

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики–

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

Кафедра Общей и специальной физики

Одобрено на заседании

УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 25.08.2025 № 1-8/2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая физика

название дисциплины

для студентов направления подготовки

04.03.01 «Химия»

код и название

образовательная программа

Аналитическая химия

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – сформировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы. Заложить фундамент освоения специальных дисциплин.

Задачи дисциплины – овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями классической и квантовой физики, а также методами физического исследования; овладение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики; формирование навыков проведения физического эксперимента, умения выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина реализуется в рамках основной части и относится к естественно-научному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- 1) Курс математики средней школы,
- 2) Курс физики средней школы,
- 3) Курс русского языка и литературы средней школы,
- 4) Математический анализ (по мере изучения дисциплины в вузе),
- 5) Векторный анализ (по мере изучения дисциплины в вузе),
- 6) Теория вероятностей (по мере изучения дисциплины в вузе).

Дисциплина изучается на 1-2 курсах в 1-4 семестрах.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
ОПК-4	Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения	З-ОПК-4 Знать основные приемы обработки и представления полученных данных, современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности приемы обработки и представления полученных данных, учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности У-ОПК-4 Уметь самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики В-ОПК-4 Владеть способностью самостоятельно проводить теоретические и экспериментальные исследования в избранной области технической физики,

	математических и физических задач.	приемами обработки и представления полученных данных
--	------------------------------------	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел отсутствует

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы по семестрам:				
	№ 1	№ 2	№ 3	№4	Всего
Контактная работа обучающихся с преподавателем					
Аудиторные занятия (всего)	128	128	96	96	445
В том числе:					
<i>лекции</i>	32	32	32	32	128
<i>практические занятия</i>	64	64	32	32	160
<i>лабораторные занятия</i>	32	32	32	32	128
Промежуточная аттестация					
В том числе:					
	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой	Экзамен	36
Самостоятельная работа обучающихся	16	16	48	48	128
Всего (часы):	144	144	144	180	612
Всего (зачетные единицы):	4	4	4	5	17

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-16	ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	24	48	32		12
1	ЭЛЕМЕНТЫ КИНЕМАТИКИ	2	4	3		1

2	ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ	2	4	3		1
3-4	ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА СИСТЕМЫ ТОЧЕЧНЫХ ТЕЛ	4	8	3		1
5-6	ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ПОЛНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	4	8	3		1
7.	ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА	2	4	3		1
8	НЕИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА	2	4	0		1
9	КИНЕМАТИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ	2	4	5		1
10	ВРАЩЕНИЕ ТЕЛА ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ	2	4	5		1
11	ПЛОСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА	2	4	5		1
12	ГИРОСКОПЫ	2	4	2		1
13-16	СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕ ЛЬНОСТИ	8	16	0		4
13-14.	КИНЕМАТИКА	4	8	0		2
15-16	РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ДИНАМИКА	4	8	0		2
	Итого за 1 семестр	32	64	32		16
1-8	КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	15	64	15		6
1-2.	КИНЕМАТИКА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	3	6	6		2
2-3	СВОБОДНЫЕ ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ	3	6	3		1
4-5	ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ	3	6	3		1
5-6	РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН В УПРУГОЙ СРЕДЕ	3	6	3		1
6-8	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛН	3	6	0		1

8-16	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	17	34	17		10
8-9	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ	3	6	3		1
10-11	ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	3	6	3		2
11-12	СТАТИСТИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	3	6	3		2
13-14	ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА	3	6	3		1
14-15	ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	3	6	3		2
16	РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ	1	2	1		1
16	ЖИДКОЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА	1	2	1		1
	Итого за 2 семестр:	32	64	32		16
1-7	ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	14	14	14		16
1-2	ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ВАКУУМЕ	4	3	4		4
2-4	ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ДИЭЛЕКТРИКЕ	4	3	4		4
5-6.	ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ	3	4	3		4
6-7	ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	3	4	3		4
8-16	МАГНЕТИЗМ	18	18	18		32
8-9.	ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ВАКУУМЕ	3	3	3		4
9-10	МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ	3	3	3		4
11-12	ПЕРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНО Е ПОЛЕ	3	3	3		4
12-13	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ	3	3	3		4
14	ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК	2	3	3		3
15	ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И	2	3	3		3

	МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ					
16	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛАХ И ПОЛУПРОВОДНИ- КАХ	1	0	0		3
16	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ	1	0	0		3
	Итого за 3 семестр:	32	32	32		48
1-6	ОПТИКА	12	12	12		16
1-2	ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	3	3	3		4
2-3	ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	3	3	3		4
4-5	ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	3	3	3		4
5-6	ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТ- НЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ	3	3	3		4
7-16	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	20	20	20		32
7	ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ	2	2	3		3
8	ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОРОВСКАЯ ТЕОРИЯ АТОМА ВОДОРОДА	2	2	3		3
9	ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА МИКРОЧАСТИЦ	2	2	0		3
10	ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	2	2	0		3
11	УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА	2	2	0		3
12	АТОМ ВОДОРОДА И ВОДОРОДОПОДОБ- НЫЕ АТОМЫ. АТОМЫ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	2	2	3		3
13	СПИН ЭЛЕКТРОНА. МНОГОЭЛЕКТРОН- НЫЕ АТОМЫ	2	3	4		3
14	АТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ	2	2	3		3
15	ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА	2	1	4		3
16	КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ СВОБОДНЫХ	1	1	0		3

	ЭЛЕКТРОНОВ В МЕТАЛЛЕ					
16	ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ	1	1	0		2
	Итого за 4 семестр:	32	32	32		48
	ВСЕГО:	128	160	128		128

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся, ПП – практическая подготовка.

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1-12	1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	
1	1.1. ЭЛЕМЕНТЫ КИНЕМАТИКИ	Физические модели: материальная точка, абсолютно твердое тело. Поступательное и вращательное движение. Тело отсчета. Система координат: декартова, цилиндрическая (полярная), сферическая, естественная. Основные характеристики движения: радиус-вектор, траектория, перемещение, путь. Средняя и мгновенная скорости, среднее и мгновенное ускорения. Способы задания движения: векторный, координатный, естественный. Прямая и обратная задачи кинематики. Проекция скорости и ускорения в декартовой и естественной системах координат. Вычисление пути при неравномерном движении [1-4].
2	1.2. ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ	Границы применимости классической механики. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Инертная и гравитационная масса. Принцип эквивалентности. Свойства массы. Сила. Свойства сил. Правила подсчета сил, действующих на тело, в поле сил тяжести Земли. Импульс (количество движения) тела. Второй закон Ньютона. Уравнения движения в различных системах координат. Прямая и обратная задачи динамики. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея. Инварианты преобразований Галилея. Правило сложения скоростей. Виды взаимодействий. Фундаментальные силы. Сухое трение. Силы трения: покоя, скольжения, качения. Жидкое трение. Силы тяжести и вес [1-4].
3	1.3. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА СИСТЕМЫ ТОЧЕЧНЫХ ТЕЛ	Интегралы движения. Связь законов сохранения со свойствами пространства и времени. Однородность и изотропность пространства. Однородность времени. Внутренние и внешние силы. Замкнутая система. Закон изменения импульса в дифференциальной и интегральной формах. Импульс силы. Закон сохранения импульса.

		Центр масс. Теорема о движении центра масс. Ц-система. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского [1-4].
4	1.4. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ПОЛНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ	Элементарная работа силы. Работа силы вдоль траектории. Графическое представление работы. Мгновенная и средняя мощность. Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии. Консервативные силы. Поле сил. Потенциальная энергия. Потенциальная энергия поля сил тяжести, упругости, центральных сил. Связь потенциальной энергии и силы. Полная механическая энергия системы. Законы изменения и сохранения полной механической энергии. Собственная энергия. Консервативная система. Внутренняя механическая энергия системы. Условие равновесия механической системы. Потенциальная яма и потенциальный барьер. Импульс и энергия в Ц-системе. Приведенная масса. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. Центральный удар [1-4].
5	1.5. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА	Моменты импульса и силы относительно точки. Плечо. Пара сил. Моменты относительно оси. Моменты вертикальной, радиальной и тангенциальной составляющих силы относительно оси. Моменты системы тел. Законы изменения и сохранения момента импульса системы. Собственный момент импульса. Движение в центральном поле сил. Законы Кеплера. Космические скорости [1-4].
6	1.6. НЕИНЕРЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОТСЧЕТА	Силы инерции. Центробежная сила инерции. Сила Кориолиса. Уравнение второго закона Ньютона в неинерциальных системах. Закон сохранения в неинерциальных системах. Зависимость ускорения свободного падения от широты местности [1-4].
7	1.7. КИНЕМАТИКА ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ	Вектор элементарного поворота. Мгновенная и средняя угловая скорость. Мгновенное и среднее угловое ускорение. Связь между линейными и угловыми скоростями и ускорениями [1-4].
8	1.8. ВРАЩЕНИЕ ТЕЛА ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ	Центр тяжести твердого тела. Момент инерции. Теорема Штейнера. Основное уравнение динамики вращательного движения. Кинетическая энергия твердого тела и работа внешних сил [1-4].
9-10	1.9. ПЛОСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА	Разложение движения твердого тела на поступательное и вращательное. Мгновенная ось вращения. Уравнения движения твердого тела и их вид для плоского движения. Результирующая и равнодействующая силы. Условия равновесия твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела при плоском движении [1-4].
11-12	1.10. ГИРОСКОПЫ	Динамика движения твердого тела с одной закрепленной точкой. Понятие о тензоре инерции. Осевые и центробежные моменты инерции. Свободные оси. Главные оси инерции. Приближенная теория гироскопа. Прецессия гироскопа. Гироскопические силы и моменты [1-4].
13-16	2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ	

	ОТНОСИТЕЛЬ-НОСТИ	
13-14	2.1. КИНЕМАТИКА	Постулаты специальной теории относительности. Четырехмерное пространство-время. Мировая точка, мировая линия. Преобразования Лоренца. Относительность понятия одновременности. Кинематические эффекты преобразований Лоренца. Собственная длина. Собственное время. Интервал. Инвариантность интервала. Времени-подобные, пространственно-подобные интервалы. Формулы преобразования скоростей [1-4].
15-16	2.2. РЕЛЯТИВИСТСКАЯ ДИНАМИКА	Релятивистский импульс. Релятивистское уравнение движения. Связь силы и ускорения для релятивистского тела. Релятивистская энергия: кинетическая, полная. Энергия покоя. Преобразования импульса и энергии. Частицы с нулевой массой [1-4].
1-8	1. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	
1-2	1.1. КИНЕМАТИКА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	Колебательные движения. Собственные, вынужденные параметрические колебания. Автоколебания. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза, период колебаний. Определение амплитуды и фазы гармонических колебаний из начальных условий. Представление гармонического колебания с помощью векторной диаграммы. Сложение колебаний одного направления. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Гармонический осциллятор. Квазиупругая сила. Уравнение гармонического осциллятора. Малые колебания системы около положения равновесия. Энергия гармонического осциллятора. Математический и физический маятники.
3-4	1.2. СВОБОДНЫЕ ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ	Уравнение собственных затухающих гармонических колебаний, его решение. Аperiodическое движение. Характеристики затухающего гармонического осциллятора: амплитуда, период, коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, время релаксации. Добротность [1-2].
5	1.3. ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ	Уравнение вынужденных колебаний, его решение. Переходный процесс. Амплитуда и начальная фаза вынужденных колебаний. Явление резонанса. Амплитудные и фазовые резонансные кривые. Связь добротности с параметрами резонансной кривой [1-2].
6-7	1.4. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН В УПРУГОЙ СРЕДЕ	Волновой процесс. Классификация волн: по характеру движения частиц (поперечные и продольные волны), по способу переноса энергии (бегущие и стоячие волны), по форме волнового фронта (плоские, сферические, цилиндрические волны). Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль оси x. Характеристики волнового процесса: длина волны, фазовая скорость, волновое число, волновой вектор. Графическое представление волнового процесса. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении. Стоячая волна. Координаты узлов и пучностей. Уравнения

		и граничные условия для волн в струнах и трубах. Волновое уравнение. Фазовая скорость волн в различных средах [1-2].
8	1.5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛН	Плотность энергии плоской упругой волны. Поток энергии. Плотность потока энергии. Вектор Умова. Интенсивность волны. Амплитуда сферической и цилиндрической волн. Распределение энергии в бегущей и стоячей волнах. Отражение и преломление волн на границе двух сред. Эффект Доплера [1-2].
9-16	2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	
9	2.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ	Модель идеального газа. Динамический и статистический методы. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов для давления. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Физический смысл универсальной газовой постоянной. Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры. Температурные шкалы: эмпирическая, абсолютная, термодинамическая, международная, практическая. Число степеней свободы. Закон равнораспределения энергии по степеням свободы молекул. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул [1-2].
10	2.2. ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	Равновесное и неравновесное состояния газа. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия идеального газа. Работа газа при расширении. Графическое представление работы. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном давлении и постоянном объеме. Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеальных газов и ее ограниченность. Адиабатический процесс. Политропический процесс. Показатель политропы для изохорического, изотермического, изобарического процессов. Работа, совершаемая газом при различных процессах [1-2].
11-12	2.3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	Случайные события. Вероятность. Сложение и умножение вероятностей. Функция распределения вероятностей. Среднее значение функции. Распределение молекул по одной компоненте и по трем компонентам скорости. Распределение Максвелла по величинам скоростей. Наиболее вероятная, средняя и среднеквадратичная скорости. Экспериментальная проверка распределения Максвелла. Барометрическая формула. Закон Больцмана для распределения частиц во внешнем потенциальном поле. Экспериментальная проверка распределения Больцмана [1-2].
13	2.4. ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА	Виды процессов переноса: диффузия, теплопроводность, вязкость. Эффективный диаметр молекулы. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Газокинетическая теория

		диффузии, теплопроводности, вязкости. Разреженные газы [1-2].
14	2.5. ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Тепловые двигатели и холодильные машины, КПД. Второе начало термодинамики в формулировках Кельвина, Клаузиуса и с помощью понятия энтропии. Цикл Карно и его КПД для идеального газа. Теорема Карно. Энтропия идеального газа. Энтропия в циклических процессах. Неравенство Клаузиуса. Энтропия при произвольных процессах в замкнутых системах. Микро- и макроскопическое состояния системы. Термодинамическая вероятность (статистический вес). Формула Больцмана. Статистическое толкование второго начала термодинамики. Третье начало термодинамики (теорема Нернста) [1-2].
15	2.6. РЕАЛЬНЫЕ ГАЗЫ	Отступление от законов идеальных газов. Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критические величины. Сравнение изотерм Ван-дер-Ваальса с экспериментальными. Метастабильные состояния [1-2].
16	2.7. ЖИДКОЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА	Структура жидкостей. Поверхностное натяжение. Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Явления на границе жидкости и твердого тела Смачивание. Капиллярные явления. Фазовые переходы первого и второго рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовая диаграмма. Нормальные и аномальные вещества. Эффект Джоуля-Томпсона [1-2].
1-7	1. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	
1-2	1.1. ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ВАКУУМЕ	Электрический заряд. Свойства электрических зарядов. Закон сохранения заряда. Точечный заряд. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Сила, действующая на заряд в электрическом поле. Принцип суперпозиции полей. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса для вектора напряженности. Объемная, поверхностная и линейная плотности зарядов. Поле заряженных цилиндрических и сферических поверхностей, поле одной и двух плоскостей. Поле заряженного шара. Дивергенция вектора напряженности. Теорема Гаусса для вектора напряженности в дифференциальной форме. Потенциальное поле сил. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Теорема циркуляции вектора напряженности. Ротор вектора напряженности. Дифференциальная формулировка потенциального поля. Потенциал. Связь между потенциалом и вектором напряженности. Эквипотенциальные поверхности. Электрический диполь. Электрический момент диполя. Потенциал и поле диполя. Момент сил, действующих на диполь, и энергия диполя во внешнем электрическом поле. Сила, действующая на диполь в неоднородном поле [1-5].
3-4	1.2. ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ДИЭЛЕКТРИКЕ	Диэлектрики. Сторонние и связанные заряды. Полярные и неполярные молекулы. Электрическая, ориентационная и ионная поляризации диэлектриков. Поляризованность. Поляризуемость молекул. Поле в диэлектрике. Макро- и микроскопическое поле. Диэлектрическая восприимчивость.

		Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для вектора электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость. Связь между поляризованностью и поверхностной плотностью связанных зарядов. Теорема Гаусса для вектора поляризованности в интегральной и дифференциальной формах. Условия возникновения объемных связанных зарядов в диэлектрике. Условия на границе раздела двух диэлектриков и на границе раздела проводник-диэлектрик [1-5].
5	1.3. ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ	Условия равновесия зарядов в проводнике. Поле вблизи поверхности и внутри проводника. Метод изображений. Сила и плотность тока. Напряжение. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Ома в дифференциальной форме. Емкость. Емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Емкость конденсатора. Формулы емкости плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов [1-5].
6-7	1.4. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	Потенциальная энергия заряда в электрическом поле. Энергия системы зарядов. Собственная энергия и энергия взаимодействия. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля [1-5].
8-16	2. МАГНЕТИЗМ	
8	2.1. ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ВАКУУМЕ	Взаимодействие токов. Магнитное поле. Свойства магнитного поля. Магнитная индукция. Сила Лоренца. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Био-Савара. Теорема Гаусса для вектора магнитной индукции. Дивергенция вектора магнитной индукции. Поле прямого тока. Поле в центре и на оси кругового тока. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Поле соленоида и тороида. Закон Ампера. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле: вращательный момент, энергия, сила, действующая на контур в неоднородном магнитном поле. Работа при перемещении контура с током в магнитном поле [1-5].
9	2.2. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ	Магнетики. Токи проводимости и токи намагничивания (молекулярные токи). Намагниченность. Поле в магнетиках. Теорема о циркуляции вектора намагниченности. Напряженность магнитного поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. Условия возникновения объемных токов намагничивания. Условия на границе раздела двух магнетиков. Магнитные свойства вещества. Магнитомеханические явления. Гиромагнитное отношение. Опыт Эйнштейна и де-Хааса. Опыт Барнтта. Магнитные моменты атомов и молекул. Опыт Штерна и Герлаха. Диа-, пара- и ферромагнетики. Природа диамагнетизма и парамагнетизма. Ферромагнетизм. Основная кривая намагничивания. Магнитное насыщение. Гистерезис. Остаточное намагничивание. Коэрцитивная сила. Магнитострикция. Природа ферромагнетизма. Точка Кюри. Антиферромагнетизм [1-5].

10	2.3. ПЕРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ	Явление электромагнитной индукции. Опыт Фарадея. Правило Ленца. ЭДС индукции. Потокосцепление (полный магнитный поток). Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. ЭДС самоиндукции. Взаимная индукция. Взаимная индуктивность. Теорема взаимности. Энергия магнитного поля. Взаимная энергия токов. Плотность энергии магнитного поля. Работа перемещения ферромагнетика. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Полный ток. Уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Уравнение плоской электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Импульс и масса электромагнитного поля.
11	2.4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ	Свободные колебания в контуре без активного сопротивления. Свободные затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания. Добротность контура. Вынужденные электрические колебания. Резонансные кривые для напряжения и силы тока [1-5].
12	2.5. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК	Квазистационарные токи. Переменный ток, текущий через индуктивность. Индуктивное сопротивление. Переменный ток, текущий через емкость. Емкостное сопротивление. Цепь переменного тока, содержащая емкость, индуктивность и активное сопротивление. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока. Действующие значения напряжения и силы тока [1-5].
13-14	2.6. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ	Отклонение заряженных частиц электрическим полем. Отклонение заряженных частиц магнитным полем. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Удельный заряд. Определение удельного заряда электрона. Опыт Томсона. Опыт Буша. Определение заряда электрона. Опыт Милликена. Элементарный заряд. Определение зарядов ионов. Метод парабол Томсона. Масс-спектрограф Астона. Ускорители заряженных частиц. Генератор Ван-де-Граафа. Бетатрон. Циклотрон. Фазотрон [1-5].
15	2.7. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛАХ И ПОЛУПРОВОДНИКАХ	Носители заряда в металлах. Модель свободных электронов. Понятие о классической электронной теории металлов. Расхождение между выводами классической электронной теории и опытными фактами [1-5].
16	2.8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ	Несамостоятельный и самостоятельный газовый разряды. Ионизация и рекомбинация. Несамостоятельный разряд. Ток насыщения. Тлеющий разряд. Дуговой разряд. Искровой и коронный разряды [1-5].
1-6	1. ОПТИКА	
1-2	1.1. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	Главные этапы развития физических теорий. Световая волна. Световой вектор. Показатель преломления. Законы геометрической оптики. Оптическая длина пути. Принцип Ферма. Формула тонкой линзы. Интенсивность света. Естественный и поляризованный свет. Интерференция. Принцип Гюйгенса. Явление

		интерференции когерентных волн. Ширина интерференционных полос и расстояние между ними. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Зеркала Френеля. Бипризма Френеля. Интерференция при отражении от тонких пленок. Полосы равной толщины и равного наклона. Интерферометр Майкельсона [1-2].
3-4	1.2. ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от круглого отверстия и круглого экрана. Дифракция Фраунгофера от щели. Многолучевая интерференция. Дифракционная решетка. Дисперсия и разрешающая сила дифракционной решетки. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэггов-Вульфа. Понятие о голографии [1-2].
5	1.3. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	Поляризаторы. Закон Малюса. Степень поляризации. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Поляризация при двойном лучепреломлении. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Вращение плоскости поляризации. Эффект Керра [1-2].
6	1.4. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ	Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Закон Бугера. Рассеяние света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова [1-2].
7-16	2. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	
7	2.1. ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ	Закон Кирхгофа. Равновесная плотность энергии излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Корпускулярные свойства излучения. Фотоэффект. Опыт Боте. Фотоны. Эффект Комптона [3-5].
8	2.2. ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОРОВСКАЯ ТЕОРИЯ АТОМА ВОДОРОДА	Закономерности в атомных спектрах. Спектральные серии водородного атома. Спектральные термы. Формула Бальмера. Опыты по рассеянию X-лучей. Ядерная модель атома. Формула Резерфорда. Опыт Франка-Герца. Постулаты Бора. Элементарная боровская теория атома водорода [3-5].
9	2.3. ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА МИКРОЧАСТИЦ	Гипотеза де Бройля. Экспериментальное доказательство волновых свойств микрочастиц. Опыт Дэвиссона и Джермера. Дифракция электронов. Опыт Бибермана, Сушкина и Фабриканта. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношение неопределенностей [3-5].
10	2.4. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	Плоская волна де Бройля. Волновая функция. Статистический характер квантовой механики. Сведения из теории операторов. Явный вид операторов важнейших динамических переменных. Принцип суперпозиции состояний. Постулаты квантовой механики. Вычисление среднего значения физической величины. Вырожденные состояния. Условия, при которых несколько физических величин могут иметь определенные значения в одном состоянии [3-5].
11	2.5. УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА	Плотность вероятности и плотность тока вероятности. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной

		яме. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннелирование. Квантовомеханическое объяснение холодной (полевой и автоэлектронной) эмиссии, α -распада. Сканирующий туннельный микроскоп. Квантовый гармонический осциллятор [3-5].
12	2.6. АТОМ ВОДОРОДА И ВОДОРОДОПОДОБНЫЕ АТОМЫ. АТОМЫ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	Квантово-механическое описание водорода и водородоподобных атомов. Квантовые числа электрона в атоме. Схема уровней. Возникновение спектральных серий. Токи в атомах. Магнитный момент атома. Атомы щелочных элементов. Основные результаты квантовой механики для щелочных элементов. Спектральные закономерности [3-5].
13	2.7. СПИН ЭЛЕКТРОНА. МНОГОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ	Момент импульса частицы в квантовой механике. Азимутальное или орбитальное квантовое число. Сложение моментов. Понятие о спине. Полный механический момент. Связь Рассела-Саундерса; j - j -связь. Векторная модель атома. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Множитель Ланде. Спектры щелочных элементов. Дублетная структура щелочных элементов. Символы термов [3-5].
14	2.8. АТОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ	Опыты Штера-Герлаха. Эффект Зеемана. Расщепление линий в магнитном поле. Квантово-механическое обоснование периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Принцип Паули. Распределение электронов по оболочкам. Периодичность свойств элементов. Правило Хунда. Характеристическое рентгеновское излучение. Рентгеновские спектры. Закон Мозли. Поглощение и излучение [3-5].
15	2.9. ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА	Кристаллическое состояние. Типы кристаллических решеток. Теплоемкость кристалла и ее зависимость от температуры. Теория Дебая. Закон Дюлонга и Пти. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение. Равновесное излучение. Лазер (на примере трехуровневой системы). Активная среда. Резонатор [3-5].
16	2.10. КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНОВ В МЕТАЛЛЕ	Плотность энергетических состояний. Распределение Ферми-Дирака. Энергия Ферми. Поверхность Ферми. Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, полупроводники, диэлектрики. Электропроводность металлов и полупроводников (собственная и примесная). Эффект Холла. Работа выхода. Электронная эмиссия из металла. Термоэлектрические явления: термоэмиссия, термоэдс, эффект Пельтье. Полупроводниковые диоды и транзисторы. Сверхпроводимость. Магнитные свойства сверхпроводника (эффект Мейснера). Эффект Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость [3-5].
16	2.11. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ	Атомное ядро. Состав и характеристика атомного ядра. Масса и энергия связи ядра. Модели атомного ядра. Ядерные силы. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление ядер. Термоядерные реакции. Элементарные частицы. Виды взаимодействий и классы элементарных частиц. Методы регистрации элементарных

		частиц. Космические лучи. Частицы и античастицы. Изотопический спин. Странные частицы. Несохранение четности в слабых взаимодействиях. Нейтрино. Систематика элементарных частиц. Кварки. Эволюция Вселенной и происхождение элементов.
--	--	---

Практические/семинарские занятия

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1-12	1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	
1-2	1.1.Кинематика материальной точки	Физические модели: материальная точка, абсолютно твердое тело. Поступательное и вращательное движение. Тело отсчета. Система координат: декартова, цилиндрическая (полярная), сферическая, естественная. Основные характеристики движения: радиус-вектор, траектория, перемещение, путь. Средняя и мгновенная скорости, среднее и мгновенное ускорения. Способы задания движения: векторный, координатный, естественный. Прямая и обратная задачи кинематики. Проекция скорости и ускорения в декартовой и естественной системах координат. Вычисление пути при неравномерном движении [1-4].
3-4	1.2.Динамика материальной точки	Сила. Свойства сил. Правила подсчета сил, действующих на тело, в поле сил тяжести Земли. Импульс (количество движения) тела. Второй закон Ньютона. Уравнения движения в различных системах координат. Прямая и обратная задачи динамики. Третий закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея. Инварианты преобразований Галилея. Правило сложения скоростей. Виды взаимодействий. Фундаментальные силы [1-4].
5	1.3.Закон сохранения импульса	Внутренние и внешние силы. Замкнутая система. Закон изменения импульса в дифференциальной и интегральной формах. Импульс силы. Закон сохранения импульса. Центр масс. Теорема о движении центра масс. Ц-система. Движение тел с переменной массой. Уравнение Мещерского [1- 4].
6	1.4.Закон сохранения энергии	Элементарная работа силы. Работа силы вдоль траектории. Графическое представление работы. Мгновенная и средняя мощность. Кинетическая энергия. Теорема об изменении кинетической энергии. Консервативные силы. Поле сил. Потенциальная энергия. Потенциальная энергия поля сил тяжести, упругости, центральных сил. Связь потенциальной энергии и силы. Полная механическая энергия системы. Законы изменения и сохранения полной механической энергии. Собственная энергия. Консервативная система. Внутренняя механическая энергия системы. Условие равновесия механической системы. Потенциальная яма и потенциальный барьер.

		Импульс и энергия в Ц-системе. Приведенная масса. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. Центральный удар [1-4].
7	1.5.Закон сохранения момента импульса	Моменты импульса и силы относительно точки. Плечо. Пара сил. Моменты относительно оси. Моменты вертикальной, радиальной и тангенциальной составляющих силы относительно оси. Моменты системы тел. Законы изменения и сохранения момента импульса системы. Собственный момент импульса. Движение в центральном поле сил. Законы Кеплера. Космические скорости[1-4].
8	1.6.Неинерциальные системы	Силы инерции. Центробежная сила инерции. Сила Кориолиса. Уравнение второго закона Ньютона в неинерциальных системах. Закон сохранения в неинерциальных системах. Зависимость ускорения свободного падения от широты местности [1-4].
9-10	1.7.Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси	Вектор элементарного поворота. Мгновенная и средняя угловая скорость. Мгновенное и среднее угловое ускорение. Связь между линейными и угловыми скоростями и ускорениями [1-4].
11-12	1.8.Плоское движение твердого тела	Разложение движения твердого тела на поступательное и вращательное. Мгновенная ось вращения. Уравнения движения твердого тела и их вид для плоского движения. Результирующая и равнодействующая силы. Условия равновесия твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела при плоском движении [1-4].
13-16	2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	
13-16	2.1. Элементы специальной теории относительности	Кинематические эффекты преобразований Лоренца. Собственная длина. Собственное время. Интервал. Инвариантность интервала. Времениподобные, пространственно-подобные интервалы. Формулы преобразования скоростей [1-4]. Релятивистский импульс. Релятивистское уравнение движения. Связь силы и ускорения для релятивистского тела. Релятивистская энергия: кинетическая, полная. Энергия покоя. Преобразования импульса и энергии. Частицы с нулевой массой [1-4].
1-8	1. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	
1-2	1.1.КИНЕМАТИКА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	Колебательные движения. Собственные, вынужденные параметрические колебания. Автоколебания. Гармонические колебания. Амплитуда, частота, фаза, период колебаний. Определение амплитуды и фазы гармонических колебаний из начальных условий. Представление гармонического колебания с помощью векторной диаграммы. Сложение колебаний одного направления. Биения. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу.
3	1.2.ДИНАМИКА ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ	Гармонический осциллятор. Квазиупругая сила. Уравнение гармонического осциллятора. Малые колебания системы около положения равновесия. Энергия гармонического

