическая формула.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 33. Микроканоническое распределение.

1. Вопросы к обсуждению:

- основные положения МКТ;
- размеры молекул и характеристики их движения;
- параметры состояния идеального газа в МКТ;
- основное уравнение МКТ.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 34. Каноническое распределение Гиббса.

1. Вопросы к обсуждению:

- функция распределения молекул по скоростям (Максвелла);
- вероятнейшая, средняя и среднеквадратическая скорость;
- связь функции распределения с параметрами состояния;
- распределение молекул по потенциальной энергии (Больцмана);
- барометрическая формула.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 35. Основное термодинамическое равенство.

1. Вопросы к обсуждению:

- внутренняя энергия термодинамической системы;

- количество теплоты;
- работа в термодинамике;
- первый закон термодинамики;
- определение энергетических параметров систем при тепловых процессах.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 36. Метод термодинамических потенциалов.

1. Вопросы к обсуждению:

- общее понятие теплоемкости термодинамической системы;
- удельная и молярная теплоемкости;
- определение теплоемкости при изопроцессах;
- адиабатический и политропический процессы;
- уравнение Пуассона.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 37. Термодинамические функции одноатомного идеального газа.

1. Вопросы к обсуждению:

- определение изменения внутренней энергии в различных изопроцессах;
- вычисление работы в различных изопроцессах;
- вычисление количества теплоты в различных изопроцессах.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 38. Теория теплоемкостей одноатомных и двухатомных газов.

1. Вопросы к обсуждению:

- циклические процессы;
- цикл Карно, его КПД;
- устройство тепловой машины;
- работа тепловой машины;
- параметры тепловой и холодильной машины.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 39. Распределения Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна.

1. Вопросы к обсуждению:

- отличие реального газа от идеального;
- уравнение состояния реального газа;
- уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ;
- понятие о насыщенном паре.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 40. Электронный газ в металлах. Равновесное излучение.

1. Вопросы к обсуждению:

- особенности строения жидкостей;
- специфические свойства жидкостей;
- характеристики явления поверхностного натяжения;
- явление смачивания и не смачивания;
- понятие о капилляре;
- капиллярные явления.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 41. Фазовые переходы.

1. Вопросы к обсуждению:

- твердые тела, их отличительные особенности;
- кристаллические и аморфные тела;
- строение и свойства кристаллических тел;
- строение и свойства аморфных тел;
- механические и электрические свойства твердых тел.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 42. Молекулярно-кинетическая теория явлений переноса.

1. Вопросы к обсуждению:

- понятие о фазе и агрегатном состоянии вещества;
- понятие о фазовом переходе I рода;
- условия изменения агрегатного состояния вещества;
- определение теплоты фазового перехода;
- понятие о фазовом переходе I рода.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 43. Термодинамические потоки и силы.

1. Вопросы к обсуждению:

- средняя длина свободного пробега молекул;
- понятие о явлениях переноса;
- явление диффузии, уравнение Фика;
- явление вязкого трения, уравнение Ньютона;
- явление теплопроводности, уравнение Фурье.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 44. Критерий эволюции для открытых систем.

1. Вопросы к обсуждению:

- средняя длина свободного пробега молекул;
- понятие о явлениях переноса;
- явление диффузии, уравнение Фика;
- явление вязкого трения, уравнение Ньютона;
- явление теплопроводности, уравнение Фурье.

2. Решение тематических задач.

Раздел 4. Физика твердого тела.

Практическое занятие 45. Кристаллические и аморфные тела. Их строение и свойства.

1. Вопросы к обсуждению:

- твердые тела, их отличительные особенности;
- кристаллические и аморфные тела;
- строение и свойства кристаллических тел;
- строение и свойства аморфных тел;
- механические и электрические свойства твердых тел.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 46. Типы связей в кристаллах. Энергия связи.

1. Вопросы к обсуждению:

- твердые тела, их отличительные особенности;
- кристаллические и аморфные тела;
- строение и свойства кристаллических тел;
- строение и свойства аморфных тел;
- механические и электрические свойства твердых тел.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 47. Теория кристаллической решетки. Операции симметрии.