		осциллятора. Математический и физический маятники.
4-5	1.3.СВОБОДНЫЕ ЗАТУХАЮЩИЕ КОЛЕБАНИЯ	Уравнение собственных затухающих гармонических колебаний, его решение. Аперриодическое движение. Характеристики затухающего гармонического осциллятора: амплитуда, период, коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания, время релаксации. Добротность [1-2].
6-7	1.4.ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ	Уравнение вынужденных колебаний, его решение. Переходный процесс. Амплитуда и начальная фаза вынужденных колебаний. Явление резонанса. Амплитудные и фазовые резонансные кривые. Связь добротности с параметрами резонансной кривой [1-2].
8	1.5.РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН В УПРУГОЙ СРЕДЕ	Волновой процесс. Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль оси x . Характеристики волнового процесса: длина волны, фазовая скорость, волновое число, волновой вектор. Графическое представление волнового процесса. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении. Стоячая волна. Координаты узлов и пучностей. Уравнения и граничные условия для волн в струнах и трубах. Волновое уравнение. Фазовая скорость волн в различных средах [1-2].
9-16	2.МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	
9-11	2.1.ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ	Модель идеального газа. Динамический и статистический методы. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов для давления. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Число степеней свободы. Закон равнораспределения энергии по степеням свободы молекул. Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул [1-2].
12-14	2.2.ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	Равновесное и неравновесное состояния газа. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия идеального газа. Работа газа при расширении. Графическое представление работы. Количество теплоты. Первое начало термодинамики. Теплоемкость. Удельная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном давлении и постоянном объеме. Классическая молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеальных газов и ее ограниченность. Адиабатический процесс. Политропический процесс. Показатель политропы для изохорического, изотермического, изобарического процессов. Работа, совершаемая газом при различных процессах [1-2].
15-16	2.3.ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Тепловые двигатели и холодильные машины, КПД. Второе начало термодинамики в формулировках Кельвина, Клаузиуса и с помощью понятия энтропии. Цикл Карно и его КПД для идеального газа. Теорема Карно. Энтропия идеального газа. Энтропия в циклических процессах. Неравенство Клаузиуса. Энтропия при произвольных процессах в замкнутых системах. Микро- и макроскопическое состояния системы. Термодинамическая

		вероятность (статистический вес). Формула Больцмана. Статистическое толкование второго начала термодинамики. [1-2].
1-7	1.ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	
1-2	1.1.ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ВАКУУМЕ	Электрический заряд. Свойства электрических зарядов. Закон сохранения заряда. Точечный заряд. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Сила, действующая на заряд в электрическом поле. Принцип суперпозиции полей. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса для вектора напряженности. Объемная, поверхностная и линейная плотности зарядов. Поле заряженных цилиндрических и сферических поверхностей, поле одной и двух плоскостей. Поле заряженного шара. Дивергенция вектора напряженности. Теорема Гаусса для вектора напряженности в дифференциальной форме. Потенциальное поле сил. Циркуляция вектора напряженности электрического поля. Теорема циркуляции вектора напряженности. Ротор вектора напряженности. Дифференциальная формулировка потенциального поля. Потенциал. Связь между потенциалом и вектором напряженности. Эквипотенциальные поверхности. Электрический диполь. Электрический момент диполя. Потенциал и поле диполя. Момент сил, действующих на диполь, и энергия диполя во внешнем электрическом поле. Сила, действующая на диполь в неоднородном поле [1-5].
3-4	1.2.ПОЛЕ НЕПОДВИЖНЫХ ЗАРЯДОВ В ДИЭЛЕКТРИКЕ	Диэлектрики. Сторонние и связанные заряды. Полярные и неполярные молекулы. Электрическая, ориентационная и ионная поляризации диэлектриков. Поляризованность. Поляризуемость молекул. Поле в диэлектрике. Макро- и микроскопическое поле. Диэлектрическая восприимчивость. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для вектора электрического смещения. Диэлектрическая проницаемость. Связь между поляризованностью и поверхностной плотностью связанных зарядов. Теорема Гаусса для вектора поляризованности в интегральной и дифференциальной формах. Условия возникновения объемных связанных зарядов в диэлектрике. Условия на границе раздела двух диэлектриков и на границе раздела проводник-диэлектрик [1-5].
5-6	1.3.ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ	Условия равновесия зарядов в проводнике. Поле вблизи поверхности и внутри проводника. Метод изображений. Сила и плотность тока. Напряжение. Закон Ома. Сопротивление проводников. Закон Ома в дифференциальной форме. Емкость. Емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Емкость конденсатора. Формулы емкости плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов [1-5].
7	1.2.ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ	Потенциальная энергия заряда в электрическом поле. Энергия системы зарядов. Собственная энергия и энергия взаимодействия. Энергия электрического поля. Плотность энергии электрического поля [1-5].
8-16	2.МАГНЕТИЗМ	

8-10	2.1.ПОЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ВАКУУМЕ	Взаимодействие токов. Магнитное поле. Свойства магнитного поля. Магнитная индукция. Сила Лоренца. Принцип суперпозиции магнитных полей. Закон Био-Савара. Теорема Гаусса для вектора магнитной индукции. Дивергенция вектора магнитной индукции. Поле прямого тока. Поле в центре и на оси кругового тока. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Поле соленоида и тороида. Закон Ампера. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле: вращательный момент, энергия, сила, действующая на контур в неоднородном магнитном поле. Работа при перемещении контура с током в магнитном поле [1-5].
11-12	2.2.МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ	Магнетики. Токи проводимости и токи намагничивания (молекулярные токи). Намагниченность. Поле в магнетиках. Теорема о циркуляции вектора намагниченности. Напряженность магнитного поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности. Магнитная восприимчивость. Магнитная проницаемость. Условия возникновения объемных токов намагничивания. Условия на границе раздела двух магнетиков. [1-5].
13-14	2.3.ПЕРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ	Явление электромагнитной индукции. Опыт Фарадея. Правило Ленца. ЭДС индукции. Потокосцепление (полный магнитный поток). Явление самоиндукции. Индуктивность. Индуктивность соленоида. ЭДС самоиндукции. Взаимная индукция. Взаимная индуктивность. Теорема взаимности. Энергия магнитного поля. Взаимная энергия токов. Плотность энергии магнитного поля. Работа перемагничивания ферромагнетика. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Полный ток. Уравнение Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Уравнение плоской электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга. Импульс и масса электромагнитного поля.
15-16	2.4.ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ	Отклонение заряженных частиц электрическим полем. Отклонение заряженных частиц магнитным полем. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле. Удельный заряд. [1-5].
1-6	1.ОПТИКА	
1-2	1.1.ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	Главные этапы развития физических теорий. Световая волна. Световой вектор. Показатель преломления. Законы геометрической оптики. Оптическая длина пути. Принцип Ферма. Формула тонкой линзы. Интенсивность света. Естественный и поляризованный свет. Интерференция. Принцип Гюйгенса. Явление интерференции когерентных волн. Ширина интерференционных полос и расстояние между ними. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Зеркала Френеля. Бипризма Френеля. Интерференция при отражении от тонких пленок. Полосы равной толщины и

		равного наклона. [1-2].
3-4	1.2.ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Зоны Френеля. Дифракция Френеля от круглого отверстия и круглого экрана. Дифракция Фраунгофера от щели. Многолучевая интерференция. Дифракционная решетка. Дисперсия и разрешающая сила дифракционной решетки. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэггов-Вульфа. [1-2].
5	1.3.ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	Поляризаторы. Закон Малюса. Степень поляризации. Поляризация при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Поляризация при двойном лучепреломлении. Обыкновенный и необыкновенный лучи. Вращение плоскости поляризации. Эффект Керра [1-2].
6	1.4.ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН С ВЕЩЕСТВОМ	Дисперсия света. Групповая скорость. Элементарная теория дисперсии. Поглощение света. Закон Бугера. Рассеяние света. Закон Рэлея. Молекулярное рассеяние света. Эффект Вавилова-Черенкова [1-2].
7-16	2.КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	
7	2.1.ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ. КОРПУСКУЛЯРНЫЕ СВОЙСТВА ИЗЛУЧЕНИЯ	Закон Кирхгофа. Равновесная плотность энергии излучения. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Корпускулярные свойства излучения. Фотоэффект. Опыт Боте. Фотоны. Эффект Комптона [3-5].
8	2.2.ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БОРОВСКАЯ ТЕОРИЯ АТОМА ВОДОРОДА	Закономерности в атомных спектрах. Спектральные серии водородного атома. Спектральные термы. Формула Бальмера. Опыты по рассеянию X-лучей. Ядерная модель атома. Формула Резерфорда. Элементарная боровская теория атома водорода [3-5].
9	2.3.ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА МИКРОЧАСТИЦ	Гипотеза де Бройля. Экспериментальное доказательство волновых свойств микрочастиц. Опыт Дэвиссона и Джермера. Дифракция электронов. Соотношение неопределенностей [3-5].
10-11	2.4.УРАВНЕНИЕ ШРЕДИНГЕРА	Плотность вероятности и плотность тока вероятности. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннелирование. Квантовый гармонический осциллятор [3-5].
12	2.5.АТОМ ВОДОРОДА И ВОДОРОДОПОДОБНЫЕ АТОМЫ. АТОМЫ ЩЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	Квантово-механическое описание водорода и водородоподобных атомов. Квантовые числа электрона в атоме. Схема уровней. Возникновение спектральных серий. Токи в атомах. Магнитный момент атома. Атомы щелочных элементов. Основные результаты квантовой механики для щелочных элементов. Спектральные закономерности [3-5].
13-14	2.6.СПИН ЭЛЕКТРОНА. МНОГОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ	Момент импульса частицы в квантовой механике. Азимутальное или орбитальное квантовое число. Сложение моментов. Понятие о спине. Полный механический момент. Связь Рассела-Саундерса; j-j-связь. Векторная модель атома. Магнитные моменты многоэлектронных атомов. Множитель Ланде.

		Спектры щелочных элементов. Дублетная структура щелочных элементов. Символы термов [3-5].
15-16	2.7.ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА	Кристаллическое состояние. Типы кристаллических решеток. Теплоемкость кристалла и ее зависимость от температуры. Теория Дебая. Закон Дюлонга и Пти. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение. Равновесное излучение. Лазер (на примере трехуровневой системы). Активная среда. Резонатор [3-5].

Лабораторные занятия

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Название лабораторной работы
1-16	ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	
1-2	1.1.ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПОГРЕШНОСТЕЙ	Измерение длины, массы и плотности вещества
3-4	1.2.ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ	Изучение поступательного движения на машине Атвуда
5-6	1.3.ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА	Изучение кратковременных взаимодействий на примере соударения шаров
7-9	1.4.ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ	Изучение кратковременных взаимодействий на примере соударения шаров
10-11	1.5.ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА	Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника
12-14	1.6.ПЛОСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ТВЕРДОГО ТЕЛА	Изучение плоскопараллельного движения твердого тела на примере маятника Максвелла
15-16	1.7.ГИРОСКОПЫ	Изучение свойств гироскопа
1-7	КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	
1-2	1.1.Гармонические колебания	Физический маятник
3	1.2.Гармонические колебания	Математический маятник
4	1.3.Сложение колебаний одного направления	Сложение гармонических колебаний.
5	1.4.Сложение взаимно перпендикулярных колебаний	Фигуры Лиссажу
6-7	1.5.Затухающие колебания	Определение логарифмического декремента затухания
8-16	2.Молекулярная физика	

	и термодинамика	
8	2.1.Показатель адиабаты	Определение отношения C_p/C_v воздуха методом Клемана и Дезорма.
9-10	2.2.Акустический резонанс	Определение отношения C_p/C_v воздуха методом акустического резонанса
11-12	2.3.Явления переноса	Определение коэффициента внутреннего трения и средней длины свободного пробега молекул воздуха.
13-14	2.4.Поверхностное натяжение	Определение коэффициента поверхностного натяжения по высоте поднятия жидкости в капиллярных трубках.
15-16	2.5.Термодинамика	Определение удельной теплоемкости твердых тел.
1-2	1.ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	
1-2	1.1.Поле неподвижных зарядов в вакууме	Подтверждение закона Кулона
3-16	2.МАГНЕТИЗМ	
3-4	2.1.Поле постоянного тока в вакууме	Подтверждение закона Ампера
5-6	2.2.Магнитное поле в веществе	Изучение явления гистерезиса
7-8	2.3.Переменное электромагнитное поле	Изучения явления электромагнитной индукции
9-10	2.4.Электрические колебания	Изучение процессов зарядки и разрядки конденсатора
11-12	2.5.Переменный ток	Изучение плоского конденсатора
13-16	2.6.Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях	Измерение удельного заряда электрона
1-11	1.ОПТИКА	
1-2	1.1.Волновые свойства света	Изучение интерференции с помощью бипризмы Френеля.
3-4	1.2.Интерференция	Изучение интерференции света при отражении от тонких пленок.
5-6	1.3.Интерференционная схема – кольца Ньютона	Кольца Ньютона в проходящем монохроматическом свете.
7-9	1.4.Дифракция Франгоуфера	Дифракция света на одной и двух щелях.
10-11	1.4.Оптически активные среды	Вращение плоскости поляризации.
12-16	2.АТОМНАЯ ФИЗИКА	
12	2.1.Квантовая физика	Вычисление постоянной Планка
13	2.2.Атом Бора	Оптические спектры атома водорода

14	2.3.Спектр атома водорода	Определение длины волны H_{α} , H_{β} , H_{γ} Бальмеровской серии водорода.
15	2.4.Атом в магнитном поле	Нормальный эффект Зеемана.
16	2.5.Рентгеновское излучение	Изучение ослабления рентгеновских лучей в зависимости от поглощающего материала и его толщины.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. А.Ф.Гурбич. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Обнинск, ИАТЭ, 2001.(925 экз.)
2. Лабораторный практикум по курсу "Общая физика" раздел "Механика" под редакцией А.Ф.Гурбича, Обнинск:ИАТЭ,2001.(200 экз.)
3. Лабораторный практикум по курсу "Общая физика" раздел "Колебания и волны" под редакцией С.И.Кучерявого, Н.Н.Лескиной, Обнинск:ИАТЭ, 2009.(184 экз.)
4. Лабораторный практикум по курсу "Общая физика" раздел "Молекулярная физика". под редакцией А.П.Маркина, В.С. Мастерова, Обнинск:ИАТЭ,1998.(200 экз.)
5. Лабораторный практикум по курсу "Общая физика" раздел "Электричество". под редакцией Г.Г. Здоровцевой, А.П.Маркина, В.С. Мастерова, Обнинск: ИАТЭ, 2005 г. (400 экз.)
6. Лабораторный практикум по курсу "Общая физика" раздел "Электричество и магнетизм". под редакцией А.Ф. Гурбича, М.: НИЯУ МИФИ, 2014.
7. Лабораторный практикум по курсу «Общая физика» раздел «Оптика», под редакцией Н.Я.Рухляды, А.В. Максимушкиной, Обнинск: ИАТЭ, 2014.(34 экз.)
8. Лабораторный практикум по курсу "Общая физика" раздел "Атомная физика" под редакцией Ф.И. Карманова, А. Брызгалова, Обнинск: ИАТЭ, 2015. (35 экз.)
9. В.В.Артисюк, Г.Г.Здоровцева, Л.Д.Трищенко, Н.Н.Лескина Комплект учебных карточек для проведения практических занятий по курсу «Физика», Обнинск, ИАТЭ, 1994г.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 1 семестр			

1.	Раздел 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	ОПК-4	Кл
2.	2. СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	ОПК-4	КР
Промежуточная аттестация, 1 семестр			
	экзамен	ОПК-4	Э
Текущая аттестация, 2 семестр			
1.	1. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	ОПК-4	Кл
2.	2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	ОПК-4	КР
Промежуточная аттестация, 2 семестр			
	экзамен	ОПК-4	Э
Текущая аттестация, 3 семестр			
1.	1. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	ОПК-4	Кл
2.	2. МАГНЕТИЗМ	ОПК-4	КР
Промежуточная аттестация, 3 семестр			
	экзамен	ОПК-4	Э
Текущая аттестация, 4 семестр			
1.	1. ОПТИКА	ОПК-4	Кл
2.	2. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	ОПК-4	КР
Промежуточная аттестация, 4 семестр			
	экзамен	ОПК-4	Э

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
 - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий

текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.

- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Семестр 1

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
Коллоквиум Физические основы механики		18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
Контрольная работа Специальная теория относительности. Лабораторные работы		18	30
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Экзамен	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Семестр 2

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
Коллоквиум Колебания и волны		18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
Контрольная работа. Молекулярная физика и термодинамика. Лабораторные работы		18	30
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Экзамен	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Семестр 3

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
Коллоквиум Электричество		18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30

Контрольная работа. Магнетизм Лабораторные работы		18	30
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Экзамен	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Семестр 4

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30
Коллоквиум Оптика		18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18 (60% от 30)	30
Контрольная работа. Квантовая физика Лабораторные работы		18	30
Промежуточная аттестация	-	24 – (60% 40)	40
Экзамен	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных

75-84		C	неточностей в ответе на вопрос
70--74			
65-69		D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 1. Механика, Лань, 2009-2011. (21 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
2. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 2. Электричество и магнетизм, Лань, 2011. (9 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 3. Молекулярная физика и термодинамика, Лань, 2011. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
4. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 4. Волны. Оптика, Лань, 2011. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
5. Савельев И.В. Курс общей физики. В 5-и тт. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, Лань, 2011. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
6. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.1. Механика. Молекулярная физика, Лань, 2009- 2012 . (13 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
7. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика, Лань, 2011-2012. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
8. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, Лань, 2009-2011. (2 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
9. Иродов И.Е. Механика. Основные законы, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2010- 2014. (60 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)

10. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2009-2012. (1экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
11. Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2012-2013. (50 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
12. Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2013- 2015. (30 экз., ЭБС Лан Иродов И.Е. Квантовая физика. Основные законы, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2004. (52 экз., БС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
13. Иродов И.Е. Задачи по общей физике, "Лаборатория знаний" (ранее "БИНОМ. Лаборатория знаний"), 2007-2014. (62 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)

б) дополнительная учебная литература:

1. С.П.Стрелков. Механика, Москва, Лань, 2005.(5 экз.)
2. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности, Высшая школа, 2003. (142 экз.)
3. Матвеев А.Н. Молекулярная физика, Высшая школа, 2010. (10 экз.)
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 1 Механика. Физматлит, 2006 (50 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
5. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика, Физматлит, 2006. (1 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 3. Электричество, Физматлит, 2009. (2 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
7. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 4. Оптика, Физматлит, 2002. (ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
8. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Том 5. Атомная и ядерная физика, Физматлит, 2002-2006. (51 экз., ЭБС Лань, <http://e.lanbook.com/>)
9. А.К.Кикоин, И.К.Кикоин. Молекулярная физика. М., Наука, 2007. (49 экз.)
10. С.Г.Калашников. Электричество. М., Физматлит, 2004.(48 экз.)
11. А.Г.Чертов, А.А.Воробьев. Задачник по физике. М., Физматлит; 2009. (200 экз.)
12. А.А. Детлаф, Б.М.Яворский Курс физики. М. Высшая школа, 2000.(4 экз.)

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Не требуется

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические указания по организации самостоятельной работы по дисциплине «Физика», утвержденные кафедрой общей и специальной физики.
2. Методические рекомендации по решению задач, утвержденные кафедрой общей и специальной физики.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- использование обучающих видеофильмов;
- использование текстового редактора Microsoft Word;
- использование табличного редактора Microsoft Excel;
- организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты и ЭИОС.

12.2. Перечень программного обеспечения

1. Текстовый редактор Microsoft Word;
2. Табличный редактор Microsoft Excel;
3. Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
4. Браузер: Google Chrome.
5. Интернет.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK;
- 2) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 3) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, www.book.ru;
- 4) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
- 5) Базовая версия ЭБС IPRbooks, www.iprbooks.ru;
- 6) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» www.studentlibrary.ru;
- 7) Электронно-библиотечная система «Айбукс.ру/ibooks.ru»;
- 8) <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 9) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Лаборатория "Механика"
2. Лаборатория "Колебания и волны"
3. Лаборатория "Молекулярная физика и термодинамика"
4. Лаборатория "Электричество и магнетизм"
5. Лаборатория "Оптика"
6. Лаборатория "Атомная физика"
7. Лекционные аудитории ИАТЭ НИЯУ МИФИ, оснащенные мультимедийным оборудованием.
8. Библиотека ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия) (в соответствии с РУП)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
	ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО	218	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО
	СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ	лекции, семинары, практические занятия	40	лекции, семинары, практические занятия
	КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО	85	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО
	МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И	лекции,	95	лекции,

	ТЕРМОДИНАМИКА	семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО		семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО
	ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО	72	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО
	МАГНЕТИЗМ	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО	90	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО
	ОПТИКА	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО	40	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО
	КВАНТОВАЯ ФИЗИКА	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО	68	лекции, семинары, практические занятия, лабораторные работы, СРО

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Первый семестр

Индивидуальные домашние задания по темам:

1. Кинематика материальной точки.
2. Динамика материальной точки.
3. Законы сохранения.
4. Механика твердого тела.

Второй семестр

1. Графическое представление волнового процесса. Уравнение плоской волны, распространяющейся в произвольном направлении..
2. Эффект Доплера
3. Температурные шкалы: эмпирическая, абсолютная, термодинамическая, международная, практическая.
4. Газокинетическая теория диффузии, теплопроводности, вязкости. Разреженные газы.

Третий семестр.

1. Поле неподвижных зарядов в вакууме.
2. Проводники в электрическом поле.

3. Поле постоянного тока в вакууме.
4. Переменное электромагнитное поле

Четвертый семестр

1. Взаимодействие атома с электромагнитным полем. Эффект Зеемана, эффект Штарка.
2. Электронные свойства твердых тел. Основные понятия зонной теории твердых тел.

Вопросы для самоконтроля

- 1) Что такое кинематика?
- 2) Что такое мгновенная скорость?
- 3) Как определить тангенциальное ускорение?
- 4) Что такое уравнение движения?
- 5) Что такое механика?
- 6) Что такое материальная точка?
- 7) Что такое закон движения?
- 8) Что такое ускорение?
- 9) Как определить нормальное ускорение?
- 10) Что такое кориолисово ускорение?
- 11) Что такое центробежное ускорение?
- 12) Запишите закон движения в векторной форме.
- 13) Что такое средняя скорость?
- 14) Как найти тангенциальное ускорение тела? Запишите все возможные способы.
- 15) Что такое материальная точка?
- 16) Что такое кориолисово ускорение?
- 17) Запишите закон движения в координатной форме.
- 18) Что такое мгновенная скорость?
- 19) Как найти нормальное ускорение тела? Запишите все возможные способы.
- 20) Как определить тангенциальное ускорение точки твердого тела при вращении, если известно угловое ускорение?
- 21) Что такое абсолютно твердое тело?
- 22) Что такое осеостремительное ускорение?
- 23) Что такое поступательное движение?
- 24) Чем путь отличается от перемещения?
- 25) Куда направлена скорость при криволинейном движении?
- 26) Как определяется нормальное ускорение точки твердого тела?
- 27) Что такое ускорение?
- 28) Как преобразуются скорости, если система К движется относительно К' поступательно?
- 29) Назовите 4 типа фундаментальных взаимодействий.
- 30) Сформулируйте принцип относительности Галилея.
- 31) Сформулируйте границы применимости механики Ньютона.
- 32) Первый закон Ньютона звучит:
- 33) Инерциальные системы отчета - это...
- 34) Неинерциальные системы отсчета - это...
- 35) Что такое инерция?
- 36) Сформулируйте закон инерции Галилея-Ньютона.
- 37) Запишите преобразования Галилея
- 38) Запишите известные Вам силы инерции и их выражения.
- 39) Запишите теорему об изменении импульса тела.
- 40) Запишите теорему об изменении кинетической энергии тела.
- 41) Запишите теорему об изменении потенциальной энергии тела.
- 42) Запишите теорему об изменении полной энергии тела.
- 43) Какие силы называют консервативными?
- 44) Сформулируйте закон сохранения импульса.

- 45) Как связаны сила и потенциальная энергия?
- 46) Какие законы сохранения выполняются при абсолютно упругом ударе?
- 47) Запишите выражение для кинетической энергии в системе, связанной с центром масс с использованием приведенной массы и относительной скорости.
- 48) Какие законы сохранения выполняются при абсолютно неупругом ударе?
- 49) Что такое приведенная масса?
- 50) Что такое абсолютно твердое тело?
- 51) Как определяется момент инерции тела в случае дискретного распределения массы?
- 52) Запишите уравнение динамики вращательного движения твердого тела.
- 53) Как определяется работа при вращении твердого тела?
- 54) Как определяется момент инерции тела в случае непрерывного распределения массы?
- 55) Сформулируйте теорему Штейнера.
- 56) Как определяется кинетическая энергия при вращении твердого тела?
- 57) Как связаны длина дуги, пройденной точкой твердого тела, и угол поворота тела?
- 58) Как преобразуются ускорения, если система K движется относительно K' вращательно?
- 59) Запишите закон движения точки твердого тела, совершающего вращательное движение вокруг неподвижной оси.
- 60) Как связаны линейная и угловая скорости?
- 61) Что такое мгновенная ось вращения?
- 62) Что такое плоское движение тела?
- 63) Что такое гироскоп?
- 64) Что такое главные оси тела?
- 65) Как найти кинетическую энергию при плоском движении тела?
- 66) Запишите основные уравнения динамики плоского движения тела.
- 67) Как определяется момент импульса тела?
- 68) Как определяется момент силы тела?
- 69) Какова максимальная скорость передачи взаимодействия?
- 70) Как вы понимаете следующую фразу: «длина понятие относительное»?
- 71) Может ли скорость сближения двух частиц в данной системе отсчета оказаться больше скорости света?
- 72) Приведите примеры инвариантных величин в физике.
- 73) Существует ли абсолютная инерциальная система отсчета?
- 74) Сформулируйте постулаты Эйнштейна.
- 75) Как вы понимаете следующую фразу: «одновременность понятие относительное»?
- 76) Может ли относительная скорость частицы в системе отсчета, связанной с другой частицей, оказаться больше скорости света?
- 77) Что такое инвариант?
- 78) Запишите преобразования Лоренца.
- 79) Времениподобные и пространственноподобные интервалы
- 80) Преобразования Лоренца для скорости.
- 81) Релятивистский импульс.
- 82) Основное уравнение релятивистской динамики.
- 83) Что такое масса покоя?
- 84) Кинетическая энергия релятивистской частицы.
- 85) Закон взаимосвязи массы и энергии.
- 86) Связь между импульсом и энергией частицы.
- 87) Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетической теории.
- 88) Каковы особенности строения, газов.
- 89) Что такое относительная молекулярная масса вещества?
- 90) Что такое один моль вещества?
- 91) Сколько молекул (атомов) содержится в одном моле вещества?
- 92) Что такое молярная масса вещества?
- 93) Как определить молярную массу вещества по таблице Менделеева?
- 94) Чем определяется давление газа в сосуде?

- 95) Какие допущения приняты в модели идеального газа?
- 96) Запишите формулу основного уравнения МКТ идеального газа. Какие физические величины обозначены буквами этого уравнения, какова их размерность в системе СИ?
- 97) Какая шкала температур используется при расчетах в молекулярной физике?
- 98) Что принято за 00 в абсолютной шкале температур?
- 99) Может ли температура быть равной 00 по этой шкале и почему?
- 100) Какие параметры связывает между собой уравнение состояния идеального
- 101) Изотермический процесс, формулировка.
- 102) Изотермический процесс, графическое представление.
- 103) Изобарный процесс, формулировка.
- 104) Изобарный процесс, формулировка.
- 105) Изохорный процесс, формулировка
- 106) Изохорный процесс, графическое представление.
- 107) Дать определение напряженности и потенциала электрического поля. Вывести формулу, устанавливающую связь между этими величинами.
- 108) Пользуясь теоремой Гаусса, определить напряженность электростатического поля на расстоянии r от центра сферы радиуса R ($R > r$), заряженной с объемной плотностью ρ .
- 109) Пользуясь теоремой Гаусса, вывести формулу для напряженности бесконечного равномерно заряженного цилиндра (нити).
- 110) Записать формулы для физических величин, характеризующих электрическое поле в диэлектриках. Сформулировать и записать теорему Гаусса для поля в диэлектриках.
- 111) Сформулируйте теорему Гаусса для электростатического поля в диэлектрике. Выведите условие для векторов E и D на границе раздела двух диэлектрических сред.
- 112) Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков.
- 113) Поляризации полярных и неполярных диэлектриков. Какая физическая величина определяет степень поляризации диэлектриков, как она связана с напряженностью электрического поля в диэлектриках?
- 114) Сформулировать условия равновесия зарядов в проводнике. Вывести формулу для напряженности поля вблизи поверхности проводника.
- 115) Пользуясь формулой для энергии заряженного конденсатора, вывести формулу для объемной плотности энергии электростатического поля.
- 116) Вывести, пользуясь классической электронной теорией металлов, закон Ома для однородного участка цепи в дифференциальной форме.
- 117) Вывести, пользуясь классической теорией электропроводности металлов, закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.
- 118) Вывести закон Ома для однородного участка цепи в дифференциальной форме.
- 119) Сопротивление и проводимость проводников. Зависимость сопротивления и проводимости от температуры.
- 120) Сформулировать принцип суперпозиции магнитных полей. Вывести формулу для определения магнитной индукции B поля проводника с током конечной длины.
- 121) Записать закон Био-Савара-Лапласа. Вывести формулу для магнитной индукции поля, создаваемого бесконечно длинным проводником с током.
- 122) Записать закон Био-Савара-Лапласа. Вывести формулу для магнитной индукции поля в центре кругового тока.
- 123) 1 Вывести теорему о циркуляции вектора магнитной индукции. Объяснить физический смысл полученной формулы.
- 124) Закон полного тока для магнитного поля в вакууме (вывести формулу).
- 125) Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции B . Применив ее, рассчитайте магнитное поле соленоида.
- 126) Дайте определение потока вектора магнитной индукции. Сформулируйте теорему Гаусса для магнитного поля, объяснив ее физический смысл.

- 127) Эффект Холла. Вывести формулу для холловской разности потенциалов.
- 128) Используя закон сохранения энергии, вывести основной закон электромагнитной индукции.
- 129) Природа диа- и парамагнетизма.
- 130) Особенности магнитных свойств ферромагнетиков. Механизм намагничивания ферромагнетиков.
- 131) Вывести дифференциальное уравнение затухающих электромагнитных колебаний, записать его решение. Дать определение коэффициента затухания, логарифмического коэффициента затухания.
- 132) Вывести дифференциальное уравнение затухающих электромагнитных колебаний, записать его решение. Дать определение коэффициента затухания, логарифмического декремента затухания.
- 133) Ток смещения. Вывести формулу для плотности тока смещения.
- 134) Первое уравнение Максвелла. Физический смысл этого уравнения.
- 135) Второе уравнение Максвелла. Физический смысл этого уравнения.
- 136) Используя уравнение Максвелла, объясните возникновение электромагнитных волн.

- 137) В чем заключается явление внешнего фотоэффекта?
- 138) Каковы закономерности фотоэффекта, открытые Столетовым?
- 139) В чем суть квантовой теории света?
- 140) Каковы характеристики фотона
- 141) Как записывается уравнение Эйнштейна для фотоэффекта? Каков физический смысл входящих в него величин?
- 142) Как уравнение Эйнштейна объясняет закономерности фотоэффекта?
- 143) Что такое "красная граница" фотоэффекта и почему она носит такое название?
- 144) Как устроен фотоэлемент?
- 145) Что называется световой характеристикой фотоэлемента?
- 146) Что такое вольтамперная характеристика фотоэлемента? Что называется фототоком насыщения?
- 147) Каково устройство и принцип работы фотодинатрона? Что называется коэффициентом вторичной эмиссии электронов?
- 148) Каким образом в работе определяется "красная граница" фотоэффекта? Почему используется метод экстраполяции?
- 149) Обладает ли фотоэффект инерционностью?
- 150) Атом водорода в теории Н. Бора.
- 151) Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера.
- 152) Соотношение неопределенностей.
- 153) Уравнение Шредингера.

12.3. Краткий терминологический словарь (составитель: д.ф.-м.н., профессор Коровин Ю.А.)

Приведен перечень основных терминов, знание которых необходимо для успешного изучения вопросов программы по дисциплине «Физика», (разделы «Механика», «СТО», «Колебания и волны», «Термодинамика и молекулярная физика», «Электромагнетизм», «Оптика», «Атомная физика и элементарные частицы»)

Механика

Абсолютное движение - движение тела относительно условно неподвижной системы отсчета.
Абсолютно твердое тело - система материальных точек, расстояние между которыми не изменяются в данной задаче. Абсолютно твердое тело обладает только поступательными и вращательными степенями свободы.

Вес тела - в физике - сила, с которой тело, находящееся в силовом (гравитационном) поле, действует на горизонтальную опору или растягивает вертикальный подвес. Значит, вес приложен к опоре, к подвесу, но не к телу.

Вращательное движение вокруг оси – движение, при котором траектории всех точек тела являются окружностями с центрами, расположенными на одной прямой (оси вращения), и лежащими в плоскостях, перпендикулярных этой прямой.

Вторая космическая скорость - минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу, находящемуся на поверхности Земли (или иного массивного тела), чтобы оно вышло из сферы гравитационного действия планеты (т. е. удалилось на такое расстояние, при котором притяжение к Земле пренебрежимо мало). У поверхности Земли вторая космическая скорость равна 11.2 км/с. Вторая космическая скорость не зависит от направления, в котором запускается тело.

Второй закон Ньютона - физический закон, в соответствии с которым ускорение, приобретаемое материальной точкой в инерциальной системе отсчета, прямо пропорционально действующей на тело (равнодействующей) силе, обратно пропорционально массе тела, и направлено в сторону действия силы. В такой форме закон применим только для тел, масса которых при движении не меняется. Более общая формулировка второго закона Ньютона гласит: скорость изменения импульса тела прямо пропорциональна действующей силе.

Движение материальной точки по окружности - движение материальной точки, когда траекторией точки является окружность. Это простейший случай криволинейного движения.

Динамика - раздел механики, изучающий влияние взаимодействий между телами на их механическое движение. Динамика отвечает на вопрос: почему движется тело? Это причинная часть механики.

Динамические уравнения движения – это второй закон Ньютона, записанный для данного тела. Эти уравнения можно записать в векторном виде и в проекциях на оси координат. Составление и решение таких уравнений – главная задача динамики.

Закон всемирного тяготения (открыт Ньютоном) гласит: сила взаимодействия двух материальных точек прямо пропорциональна массам этих точек, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и направлена вдоль прямой соединяющей точки. Масса, фигурирующая в этом законе, называется гравитационной.

Законы Ньютона - три закона, лежащие в основе классической механики. Законы Ньютона не доказываются в математическом смысле, а являются обобщением опыта. Впервые эти законы были сформулированы Ньютоном в знаменитом труде «Математические начала натуральной философии» (1687).

Законы сохранения - фундаментальные физические законы, согласно которым в замкнутой (изолированной) системе некоторые физические величины не изменяются с течением времени при всех взаимодействиях, происходящих в этой системе. В механике Ньютона законы сохранения выводятся из законов Ньютона, являются их следствием.

Закон сохранения импульса - закон механики, в соответствии с которым: векторная сумма импульсов тел замкнутой системы остается постоянной при любых взаимодействиях этих тел между собой. Импульс может только перераспределяться между телами системы. В механике этот закон выводится из законов Ньютона. За пределами механики закон сохранения импульса нужно рассматривать как самостоятельный опытный принцип, не

сводящийся к законам Ньютона. Закон сохранения импульса есть следствие однородности пространства.

Закон сохранения и превращения энергии - общий закон природы, один из основных законов естествознания. Согласно этому закону энергия любой замкнутой (изолированной) системы при всех процессах, происходящих в системе, остается постоянной. Энергия может только переходить из одной формы в другую и перераспределяться между частями системы. Для незамкнутой системы увеличение (или уменьшение) ее энергии равно убыли (или возрастанию) энергии взаимодействующих с ней тел и физических полей (см. также Энергия). Закон сохранения энергии связан с однородностью времени.

Закон сохранения массы - закон классической механики, в соответствии с которым при любых процессах, происходящих в системе тел, ее масса остается неизменной. В специальной теории относительности этот закон после открытия взаимосвязи массы и энергии подвергся переосмыслению. Как выяснилось, всякое выделение или поглощение энергии сопровождается изменением массы.

Закон сохранения механической энергии - физический закон, в соответствии с которым: в замкнутой системе, в которой не действуют силы трения и сопротивления, сумма кинетической и потенциальной энергии всех тел системы остается величиной постоянной.

Закон сохранения момента импульса - физический закон, в соответствии с которым момент импульса замкнутой системы относительно любой неподвижной точки не изменяется со временем. Закон сохранения момента импульса есть проявление изотропности пространства.

Инертность - свойство материальных объектов приобретать разные ускорения при одинаковых внешних воздействиях со стороны других тел. Мерой инертности тела в поступательном движении является его масса, а при вращательном движении – момент инерции.

Инерциальная система отсчета - система отсчета, в которой тело находится в покое или движется равномерно и прямолинейно до тех пор, пока на него не действуют другие тела или это действие скомпенсировано. Смысл первого закона Ньютона в утверждении существования таких систем отсчета.

Кинематика - раздел механики, изучающий геометрические свойства движения тел без учета их масс и действующих на них сил. Кинематика исследует способы описания движений и связей между величинами, характеризующими эти движения. Кинематика отвечает на вопрос: как движется тело? (ср. с Динамикой).

Кинематические уравнения движения это зависимость радиус-вектора материальной точки или ее координат от времени. Особенно широко используются кинематические уравнения равнопеременного движения.

Кинетическая энергия – энергия механической системы, зависящая от скоростей ее точек. Если тело массы m движется со скоростью v , то его кинетическая энергия равна $mv^2/2$.

Коэффициент трения – отношение силы трения к силе нормальной реакции (или к силе нормального давления, прижимающей трущиеся поверхности друг к другу). Выражается отвлеченным безразмерным числом (см. также Трение).

Линейная скорость - скорость отдельной точки вращающегося тела, зависящая от угловой скорости и расстояния от точки до оси вращения. Линейная скорость материальной точки численно равна расстоянию, которое точка проходит в единицу времени.

Масса – мера инертных и гравитационных свойств тела (см. Инертность, Закон всемирного тяготения). Масса не зависит от скорости.

Материальной точкой называется тело, размеры и форма которого в данной задаче не существенны. Материальную точку часто называют телом.

Мгновенная скорость - предел средней скорости за бесконечно малый промежуток времени. Мгновенная скорость направлена по касательной в данной точке траектории.

Мгновенная угловая скорость - предел, к которому стремится средняя угловая скорость при бесконечном уменьшении промежутка времени. Мгновенную угловую скорость можно найти, таким образом, как производную от угла поворота по времени.

Механика - основной раздел физики; наука о механическом движении материальных тел и происходящих взаимодействиях между ними. В результате взаимодействия изменяются скорости тел или тела деформируются. Механика подразделяется на статику, кинематику и динамику.

Механика тел переменной массы - раздел механики, изучающий движения тел, масса которых изменяется с течением времени вследствие отделения от тела (или присоединения к нему) материальных частиц. Такие задачи возникают при движении ракет, реактивных самолетов, небесных тел и др. Движение тела переменной массы описывается уравнением Мещерского, которое является обобщением второго закона Ньютона путем введения в это уравнение реактивной силы тяги.

Момент силы относительно точки O определяется как векторное произведение радиус-вектора тела на вектор силы. Момент силы относительно оси вращения (не путать с моментом силы относительно точки!) это – произведение силы на плечо (кратчайшее расстояние от линии действия силы до оси вращения, другими словами, длина перпендикуляра, опущенного из точки O на линию действия силы). Можно показать, что момент силы относительно оси вращения, проходящей через точку O, есть проекция момента силы относительно точки O на эту ось. (Ср. с понятием Момент импульса!)

Неинерциальная система отсчета - система отсчета, в которой не выполняется первый закон Ньютона. Неинерциальная система отсчета движется с ускорением относительно некоторой инерциальной системы отсчета. Важным классом неинерциальных систем являются вращающиеся системы отсчета.

Нормальное ускорение - составляющая ускорения, направленная вдоль нормали к траектории движения в данной точке. Нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению.

Относительное движение - движение точки или тела относительно движущейся системы отсчета.

Парой сил называется система, состоящая из двух сил равных по модулю и противоположных по направлению, линии действия которых в общем случае не совпадают.

Параллелограмм сил - геометрическое построение, выражающее закон сложения сил. Вектор, изображающий силу, равную геометрической сумме двух сил, является диагональю параллелограмма, построенного на этих силах, как на его сторонах.

Первая космическая скорость - минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу, находящемуся в гравитационном поле Земли (или иного массивного тела), чтобы оно стало искусственным спутником планеты, т. е. двигалось по круговой орбите. Вблизи поверхности Земли первая космическая скорость равна 7.91 км/с.

Первый закон Ньютона (открыт Галилеем) - физический закон, в соответствии с которым материальная точка сохраняет состояние покоя или равномерного движения до тех пор, пока внешние воздействия не изменят это состояния.

Перемещением называется вектор, проведенный из начальной в конечную точку траектории В случае прямолинейной траектории модуль вектора перемещения равен пройденному пути.

Переносное движение - движение условно подвижной системы отсчета по отношению к инерциальной системе отсчета, условно принятой за неподвижную.

Потенциальная энергия - часть механической энергии тела, зависящая от взаимного расположения ее частей и от их положений во внешнем силовом поле. Численно потенциальная энергия системы в данном состоянии равна работе, которую произведут действующие на систему силы при переходе системы из этого положения в то, где потенциальная энергия условно принимается равной нулю.

Преобразования Галилея - соотношения, позволяющие переходить (в классической механике) от пространственно-временных координат некоторого события в одной инерциальной системе отсчета к пространственно-временным координатам этого же события в другой инерциальной системе отсчета.

Принцип относительности классической механики - постулат Г.Галилея, согласно которому в любых инерциальных системах отсчета все механические явления протекают одинаково при одних и тех же условиях.

Пространство и время - основные формы существования материи. Это философские категории, в физике они не определяются. Согласно теории относительности геометрические свойства пространства и скорость течения времени зависят от распределения и движения материи.

Равнодействующая сила - сила, действие которой эквивалентно действию на тело нескольких сил. Система сил имеет равнодействующую только в том случае, если для нее существует точка, относительно которой главный момент сил системы равен нулю. Равнодействующая сила равна геометрической сумме всех сил системы и приложена в центре приведения. Пара сил не имеет равнодействующей.

Равномерное вращательное движение - движение, при котором углы поворота материальной точки за любые равные промежутки времени одинаковы.

Равномерное движение - движение, при котором за любые равные промежутки времени материальная точка проходит одинаковые пути.

Равномерное прямолинейное движение – то же самое, что и *Равномерное движение*, если траектория тела – прямая линия.

Равномерное движение материальной точки по окружности - движение материальной точки по окружности, при котором модуль ее скорости не меняется. Меняется только направление скорости. При таком движении материальная точка обладает центростремительным ускорением. Центростремительное ускорение – частный случай нормального ускорения.

Свободное вращение твердого тела - вращение твердого тела, при котором неподвижной точкой является центр тяжести тела.

Сила - мера механического действия на материальную точку или тело других тел или полей. Сила вызывает изменение скорости тела или его деформацию. В механике различают силы, возникающие при непосредственном контакте тел или на расстоянии посредством создаваемых телами полей. Можно показать, что на микроскопическом уровне все силы (например, сила упругости) обусловлены полями. Сила - векторная величина, поэтому в каждый момент времени она характеризуется числовым значением, направлением и точкой приложения. В механике природа сил не рассматривается. Единица силы в СИ – 1 Ньютон.

Если в каждой точке пространства на тело действует сила, то говорят, что в пространстве существует силовое поле. Если работа сил поля не зависит от формы траектории, то поле называется потенциальным, а сила консервативной. Примеры потенциальных полей: гравитационное поле, электростатическое (кулоновское) поле, поле упругих сил.

Силы инерции – фиктивные силы, которые вводятся в неинерциальных системах отсчета, чтобы второй закон Ньютона можно было распространить на неинерциальные системы отсчета. Например, во вращающихся системах отсчета появляются центробежная сила и сила Кориолиса.

Система отсчета – тело отсчета, система координат, связанная с телом отсчета, и часы (прибор для измерения времени движения с указанием на начало его отсчета). Система отсчета используется для определения положения в пространстве физических объектов в различные моменты времени. Различают инерциальные и неинерциальные системы отсчета.

Скорость тела – кинематическая характеристика материальной точки. Это векторная величина, определяемая как предел отношения перемещения точки к промежутку времени, за который это перемещение произошло, когда этот промежуток времени стремится к нулю. Скорость можно найти, таким образом, взяв производную от радиус-вектора по времени. Вектор скорости всегда направлен по касательной к траектории тела. В СИ единицей скорости является метр-в-секунду (м/с). Одно и то же тело может одновременно двигаться и находиться в покое в разных системах отсчета. Если рассматривается конечный промежуток времени Δt , то скорость называется средней.