1. Вопросы к обсуждению:

- потенциальность электростатического поля;
- энергетическая характеристика поля;
- разность потенциалов;
- эквипотенциальная поверхность;
- связь напряженности и потенциала электростатического поля.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 48. Дефекты кристаллической решетки.

1. Вопросы к обсуждению:

- твердые тела, их отличительные особенности;

- кристаллические и аморфные тела;
- строение и свойства кристаллических тел;
- строение и свойства аморфных тел;
- механические и электрические свойства твердых тел.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 49. Колебания атомов решетки. Энергия колебаний. Фононы.

1. Вопросы к обсуждению:

- гармонические колебания, их характеристики;
- пружинный, физический и математический маятник;
- гармонический осциллятор;
- уравнение свободных затухающих колебаний;
- вынужденные колебания, резонанс.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 50. Теплоемкость кристаллической решетки. Закон Дюлонга и Пти.

1. Вопросы к обсуждению:

- общее понятие теплоемкости термодинамической системы;
- удельная и молярная теплоемкости;
- определение теплоемкости при изопроцессах;
- адиабатический и политропический процессы;
- уравнение Пуассона.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 51. Энергетический спектр электронов в кристалле.

1. Вопросы к обсуждению:

- спектральный анализ;
- тепловое излучение, его характеристики;
- гипотеза Планка о квантах;
- гипотеза Эйнштейна;
- масса и импульс фотона.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 52. Приближения зонной теории.

1. Вопросы к обсуждению:

- спектральный анализ;
- тепловое излучение, его характеристики;
- гипотеза Планка о квантах;
- гипотеза Эйнштейна;
- масса и импульс фотона.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 53. Электроны в металле. Уровень Ферми.

1. Вопросы к обсуждению:

- магнитное поле и его проявления;
- напряженность и индукция магнитного поля;
- линии магнитной индукции;
- правило буравчика;
- принцип суперпозиции;
- закон Био-Савара-Лапласа.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 54. Концентрация носителей заряда в полупроводниках.

1. Вопросы к обсуждению:

- элемент с током;
- опыты Ампера;
- закон Ампера;

- направление силы Ампера;
- взаимодействие параллельных токов.

2. Решение тематических задач.

Практическое занятие 55. Электронная теория проводимости металлов.

1. Вопросы к обсуждению:

- сопротивление проводников;
- удельное сопротивление;
- закон Ома для участка цепи;
- соединение проводников;
- электродвижущая сила источника тока;
- закон Ома для цепи, содержащей ЭДС.

Практическое занятие 56. Понятие о теории сверхпроводимости (теории БКШ).

1. Вопросы к обсуждению:

- электромагнитная индукция;
- ЭДС индукции;
- закон Фарадея;
- правило Ленца;
- самоиндукция, индуктивность;
- явление взаимной индукции.

2. Решение тематических задач.

6.2. Задания и методические указания по организации самостоятельной работы студента

Структура самостоятельной учебной работы:

- изучение теоретического материала по лекциям и учебной литературе, подготовка письменных ответов на вопросы для самопроверки его усвоения по основным темам программы;
- решение физических задач в домашних условиях.

Содержание текущей аттестации:

- знание теоретического материала по основным разделам и темам дисциплины;
- умения решать физические задачи различными методами.

Формы контроля текущей аттестации:

- контроль качества усвоения теоретического материала осуществляется в форме тематического опроса по заданиям для самопроверки;
- контроль умений решать физические задачи проводится по результатам выполнения домашних заданий к практическим занятиям и домашних контрольных работ.

Вопросы самоконтроля по разделам:

Раздел 1. Классическая механика.