Среднее угловое ускорение – физическая величина, численно равная отношению приращения угловой скорости к промежутку времени, за который это приращение произошло.

Средняя угловая скорость – отношение угла поворота радиуса любой точки вращающегося тела к промежутку времени, за который совершился этот поворот. См. также Вращательное движение вокруг оси.

Статика – раздел механики, изучающий условия равновесия материальных точек или их системы, находящихся под действием сил.

Тангенциальное ускорение – составляющая ускорения, направленная вдоль касательной к траектории движения в данной точке. Тангенциальное ускорение характеризует изменение скорости по модулю.

Тело отсчета – тело, относительно которого рассматривается движение всех остальных тел.

Теорема о кинетической энергии формулируется так. Сумма работы всех сил (консервативных и неконсервативных), приложенных к телу, равна приращению его кинетической энергии. С помощью этой теоремы можно обобщить закон сохранения механической энергии на случай незамкнутой (неизолированной) системы: приращению полной механической энергии системы равно работе сторонних сил над системой.

Теорема Штейнера – соотношение для расчета момента инерции тела относительно произвольной оси, если известен момент инерции I_0 относительно оси, проходящей через центр масс тела. Момент инерции тела относительно оси, параллельной оси, проходящей через центр масс тела и отстоящей от нее на расстоянии l , определяется по формуле $I_0 + ml^2$, где m – масса тела.

Траекторией называется воображаемая линия, описываемая телом при движении. В зависимости от формы траектории движения бывают криволинейные и прямолинейные. Примеры криволинейного движения: движение тела, брошенного под углом к горизонту (траектория – парабола), движение материальной точки по окружности.

Трение – явление сопротивления тел относительному перемещению. Возникает между двумя телами в плоскости соприкосновения их поверхностей и сопровождается диссипацией (рассеиванием) энергии. Механическая энергия системы, в которой есть трение, может только уменьшаться. Наука, изучающая трение, называется трибологией. Опытным путем установлено, что максимальная сила трения покоя и сила трения скольжения не зависят от площади соприкосновения тел и пропорциональна силе нормального давления, прижимающей поверхности друг к другу. Коэффициент пропорциональности при этом называется коэффициентом трения (покоя или скольжения).

Третий закон Ньютона - физический закон, в соответствии с которым силы взаимодействия двух материальных точек равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки. Как и прочие законы Ньютона, третий закон справедлив только для инерциальных систем отсчета. Краткая формулировка третьего закона: действие равно противодействию.

Третья космическая скорость - минимальная скорость, необходимая для того, чтобы космический аппарат, запущенный с Земли, преодолел притяжение Солнца и покинул Солнечную систему. Если бы Земля в момент запуска была неподвижна и не притягивала тело к себе, то третья космическая скорость была бы равна 42 км/с. С учетом скорости орбитального движения Земли (30 км/с) третья космическая скорость равна $42-30 = 12$ км/с (при запуске в направлении орбитального движения) или $42+30 = 72$ км/с (при запуске в противоположном направлении). Если учесть еще и силу притяжения к Земле, то для третьей космической скорости получим значения от 17 до 73 км/с.

Ускорение - векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости. При произвольном движении ускорение определяется как отношение приращения скорости к соответствующему промежутку времени. Если устремить этот промежуток времени к нулю, получим мгновенное ускорение. Значит, ускорение есть производная от скорости по времени. Если рассматривается конечный промежуток времени Δt , то ускорение называется средним. При криволинейном движении полное ускорение складывается из тангенциального (касательного) и нормального ускорения.

Угловая скорость - векторная величина, характеризующая вращательное движение твердого тела и направленная по оси вращения согласно правилу правого винта. Средняя угловая скорость численно равна отношению угла поворота к соответствующему промежутку времени. Взяв производную от угла поворота по времени, получим мгновенную угловую скорость. Единицей угловой скорости в СИ является рад/с.

Ускорение свободно падающего тела - ускорение, с которым движется тело под действием силы тяготения. Ускорение свободного падения одинаково для всех тел, независимо от их массы. На Земле ускорение свободно падающего тела зависит от высоты над уровнем моря и от географической широты и направления к центру Земли. На широте 45° и на уровне моря ускорение свободно падающего тела $g = 9.80665$ м/с². В учебных задачах обычно полагают $g = 9,81$ м/с².

Физический закон - необходимая, существенная и устойчиво повторяющаяся связь между явлениями, процессами и состояниями тел. Познавание физических законов составляет основную задачу физической науки.

Центральная сила - это сила, линия действия которой проходит через одну точку (силовой центр), и зависящая только от расстояния до этой точки. Примеры центральных сил: гравитационная сила, кулоновская сила, сила упругости. Работа центральной силы не зависит от формы траектории. Поэтому поле центральных сил потенциально (см. также Силовое поле).

Центр инерции - то же самое, что и центр масс.

Центростремительная сила - сила, которая меняет направление скорости и сообщает материальной точке центростремительное ускорение. Роль центростремительной силы могут играть сила упругости, гравитационная сила, кулоновская сила, магнитная сила Лоренца и др. Центростремительная сила, как и прочие силы, приложена к движущейся материальной точке и направлена к центру вращения.

Энергия - скалярная физическая величина, являющаяся общей мерой различных форм движения материи и мерой перехода движения материи из одних форм в другие. Основные виды энергии: механическая, внутренняя, электромагнитная, химическая, гравитационная, ядерная. Одни виды энергии могут превращаться в другие в строго определенных количествах (см. также Закон сохранения и превращения энергии).

Центр масс - точка тела (или системы тел), которая движется так, как если бы в ней была сосредоточена вся масса тела (системы) и если бы к ней были приложены все внешние силы, действующие на систему. Другое название этой точки - *центр инерции*. Система отсчета,

связанная с центром масс, называется Ц-системой или системой центра масс. В такой системе удобно решать задачи, если нас не интересует движение системы в целом, а только относительное движение ее частиц.

ОТО представляет собой классическую (неквантовую) релятивистскую теорию гравитации. В основе ОТО лежит принцип эквивалентности, согласно которому неинерциальная система отсчета эквивалентна инерциальной при наличии в ней некоторого гравитационного поля. Таким образом утверждается эквивалентность инерции и гравитации.

Преобразования Лоренца - соотношения, позволяющие переходить (в теории относительности) от пространственно-временных координат некоторого события в одной инерциальной системе отсчета к пространственно-временным координатам этого же события в другой инерциальной системе отсчета. При скоростях значительно меньших скорости света в вакууме преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея.

Принцип относительности релятивистской механики – постулат впервые сформулированный А.Пуанкаре (1902), согласно которому в любых инерциальных системах отсчета все физические явления протекают одинаково. В такой формулировке принцип относительности является обобщением *принципа относительности Галилея* на все физические явления (механические, электромагнитные, оптические и т. д.).

Пространство и время - основные формы существования материи. Это философские категории, в физике они не определяются. Согласно *теории относительности* геометрические свойства пространства и скорость течения времени зависят от распределения и движения материи.

Релятивистская механика - раздел теоретической физики, рассматривающий классические законы механического движения тел при скоростях, сравнимых со скоростью света в вакууме. Релятивистская механика основана на *специальной теории относительности*

Пространство и время - основные формы существования материи. Это философские категории, в физике они не определяются. Согласно теории относительности геометрические свойства пространства и скорость течения времени зависят от распределения и движения материи.

Специальная теория относительности (СТО) - разработанная Г.Лоренцом, А.Пуанкаре и А.Эйнштейном физическая теория пространства и времени, основанная на двух постулатах. Постулаты СТО:

- принцип относительности;
 - существует предельная скорость передачи взаимодействий, одинаковая во всех инерциальных системах отсчета. В качестве такой скорости в СТО принимается скорость света в вакууме.
- Эффекты СТО** начинают сказываться при скоростях, приближающихся к скорости света. При $(v/c) \rightarrow 0$ законы СТО, согласно принципу соответствия, переходят в законы классической механики Ньютона.

Колебания

Автоколебания – это незатухающие колебания под действием постоянной силы.

Незатухающие колебания в автоколебательной системе поддерживаются за счет источника энергии, подключаемого в нужные моменты времени к колебательной системе (маятнику, колебательному контуру и пр.) через клапан, регулирующий поступление энергии в эту систему. Роль клапана может играть, анкерный механизм в часах, радиолампа, транзистор и пр. Биениями называется результат сложения двух колебаний близких по частоте ($\omega_1 \approx \omega_2$), имеющих одинаковую амплитуду и происходящих в одном направлении. Биения имеют вид синусоиды с медленно меняющейся амплитудой. Вынужденными колебаниями называются незатухающие колебания под действием периодически меняющейся вынуждающей силы. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний зависят от частоты вынуждающей силы (см. также Резонанс).

Колебания, амплитуда которых с течением времени уменьшается. Причина затухания обуславливается силами, тормозящими движение.

Колебания – это периодически повторяющиеся движения. Колебания, описываемые законом синуса $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ или косинуса $x = A \cos(\omega t + \varphi)$, называются гармоническими. Величина, стоящая под знаком гармонической функции $(\omega t + \varphi)$, называется фазой; ω называется круговой (или циклической) частотой; φ – начальной фазой. Колебания разной природы описываются математически совершенно одинаково.

Коэффициентом затухания называется величина, характеризующая скорость убывания амплитуды затухающих колебаний. Амплитуда определяется экспоненциальным множителем

$e^{-\alpha t}$. Чем больше α , тем быстрее затухают колебания.

Логарифмическим декрементом колебания называется натуральный логарифм двух последовательных амплитуд затухающего колебания.

Математический маятник - механическая колебательная система, состоящая из материальной точки, подвешенной на тонкой, невесомой и нерастяжимой нити или на невесомом стержне в поле сил тяжести. Период малых колебаний математического маятника не зависит от амплитуды и определяется по формуле: $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.

Механические колебания - обладающие периодичностью отклонения тела от положения равновесия. Возбуждение незатухающих механических колебаний происходит путем воздействия на колебательную систему постоянной или переменной силы.

Резонансом называется явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты вынуждающей силы и частоты собственных колебаний колебательной системы.

Фигуры Лиссажу – результат сложения двух перпендикулярных колебаний, частоты которых относятся как целые числа. Фигуры можно получить на экране осциллографа. Простейшей фигурой Лиссажу является окружность, которая получается при сложении двух перпендикулярных колебаний одинаковой частоты и амплитуды, сдвинутых по фазе на $\pi/2$.

Физический маятник - абсолютно твердое тело, имеющее ось вращения. В поле тяготения физический маятник может совершать колебания около положения равновесия, при этом массу системы нельзя считать сосредоточенной в одной точке. Период колебаний физического маятника зависит от момента инерции тела и от расстояния от оси вращения до центра масс.

Термодинамика и молекулярная физика

Адиабатическим называется процесс, происходящий в условиях теплоизоляции (без теплообмена со средой).

Барометрическая формула Лапласа дает зависимость давления от высоты: $p = p_0 \exp(-\mu gh/RT)$, где μ – молярная масса газа, h – высота, T – температура, p_0 – давление у поверхности Земли, $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. Таким образом, давление экспоненциально убывает с высотой. Формула выведена при условии постоянства температуры и однородности поля тяготения. Поэтому для реальной атмосферы выполняется лишь приближенно и при небольшом изменении высоты.

Вакуумом называется состояние разрежения, когда соударения молекул друг с другом немногочисленны по сравнению с соударениями со стенками сосуда. Степень разрежения зависит от соотношения среднего свободного пробега и линейных размеров сосуда.

Вакуумные насосы применяются для создания вакуума. Различают насосы предварительного вакуума (для создания давления порядка 10^{-3} мм рт. ст.) и насосы высокого вакуума (для создания давления порядка 10^{-7} мм рт. ст. и ниже).

Вечным двигателем второго рода называется устройство, превращающее в полезную работу все количество теплоты, полученное от нагревателя (без передачи некоторого количества теплоты холодильнику). Утверждение о невозможности вечного двигателя второго рода – одна

из возможных формулировок *второго начала термодинамики*.

Вечным двигателем первого рода называется устройство, создающее энергию из ничего. Невозможность такого двигателя вытекает из *первого начала термодинамики* (закона сохранения энергии).

Внутренним трением называется возникновение силы трения между слоями жидкости или газа, движущимися с разными скоростями. Причиной внутреннего трения является хаотическое тепловое движение. См. также *Явления переноса*.

Внутренней энергией (U) называется общий запас энергии *системы* за вычетом кинетической энергии системы как целого и потенциальной энергии системы как целого во внешнем потенциальном поле. Внутренняя энергия *идеального газа* равна суммарной кинетической энергии молекул.

Существует свыше 20 формулировок второго начала термодинамики. Первая формулировка: теплота может самопроизвольно передаваться только от более нагретых тел к менее нагретым. Еще одна формулировка: в замкнутой (изолированной) системе при неравновесном *теплообмене энтропия* системы возрастает, достигая максимума при достижении системой равновесия. Второе начало указывает, таким образом, на направление процессов.

Фазы (агрегатные состояния) вещества находятся в динамическом равновесии, если количество молекул, переходящих из первой фазы во вторую в единицу времени, равно числу молекул, переходящих за то же время из второй фазы в первую. Равновесие может быть на границе «жидкость-пар», «твердое тело-жидкость» и «твердое тело-пар». Давление, соответствующее равновесию, зависит от температуры. См. также *Тройная точка*.

Диффузией называется процесс выравнивания концентраций соприкасающихся слоев жидкости или газа вследствие хаотического (теплового) движения молекул. Диффузия приводит к тому, что примеси в жидкости или газе распространяются от места их введения. См. также *Явления переноса*.

Закон Бойля-Мариотта утверждает, что для данной массы газа, при постоянной температуре, произведение давления на объем есть величина постоянная: $pV = \text{const}$.

Закон Гей-Люссака утверждает, что для данной массы газа, при постоянном давлении, объем газа прямо пропорционален абсолютной температуре: $(V_1/V_2) = (T_1/T_2)$.

Закон Гука выражает линейную зависимость между напряжениями и малыми деформациями в упругой среде. Английский ученый Р.Гук обнаружил (1660), что при растяжении стержня длиной l и площадью поперечного сечения S удлинение стержня Δl пропорционально растягивающей силе F . Еще одна форма записи закона Гука: $\sigma = E\varepsilon$, где $\sigma = F/S$ – нормальное напряжение в поперечном сечении, $\varepsilon = \Delta l/l$ – относительное удлинение стержня. Коэффициент пропорциональности E называется модулем Юнга.

Закон Дальтона гласит: давление смеси химически не взаимодействующих газов равно сумме *парциальных давлений* отдельных компонентов.

Закон Дюлонга и Пти утверждает, что атомная теплоемкость химически простого кристаллического твердого тела одинакова для всех таких тел, не зависит от температуры и равна $c_a = 3R$, где $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. При низких температурах закон перестает выполняться, а при $T \rightarrow 0$ $c_a \rightarrow 0$. Объяснить указанное затруднение удалось квантовой теории теплоемкости (Эйнштейн, 1907; Дебай, 1914).