1. Сложное движение точки. Абсолютные, относительные и переносные скорость и ускорение. Теорема о сложении скоростей.
2. Теорема о сложении ускорений. Кориолисово ускорение.
3. Неинерциальные системы отсчета. Уравнение динамики относительного движения точки. Силы инерции и их свойства.
4. Поступательно ускоренные НИСО. Принцип эквивалентности гравитационных сил и сил инерции. Математический маятник в ускоренно движущемся вагоне.
5. Равномерно вращающиеся НИСО. Равновесие и движение тел относительно вращающейся карусели.
6. Неинерциальность системы отсчета, жестко связанной с Землей: влияние центробежной силы.
7. Неинерциальность системы отсчета, жестко связанной с Землей: влияние кориолисовой силы.
8. Пространство и время в классической механике. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Основные законы динамики Ньютона.

9. Основные задачи механики. Дифференциальные уравнения движения. Роль начальных условий. Общий план решения ПЗМ. Задание состояния механической системы. Принцип причинности. Понятие о 1-х интегралах движения.

10. Импульс системы материальных точек. Теорема об изменении импульса системы. Закон сохранения импульса.

11. Центр масс. Ц-система отсчета. Теорема о движении центра масс и ее значение. Теорема Кенига о кинетической энергии системы. Применение теоремы на примере плоского движения твердого тела.

12. Момент импульса м. точки и системы м. точек. Момент силы. Теорема об изменении момента импульса и ее значение. Применение теоремы в задаче о скатывании диска по наклонной плоскости.

13. Закон сохранения момента импульса. Секторная скорость. Сохранение момента импульса м. точки в центральном поле. Второй закон Кеплера.

14. Момент импульса твердого тела относительно оси вращения. Момент силы относительно оси. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела при движении вокруг неподвижной оси.

15. Понятие о силовом поле. Центральное поле. Потенциальное силовое поле. Потенциальная энергия м. точки в силовом поле. Стационарное потенциальное поле и его свойства. Расчет потенциальной энергии м. точки в стационарном потенциальном поле.

16. Система м. точек в силовом поле. Потенциальная энергия системы. Потенциальная энергия системы во внешнем поле. Потенциальная энергия замкнутой системы с центральными силами взаимодействия.

17. Теорема об изменении кинетической энергии системы. Теорема об изменении полной механической энергии. Закон сохранения механической энергии. Применение закона в задаче о скатывании диска по наклонной плоскости.

18. Задача об одномерном движении. Качественное исследование одномерного движения по графику потенциальной энергии. Период финитного движения.

19. Период колебаний математического маятника при большой амплитуде.

20. Задача двух тел и ее сведение к одночастичной задаче.

21. Задача о движении м. точки в центральном поле.

22. Кеплерова задача. Качественное исследование движения по графику эффективной потенциальной энергии. Интеграл Лапласа.

23. Траектории в кулоновском поле притяжения. Период обращения по эллиптической орбите. 3-й закон Кеплера. Траектории в кулоновском поле отталкивания.

24. Рассеяние частиц в кулоновском поле. Формула Резерфорда.

25. Свободные и несвободные системы. Голономные связи. Виртуальные и действительные перемещения. Активные силы и реакции связей. Идеальные связи. Число степеней свободы. Обобщенные координаты.

26. Понятие о вариационных принципах механики. Принцип экстремального действия и его значение. Функция Лагранжа. Примеры составления функции Лагранжа.

27. Уравнения Лагранжа. Примеры составления уравнений Лагранжа.

28. Понятие о симметрии и преобразованиях симметрии. Теорема Нетер (упрощенный вариант). Законы сохранения обобщенной механической энергии и обобщенного импульса.

29. Связь законов сохранения с симметриями пространства и времени.

30. Метод Гамильтона: канонические переменные, функция Гамильтона, уравнения Гамильтона, фазовое пространство.

31. Малые колебания одномерной консервативной системы. Одномерный гармонический осциллятор, фазовая траектория гармонического осциллятора.

Раздел 2. Квантовая механика.

1. Ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка о квантах энергии. Корпускулярные свойства электромагнитных волн. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах микро-

объектов и ее экспериментальное подтверждение. Вероятностное толкование волн де Бройля.

2. Теория атома Резерфорда-Бора. Представления об атоме до опытов Резерфорда. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома и ее несостоятельность. Постулаты Бора. Правило квантования Бора. Уровни энергии, радиусы орбит и спектральные серии водородоподобного атома. Трудности теории Бора. Правило квантования Бора для одномерного финитного движения.

3. Основы математического аппарата квантовой механики: линейные операторы, коммутатор операторов, уравнение на собственные значения, собственные функции, понятие о гильбертовом пространстве, скалярное произведение в гильбертовом пространстве, эрмитовый оператор и его свойства, полная ортонормированная система функций.

4. Постулат об описании состояний квантовой системы. Волновая функция. Принцип суперпозиции. Понятие о полном наборе физических величин.

5. Постулаты о связи физических величин с линейными эрмитовыми операторами. Собственные значения и собственные функции операторов координаты и проекции импульса.

6. Постулат о вероятности возможных значений физических величин. Среднее значение физической величины. Определенное значение физической величины.

7. Условие одновременной измеримости различных физических величин. Соотношение неопределенностей между произвольными физическими величинами.

8. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и их роль в изучении свойств квантовой системы.

9. Уравнение Шредингера. Общие свойства уравнения Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Стационарные состояния и их свойства.

10. Вектор плотности потока вероятности. Закон сохранения вероятности. Уравнение непрерывности.

11. Изменение средних значений физических величин со временем. Квантовые интегралы движения.

12. Микрочастица в бесконечно глубокой потенциальной яме.

13. Потенциальная яма конечной глубины.

14. Квантовый гармонический осциллятор: энергетический спектр и волновые функции.

15. Прохождение микрочастицы через потенциальный барьер.

16. Момент импульса микрочастицы: соотношения коммутации и их следствия, собственные значения и собственные функции оператора проекции момента импульса, квантование момента импульса.

17. Радиальное уравнение Шрёдингера. Поведение волновой функции микрочастицы на больших и малых расстояниях от центра поля.

18. Водородоподобный атом. Спектр энергии. Классификация состояний водородоподобного атома.

19. Стационарная теория возмущений. Квазиклассическое приближение.

20. Полуклассическая теория излучения. Вычисление вероятности спонтанных переходов.

21. Оператор спина. Волновая функция электрона с учетом спина. Полный вращательный момент электрона. Эффект Зеемана.

22. Принцип тождественности микрочастиц. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.

23. Приближенная количественная модель атома гелия. Обменное взаимодействие. Обменная энергия.

24. Периодическая система элементов. Заполнение оболочек в атомах.

25. Молекула водорода. Природа химических сил.

Раздел 3. Статистическая физика и термодинамика.

1. Тепловые явления. Два метода изучения тепловых явлений. Задачи С.Ф. и Т.Д.

2. Состояние теплового равновесия. Релаксация. Температура. Эмпирическая и абсолютная шкала температур.
3. Статистическое описание состояний макросистемы. Функция распределения. Макроскопические величины как средние по микросостояниям.
4. Распределение молекул по скоростям.
5. Распределение Максвелла – Больцмана. Барометрическая Формула.
6. Классическое описание состояния макросистемы.
7. Квантовое описание состояния макросистемы.
8. Принцип детального равновесия. Микроканоническое распределение.
9. Каноническое распределение Гиббса.
10. Свойства канонического распределения.
11. Квазиклассическое приближение.
12. Средняя энергия идеального одноатомного газа.
13. Термодинамическая система. Параметры и уравнения состояния. Процесс.
14. Статистическое обоснование ПНТ.
15. Второе начало термодинамики для обратимых процессов. Энтропия.
16. Принцип возрастания энтропии. Статистический смысл ВНТ.
17. Тепловая теорема Нернста.
18. Методы термодинамики. Термодинамические потенциалы.
19. Статистическое определение термодинамических потенциалов.
20. Статистическая сумма и уравнения состояния идеального газа.
21. Распределение Максвелла. Характеристические скорости.
22. Зависимость функции распределения Максвелла от температуры. Функция распределения для относительных скоростей молекул.
23. Распределение Больцмана.
24. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
25. Классическая теория теплоемкости, ее затруднения.
26. Квантовая теория теплоемкости двухатомных идеальных газов.
27. Фаза. Условия равновесия фаз. Химический потенциал
28. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Фазовая диаграмма воды.
29. Фазовые переходы I и II рода. Уравнение теплового баланса.
30. Явления переноса. Длина свободного пробега молекул.
31. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
32. Критерий вырождения газа. Сопоставление статистик.
33. Поведение Бозе и Ферми газов при низких температурах.