Закон Шарля утверждает, что для данной массы газа, при постоянном объеме, давление газа прямо пропорционально абсолютной температуре: $(p_1/p_2) = (T_1/T_2)$.

Идеальной называется тепловая машина, работающая по *циклу Карно*.

Идеальной холодильной машиной называется холодильная машина, работающая по обратному *циклу Карно*.

Идеальным газом называют систему, свойства которой описываются уравнением Клапейрона-Менделеева $pV = (m/\mu)RT$, где p – давление, V – объем, T – температура, m – масса, μ – масса одного киломоля, $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. С точки зрения молекулярно-кинетической теории идеальный газ – это газ, молекулы которого имеют нулевой собственный объем и не взаимодействуют на расстоянии. Реальный газ при условиях, близких к

нормальным, можно приближенно считать идеальным.

Изобарическим называется процесс, происходящий при постоянном давлении ($p = \text{const}$).

Испарение это процесс *парообразования*, происходящий при любой температуре с поверхности жидкости.

Изотермическим называется процесс, происходящий при постоянной температуре ($T = \text{const}$).

Конвекцией называется процесс перемешивания слоев жидкости или газа, имеющих разную *температуру* и находящихся в поле тяготения. Причиной конвекции является зависимость плотности жидкости или газа от температуры. Конвекция – один из способов *теплообмена*.

Краевым углом называется угол θ между касательной к поверхности жидкости в точке соприкосновения с твердым телом и поверхностью твердого тела. В случае смачивания краевой угол острый, в случае несмачивания – тупой.

Критическая температура – *температура*, выше которой газ невозможно сжатием превратить в жидкость. При температуре ниже критической изотерма сжатия в координатах (p, V) имеет горизонтальный участок – линию плавления.

Изохорическим называется процесс, происходящий при постоянном объеме ($V = \text{const}$).

Капилляры – тонкие трубки диаметром 0,01 – 0,1 мм. При опускании их в смачивающую жидкость уровень жидкости в капилляре оказывается выше уровня жидкости в сосуде, а при опускании в несмачивающую жидкость – ниже. Высота подъема жидкости в капилляре определяется по формуле Жюрена: $h = 4 \cos \theta \cdot \alpha / d \rho g$, где θ – краевой угол, α – *коэффициент поверхностного натяжения*, d – диаметр капилляра, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения.

Кипением называется процесс парообразования, происходящий не только со свободной поверхности жидкости, но и во всем объеме, внутри образующихся пузырьков пара. Пузырьки пара увеличиваются в размерах и всплывают на поверхность и лопаются, создавая характерную картину кипения. Температура кипения соответствует равенству давления насыщенного пара жидкости внешнему давлению.

Количество теплоты – это энергия, полученная (или отданная) системой при *теплообмене*. По аналогии с выражением для элементарной работы $\delta A = p dV$ можно записать для элементарного количества теплоты: $\delta Q = T dS$. *Температура* здесь играет роль термической «силы», а *энтропия* – термической «координаты».

Каждому *взаимодействию* отвечает некоторая физическая величина, характеризующая систему и называемая координатой состояния. Для термомеханической системы это объем V и *энтропия* S . Число координат состояния определяет число степеней свободы. Так, термомеханическая система имеет две степени свободы.

Коэффициент поверхностного натяжения α определяется как отношение силы поверхностного натяжения, действующей на контур, ограничивающий свободную поверхность жидкости, к длине этого контура.

Кристалл – твердое тело, частицы которого расположены упорядоченно. Главным отличием кристаллов от аморфных твердых тел является анизотропия физических свойств (зависимость свойств от направления). См. также *Кристаллическая решетка*.

Кристаллическая решетка - изображение положения центров атомов или молекул в кристалле. **Элементарная ячейка** – наименьшая часть решетки, отображающая структуру кристалла. Повторение элементарной ячейки путем параллельного переноса можно получить решетку в целом.

Критической называется температура, выше которой газ нельзя превратить в жидкость увеличением давления. Критическая температура у разных веществ может быть довольно высокой и очень низкой. Например, у водяного пара она равна 647 К, а у молекулярного водорода 33 К, а у гелия 5,2 К. См. также *Пар*.

Макросостояние – состояние термодинамической *системы*, задаваемое набором макроскопических параметров (давление, объем, температура и пр.), характеризующих систему в целом. Одно макросостояние может быть реализовано большим (даже очень большим) числом *микросостояний*. См. также *Термодинамическая вероятность*.

Микросостояние – состояние термодинамической системы, задаваемое набором величин, характеризующих каждую микрочастицу (координата, импульс, энергия и т. д.).

МКТ – теория тепловых явлений, основанная на представлении о мельчайших частицах вещества – атомах и молекулах. Современное название МКТ – статистическая физика. См. также *Основные положения молекулярно-кинетической теории*.

Насыщенным называется пар, находящийся в *динамическом равновесии* с жидкостью.

Наивероятнейшей называется скорость v_v , соответствующая максимуму функции распределения Максвелла. См. также *Распределение Максвелла*.

Наивероятнейшая скорость пропорциональна корню квадратному из абсолютной температуры.

Неравенство Клаузиуса есть математическая запись *второго начала термодинамики* для необратимых процессов в неизолированной системе: если система совершает *цикл (круговой процесс)*, то изменение ее *энтропии* равно нулю. Алгебраическая сумма приведенных *количеств теплоты*, сообщенных при этом системе, равно нулю в *обратимом процессе* и меньше нуля в необратимом процессе. Приведенное количество теплоты – это количество теплоты, полученное системой от нагревателя (или отданное холодильнику), отнесенное к соответствующей температуре.

Нормальными называются условия, когда система (например, газ) находится при давлении $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па (760 мм рт. ст.) и температуре $T = 273$ К (0°C).

Обратимым называется процесс, который можно провести в прямом и обратном направлении через одни и те же промежуточные состояния без изменения в окружающих телах. Обратимыми являются *равновесные процессы*.

Опытные газовые законы – это *законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и Шарля*.

Основные положения МКТ:

- все тела состоят из мельчайших частиц, атомов и молекул;
- частицы эти находятся в состоянии непрерывного хаотического движения, называемого тепловым;
- между частицами имеются силы притяжения и отталкивания;
- движение каждой частицы подчиняется законам классической механики.

Пар – это газ при температуре ниже критической. Пар можно превратить в жидкость простым сжатием. Всякий пар – это газ, но не всякий газ есть пар. См. также *Критическая температура*.

Координаты и потенциалы называются параметрами состояния. Например, для термомеханической системы параметрами состояния будут: объем (V), *энтропия* (S), давление ($-p$) и *температура* (T).

Парциальным давлением газа называется давление, которое было бы, если бы этот газ занимал объем, занимаемый смесью газов. См. также *Закон Дальтона*.

Первое начало термодинамики – закон сохранения энергии, записанный в чрезвычайно общей форме, включающий изменение энергии за счет *теплообмена*. В стандартных обозначениях: $\Delta Q = \Delta U + A$ – количество теплоты, сообщаемое системе (ΔQ), идет на повышение внутренней энергии системы (ΔU) и на совершение работы (A). Закон сохранения механической энергии – частный случай первого начала термодинамики.

Политропическим называется процесс, описываемый уравнением $pV^n = \text{const}$, где n – некоторое действительное число (показатель политропы). *Изотермический* ($n = 1$), *изобарический* ($n = 0$), *изохорический* ($n = \infty$) и *адиабатический* ($n = \gamma$, $\gamma = c_p/c_v$) процессы – частные случаи политропического процесса.

Для любого *взаимодействия* существует величина, **называемая потенциалом**. Условием возникновения взаимодействия является разность потенциалов *системы и среды*. Для механического взаимодействия потенциалом является давление, для теплообмена – температура. Давление, рассматриваемое как термодинамический потенциал, берется со знаком минус.

Принцип равномерного распределения энергии по степеням свободы сформулирован Максвеллом: если система находится в состоянии равновесия при температуре T , то энергия распределяется по степеням свободы равномерно и на каждую степень свободы приходится энергия $(1/2)kT$, где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Работой называется макрофизический способ изменения *внутренней энергии системы*, сопровождающийся макроскопическим движением. Ср.: *Теплообмен*. Энергия, которую система

получает (или отдает) при этом процессе, называется так же работой (А).

Равновесные распределения – формулы, показывающие, как распределяются молекулы по энергиям и скоростям. См. *Распределение Больцмана* и *Распределение Максвелла*.

Равновесным называется процесс, протекающий бесконечно медленно и представляющий собой последовательность равновесных состояний. Равновесный процесс протекает при наличии бесконечно малой разности *потенциалов системы и среды*. Равновесные процессы изучает раздел *термодинамики – термостатика*. Реальный процесс можно считать равновесным, если он протекает достаточно медленно.

Распределение Больцмана – *равновесное распределение* молекул в потенциальном поле: $n = n_0 \exp(-\Delta E/kT)$, где n_0 – концентрация молекул там, где потенциальная энергия принимается равной нулю; n – концентрация там, где потенциальная энергия равна ΔE ; T – температура; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана. При $T \rightarrow \infty$ $n = n_0$, т. е. концентрации выравниваются с повышением температуры.

Распределение Максвелла – *равновесное распределение* молекул по скоростям: $f(u) = (\Delta n/n\Delta u) = (4/\sqrt{\pi})u^2 e^{-u^2}$, где Δn – число молекул, скорости которых лежат в интервале от u до $(u + \Delta u)$; n – общее число молекул; $u = v/v_v$ – относительная скорость, т. е. отношение скорости молекулы v к наивероятнейшей скорости v_v . Отношение $\Delta n/n$ можно интерпретировать как априорную вероятность того, что у наугад взятой молекулы скорость окажется в интервале от u до $(u + \Delta u)$.

Свободный пробег есть расстояние, которое проходит молекула между двумя соударениями. В *молекулярно-кинетической теории* вводится понятие среднего свободного пробега.

Термодинамическая система – это часть Вселенной, выделенная для исследования. Средой может быть и газ в сосуде и скопление галактик. Среда – все остальное (то, что не вошло в систему).

Степени свободы – независимые координаты, определяющие положение тела (молекулы) в пространстве.

Температура – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической *системы*. С точки зрения *термодинамики* температура есть мера отклонения данного тела от состояния термодинамического равновесия с другим телом. Общее определение: температура есть производная от *внутренней энергии* системы по *энтропии*. Для *идеального газа* температура есть мера средней кинетической энергии молекулы.

Творцы **второго начала термодинамики** Томсон и Клаузиус распространили второе начало на всю Вселенную, рассматривая ее как замкнутую *систему*. Ход их рассуждений был таков. Все виды энергии могут без ограничений переходить во внутреннюю энергию (в энергию хаотического движения частиц, как часто говорят, в теплоту). Теплота самопроизвольно самопроизвольно передается от более нагретых к менее нагретым телам. Образно говоря, все виды энергии стекают в тепловой океан. В конце концов наступает равновесие при температуре, близкой к абсолютному нулю. Наступает тепловая смерть Вселенной. Критика этой теории основана на двух положениях. Во-первых, Вселенную нельзя считать замкнутой системой, так как понятие система предполагает наличие *среды*. Во-вторых, во Вселенной существуют процессы концентрации энергии, механизма которых мы не знаем. См. также **Второе начало термодинамики**.

Тепловое расширение твердых тел (увеличение размеров при нагревании) объясняется асимметрией потенциальной кривой зависимости потенциальной энергии от расстояния между атомами.

Тепловыми машинами называются устройства для преобразования *внутренней энергии* в механическую работу. Любая тепловая машина состоит из нагревателя, холодильника и рабочего тела. К тепловым машинам относятся паровые машины, паровые и газовые турбины, двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели и т. д.

Теплоемкостью тела (системы) называется *количество теплоты*, необходимое для нагревания тела (*системы*) на один кельвин. Если расчет ведется на один килограмм, теплоемкость называется удельной, если на один (кило)моль – (кило)молярной.

Теплопроводностью называется процесс выравнивания температур при соприкосновении тел (твердых, жидких или газообразных), имеющих разную температуру. Теплопроводность

объясняется переходом энергии от более нагретых к менее нагретым областям при отсутствии (если это газ или жидкость) перемешивания или *конвекции*. См. также *Явления переноса*.

Теплообменом (или теплопередачей) называется микрофизический способ изменения *внутренней энергии системы*, не связанный с макроскопическим движением. См. также *Количество теплоты*.

Термодинамика – наука о самых разнообразных процессах и сопровождающих их энергетических превращениях. Термодинамика относится к области макрофизики, она отвлекается от подразумеваемого молекулярного строения вещества и учитывает лишь поведение *системы* в целом. Делится на *термостатику* и собственно термодинамику.

Термодинамическая вероятность W – число *микросостояний*, с помощью которых реализуется данное *макросостояние*.

Термодинамическим процессом называется изменение *координат состояния* системы при наличии разности *потенциалов системы и среды*. См. также *Равновесный процесс*.

Термодинамическим равновесием называется состояние, при котором макроскопические *параметры состояния* всюду постоянны и не изменяются с течением времени.

Третье начало термодинамики утверждает, что *энтропия* системы при абсолютном нуле температуры равна нулю (теорема Нернста, 1906).

Деформация называется упругой, если при снятии деформирующей силы размеры и форма тела восстанавливаются. См. также *Закон Гука*.

Тройной точкой называется точка на диаграмме (p, T), в которой пересекаются кривые фазового равновесия. Если вещество находится при давлении и температуре, соответствующих тройной точке, то все три фазы (твердая, жидкая и газообразная) находятся в *динамическом равновесии*. Например, для воды: $p_{тр} = 610 \text{ Па}$, $T_{тр} = 273,16 \text{ К}$.

Уравнение Ван-дер-Ваальса это *уравнение состояния* реального газа, в котором учитывается собственный объем молекул и силы притяжения между ними: $[p + (a/V_{\mu}^2)](V_{\mu} - b) = RT$, где a и b – поправки на силы притяжения и на собственный объем молекул. См. также *Уравнение Клапейрона-Менделеева*.

Уравнение Клапейрона-Клаузиуса описывает фазовые переходы 1-го рода: $(dp/dT) = \lambda/T(V_2 - V_1)$. Здесь V_1 и V_2 – удельные объемы низко- и высокотемпературной фазы, соответственно; λ – удельная теплота перехода. В левой части уравнения стоит производная от давления по температуре.

Уравнение Клапейрона-Менделеева – уравнение состояния *идеального газа*: $pV = (m/\mu)RT$, где p – давление, V – объем, T – температура, m – масса, μ – масса одного киломоля, $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ Дж/кмоль} \cdot \text{К}$ – универсальная газовая постоянная.

Уравнение Майера связывает молярные теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме: $c_{\mu p} - c_{\mu v} = R$, где $R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ Дж/кмоль} \cdot \text{К}$ – универсальная газовая постоянная.

Уравнение МКТ для давления имеет вид: $p = (1/3)m_0 n_0 v_{\text{кв}}^2$. Здесь m_0 – масса одной молекулы, n_0 – концентрация молекул, $v_{\text{кв}}$ – средняя квадратичная скорость.