Раздел 4. Физика твердого тела.

1. Кристаллические и аморфные тела. Моно- и поликристаллы. Жидкие кристаллы.
2. Типы связей в кристаллах. Энергия связи. Молекулярная, ионная, ковалентная и металлическая связь.
3. Симметрия кристаллической решетки. Элементы симметрии. Группы симметрии. Кристаллические классы.
4. Геометрия кристаллической решетки. Элементарная ячейка. Сингонии. Решетки Бравэ.
5. Кристаллографические обозначения. Индексы Миллера.
6. Дефекты решетки. Точечные и линейные дефекты.
7. Динамика решетки. Колебания линейной цепочки атомов. Зона Бриллюэна.
8. Закон дисперсии для колебаний. Акустические и оптические колебания.
9. Колебания атомов 3-х мерной кристаллической решетки. Фононы.
10. Теплоемкость кристаллической решетки. Закон Дюлонга и Пти. Модель Эйнштейна.
11. Теория теплоемкости Дебая. Температура Дебая.
12. Объяснение температурной зависимости теплоемкости по Эйнштейну и по Дебаю.

13. Анггармонизм колебаний атомов. Тепловое расширение.
14. Теплопроводность кристаллической решетки.
15. Энергетический спектр электронов в атоме. Вырождение. Кратность вырождения.
16. Энергетический спектр электронов в кристалле. Классификация кристаллов в зонной теории.
17. Приближения зонной теории. Модель Кронига – Пенни. Закон дисперсии для электрона в кристалле.
18. Динамика электронов в кристалле. Эффективная масса электронов. Дырки.
19. Примесные состояния. Доноры и акцепторы.
20. Уровень Ферми. Концентрация свободных электронов в металле.
21. Статистика невырожденного электронного газа в полупроводниках.
22. Концентрация носителей заряда в собственных и примесных полупроводниках.
23. Электронная теория проводимости металлов. Время релаксации. Подвижность.
24. Температурная зависимость электропроводности металлов.
25. Температурная зависимость подвижности носителей заряда в полупроводниках.
26. Электропроводность полупроводников.
27. Термоэлектрические явления в металлах и полупроводниках. Термоэлементы и их применение.
28. Гальваномагнитные эффекты. Эффект Холла. Магнетосопротивление.
29. Сверхпроводимость. Критическая температура. Критическое магнитное поле. Эффект Мейсснера.
30. Понятие о теории сверхпроводимости (теории БКШ). Энергетическая щель. Куперовская пара. Высокотемпературные сверхпроводники. Применение сверхпроводимости.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная литература:

1. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. СПб.: Лань, 2009. – 448 с..
2. Медведев Б.В. Начала теоретической физики. [Электронный ресурс]. М.: Физматлит, 2006. – 600 с.
3. Савельев, И.В. Основы теоретической физики (в 2 тт.). Том 1. Механика. Электродинамика. СПб.: Лань, 2016. – 496 с.
4. Савельев, И.В. Основы теоретической физики (в 2 тт.). Том 2. Квантовая механика. СПб.: Лань, 2016. – 432 с.

Дополнительная литература:

5. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Курс общей физики. Механика. М.: Физматлит, 2011. – 469 с.
6. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1. Введение в атомную физику. СПб.: Лань, 2010. – 560 с.
7. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 2. Основы квантовой механики. СПб.: Лань, 2010. – 448 с.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://fizzzika.narod.ru>

<http://www.school.mipt.ru>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционная аудитория – 209А.
2. Мультимедиапроектор.
3. Кодогаммы, учебные фильмы и таблицы, презентации к лекциям и семинарам.