Уравнение МКТ для энергии имеет вид: $E_{\text{ср}} = (i/2)kT$. Здесь $E_{\text{ср}}$ – средняя кинетическая энергия одной молекулы, T – температура, i – число степеней свободы, $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$ – постоянная Больцмана.

Уравнением состояния называется уравнение, связывающее *параметры состояния*. Для *идеального газа* уравнением состояния является *уравнение Клапейрона-Менделеева*.

Уравнения Пуассона связывают попарно давление, объем и температуру при *адиабатическом процессе*: $TV^{\gamma-1} = \text{const}$, $pV^{\gamma} = \text{const}$, $T^{\gamma}/p^{\gamma-1} = \text{const}$. Здесь $\gamma = c_p/c_v$ – отношение газовых теплоемкостей.

Фазовым переходом первого рода называется превращение, сопровождающееся выделением или поглощением энергии (скрытой теплоты перехода) и изменением удельного объема. К таким переходам, в частности, относятся: плавление и кристаллизация, испарение и конденсация, сублимация (испарение твердых тел) и конденсация.

Фазовым переходом второго рода называется превращение, происходящее без поглощения или выделения теплоты и изменения удельного объема. Примеры фазовых переходов второго рода: переход ферромагнетика в парамагнитное состояние при температуре Кюри, переход

металла в сверхпроводящее состояние и пр.

Формула Больцмана-Планка связывает *энтропию* S и *термодинамическую вероятность* W : $S = k \ln W$.

Функцией состояния называется величина, однозначно определяемая набором *координат состояния* системы. Примеры функций состояния: *внутренняя энергия*, *энтропия* и пр. В принципе любой *параметр состояния* может рассматриваться как функция состояния.

Холодильные машины – устройства, отнимающие теплоту от тела с более низкой температурой и передача теплоты телу с более высокой температурой за счет совершения работы. Принцип действия основан на испарении летучих жидкостей (аммиак, фреон) при пониженном давлении. Широко применяются в производстве, науке и технике (пищевая, химическая и металлообрабатывающая промышленность, строительная техника и пр.).

Циклом Карно называется *цикл*, состоящий из двух изотерм и двух адиабат.

КПД цикла Карно зависит только от температур нагревателя (T_1) и холодильника (T_2): $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$. Этот коэффициент максимальный из всех циклов, осуществляемых с данным нагревателем и холодильником и не зависит от природы рабочего тела.

Циклическим или круговым процессом называется последовательность превращений, в результате которой система возвращается в исходное состояние. Циклы могут быть равновесными и неравновесными. На диаграмме *равновесные* круговые *процессы* изображаются замкнутыми кривыми. На диаграмме (p, V) прямой цикл осуществляется по часовой стрелке, обратный – против часовой стрелки.

Энтропией называется *функция состояния* системы, дифференциал которой равен отношению элементарного *количества теплоты*, полученного системой в элементарном *обратимом процессе*, к *температуре*. При неравновесном теплообмене в изолированной системе энтропия системы возрастает. См. также *Второе начало термодинамики*.

Эффектом Джоуля-Томсона называется изменение температуры реального газа при адиабатическом расширении. Если газ при этом охлаждается, эффект называется положительным, если нагревается – отрицательным. При нормальных условиях большинство газов обнаруживают положительный эффект (исключения – водород и гелий). Применяется для получения жидких газов.

К явлениям переноса относится группа явлений, имеющих сходный механизм: ***внутреннее трение (вязкость), теплопроводность, диффузия.***

Переносится за счет хаотического теплового движения, соответственно, импульс, кинетическая энергия, масса.

Электромагнетизм

Вектором Умова-Пойнтинга называется вектор P плотности потока электромагнитной энергии, переносимой электромагнитной волной. Модуль этого вектора равен энергии, переносимой волной в одну секунду через площадку 1 м^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. Направлен вектор P в сторону распространения волны.

Вихревые электрические токи - индукционные токи, возникающие в сплошных проводниках, находящихся в переменном магнитном поле. Иногда с ними борются для уменьшения потерь (например, сердечники трансформаторов набирают из отдельных пластин), а иногда используют в металлургии и машиностроении (индукционные печи для плавки металлов, закалки стали, сварки и пр.). **Гальванический элемент** - источник электрического тока, который при разряде выделяет электрическую энергию за счет протекания электрохимических реакций. Принцип действия гальванического элемента основан на явлении взаимодействия металла с электролитом, приводящем к возникновению в замкнутой цепи электрического тока. ЭДС гальванического элемента зависит от материала электродов и состава электролита.

Диамagnetизм называется свойство веществ (диамagnetиков) намагничиваться навстречу силовым линиям действующего на него внешнего магнитного поля. С точки зрения электронной теории диамagnetизм объясняется законом электромагнитной индукции и правилом Ленца. Диамagnetики – слабомагнитные вещества. Диамagnetизм – универсальное свойство всех веществ, однако в ряде случаев оно перекрывается более сильным пара- и ферромагнетизмом.

Диэлектрик - вещество, обладающее низкой удельной электрической проводимостью. Идеальный диэлектрик вообще не проводит ток, его проводимость равна нулю. К диэлектрикам относятся пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, электреты и др.

Поляризация P (электрический дипольный момент единицы объема) прямо пропорциональна напряженности электрического поля E : $P = \kappa \epsilon_0 E$. Коэффициент пропорциональности κ и есть диэлектрическая восприимчивость. Здесь ϵ_0 – электрическая постоянная.

Диэлектрическая проницаемость ϵ показывает, во сколько раз напряженность электростатического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме. Для характеристики поля в диэлектрике вводят вспомогательную величину – электрическое смещение: $D = \epsilon_0 \epsilon E$.

Доменами называют области спонтанной (самопроизвольной) намагниченности в ферромагнетике. Размеры доменов порядка 1 мкм. См. также Ферромагнетизм.

Дугой называется разряд в газе, происходящий при атмосферном давлении и сопровождающийся очень высокой температурой. При этом напряжение на электродах составляет 30-40 В, а ток – десятки или сотни ампер. Одно из важнейших применений дуги – дуговая сварка и резка металлов.

Закон Ампера устанавливает связь силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, с силой тока и индукцией магнитного поля: $dF = IBdl \sin \alpha$, где I – сила тока, B – индукция магнитного поля, dl – длина элементарного участка проводника. Направление вектора dF определяется с помощью правила левой руки.

Закон Био-Савара-Лапласа позволяет рассчитать напряженность магнитного поля тока любой конфигурации путем интегрирования выражения: $dH = I[dl, r]/4\pi r^3$, где dH – напряженность магнитного поля, создаваемого элементом тока dl , r – радиус-вектор, проведенный от элемента тока в точку, в которой рассчитывается напряженность поля.

Закон Кулона - основной закон электростатики, выражающий зависимость силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов от расстояния между ними. Два неподвижных точечных заряда взаимодействуют с силой прямо пропорциональной произведению величин этих зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними и зависящей от диэлектрической проницаемости среды, в которой находятся заряды (Кулон, 1785). Закон Кулона подтверждается опытом вплоть до расстояний порядка 10^{-15} м (размеры ядра атома).

Закон Джоуля-Ленца позволяет найти количество теплоты, выделяющееся в проводнике при протекании электрического тока: количество теплоты прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени протекания тока.

Закон Ома для участка цепи связывает силу тока с разностью потенциалов на концах проводника и сопротивлением проводника: $I = (\varphi_1 - \varphi_2)/R$. Закон Ома для замкнутой (полной) цепи связывает электродвижущую силу источника с полным сопротивлением цепи: $I = E/(R_n + R_0)$. Здесь R_n и R_0 – соответственно сопротивление нагрузки и внутреннее сопротивление источника.

Закон, связывающий циркуляцию вектора напряженности магнитного поля с током, охватываемым контуром интегрирования. В обобщенном виде закон полного тока входит в систему уравнений Максвелла.

Закон сохранения электрического заряда - физический закон, в соответствии с которым в замкнутой системе взаимодействующих тел алгебраическая сумма электрических зарядов (полный электрический заряд) остается неизменной при всех взаимодействиях.

Закон электромагнитной индукции - ЭДС индукции в замкнутом контуре прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром. Электронный механизм закона электромагнитной индукции состоит в том, что переменное магнитное поле порождает (индуцирует) вихревое электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями. Открыт Фарадеем (1831). В обобщенном виде закон входит в систему уравнений Максвелла.

Зонная теория твердого тела – квантовая теория энергетического спектра электронов в кристалле. Согласно зонной теории этот спектр состоит из чередующихся зон (полос) разрешенных и запрещенных энергий. Зонная теория хорошо объясняет ряд явлений, в частности разный механизм электропроводности металлов, диэлектриков и полупроводников.

Индуктивность - физическая величина, характеризующая связь между скоростью изменения тока в проводнике (катушке) и возникающей при этом ЭДС самоиндукции. Индуктивность проводника (катушки) зависит от его размеров и формы, числа витков, а также от материала магнитопровода. Единицей индуктивности в СИ является 1 Генри.

Индукционный ток - электрический ток, возникающий в замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции, пронизывающего этот контур. Величина и направление индукционного тока определяются законом электромагнитной индукции и законом Ома.

Индукция магнитно поля В – векторная величина, измеряемая отношением максимального вращающего момента, действующего на небольшой контур с током в магнитном поле к магнитному моменту этого контура. Направление вектора В совпадает с направлением нормали к контуру в состоянии равновесия.

Источник тока - источник электрической энергии, в котором действуют сторонние силы, разделяющие электрические заряды. Источник тока характеризуется электродвижущей силой и внутренним сопротивлением.

Источниками тока являются гальванические элементы, аккумуляторы, машины постоянного тока и др.

Классическая электродинамика - раздел электродинамики, рассматривающий изменяющееся или стационарное электромагнитное поле в неподвижной системе отсчета. Основу классической электродинамики составляют уравнения Максвелла.

Квантовая электродинамика - квантовая теория электромагнитного поля. Изучает взаимодействие поля с заряженными частицами.

Колебательным контуром называется цепь, состоящая из параллельно включенных катушки индуктивности и конденсатора. При разряде конденсатора на катушку в контуре возникают электромагнитные колебания, частота которых зависит от емкости и индуктивности контура.

Конденсатор - элемент электрической цепи, предназначенный для использования его в различных электро- и радиотехнических схемах. Конденсатор состоит из двух или проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика. Толщина диэлектрика обычно мала по сравнению с размерами проводников. В зависимости от формы обкладок конденсаторы бывают плоские, цилиндрические, сферические и др. По типу диэлектрика различают воздушные, бумажные, слюдяные, керамические и др. конденсаторы.

Контактной разностью потенциалов называется разность потенциалов, возникающая при контакте двух разнородных металлов. Открыл явление итальянский ученый Вольт (1797).

Коэффициентом электропроводности называется величина обратная удельному сопротивлению.

Магнитной восприимчивостью называется коэффициент пропорциональности χ в выражении: $J = \chi H$, где J – намагниченность, H – напряженность магнитного поля. Для диамагнетиков $\chi < 0$, для парамагнетиков $\chi > 0$. Для ферромагнетиков $\chi \gg 0$. См. также Магнитная проницаемость.

Магнитной постоянной называется размерный множитель $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, входящий в некоторые формулы электромагнетизма (например, в формулу $B = \mu_0 \mu H$), записанные в системе единиц СИ.

Магнитной проницаемостью μ называется величина, показывающая, во сколько раз индукция магнитного поля в магнетике больше индукции в вакууме. Можно показать, что $\mu = 1 + \chi$, где χ – магнитная восприимчивость.

Магнитное поле – одна из сторон единого электромагнитного поля. Магнитное поле создается движущимися зарядами (током проводимости) и переменным электрическим полем (током смещения). Действует магнитное поле только на движущиеся заряды.

Магнитным моментом называется векторная величина, модуль которой равен произведению силы электрического тока в контуре на площадь, обтекаемую этим током. Направление магнитного момента связано с направлением тока правилом буравчика.

Магнитный поток (или поток вектора B) – это поток Φ_B вектора магнитной индукции через какую-либо поверхность. В случае однородного магнитного поля и плоской поверхности $\Phi_B = BS \cos \alpha$, где B – индукция магнитного поля, S – площадь поверхности, α – угол между вектором B и нормалью к поверхности.

К металлам относятся вещества, имеющие свободные электроны, т. е. валентные электроны, оторвавшиеся от своих атомов и принадлежащие всему коллективу атомов металла (коллективизированные электроны). С точки зрения зонной теории твердого тела признаком металла является наличие не полностью заполненной зоны, которая носит название зоны проводимости.

Намагниченностью называется магнитный момент единицы объема магнетика.

Напряжение – то же самое, что и разность потенциалов.

Напряженностью магнитного поля называется вспомогательная величина, характеризующая магнитное поле макротоков.

Напряженность электрического поля – силовая характеристика поля, измеряется отношением силы, действующей на положительный пробный заряд, к значению этого заряда.

Эйхенвальд обнаружил магнитное поле тока смещения: магнитная стрелка, находящаяся вблизи плоского заряженного конденсатора, отклонялась от своего первоначального направления при разряде конденсатора. Ср.: Опыт Эрстеда.

Эрстед обнаружил магнитное поле тока проводимости: магнитная стрелка, расположенная вблизи проводника с током, при включении тока отклонялась от направления магнитного меридиана.

Парамагнетизмом называется свойство веществ (парамагнетиков) намагничиваться в направлении силовых линий внешнего магнитного поля. Атомы парамагнетиков имеют отличный от нуля магнитный момент и ведут себя в магнитном поле подобно микроскопическим магнитным стрелкам.

р-п-переходом называется область вблизи контакта двух полупроводников с разным типом проводимости. Вследствие рекомбинации дырок и электронов вблизи контакта образуется область, обедненная носителями тока и называемая запирающим слоем. Поскольку р-п-переход обладает односторонней проводимостью, то он используется для выпрямления переменного тока низкой частоты и детектирования радиосигналов.

Поляризацией диэлектрика называется процесс смещения связанных зарядов диэлектрика в электрическом поле. В результате поляризации грани диэлектрической пластины, помещенной в электрическое поле, оказываются заряженными зарядами противоположного знака.

Полярными называются молекулы, у которых «центры тяжести» положительного и отрицательного зарядов не совпадают. Такая молекула по своим свойствам подобна электрическому диполю и характеризуется электрическим дипольным моментом. Примеры полярных молекул: H_2O , NH_3 , HCl и др.

Потенциал электростатического поля - энергетическая характеристика поля. Определяется как величина, измеряемая работой сил поля по переносу единичного положительного заряда из данной точки в другую, фиксированную точку. В качестве фиксированной часто берут бесконечно удаленную точку. Другими словами, потенциал электростатического поля равен потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в эту точку. Единица потенциала в СИ 1 Вольт.

Правило Ленца - правило, определяющее направление индукционных токов, возникающих при электромагнитной индукции. Согласно правилу Ленца индукционный ток всегда имеет такое направление, что его собственный магнитный поток компенсирует изменения внешнего магнитного потока, вызвавшего этот ток. Правило Ленца есть следствие закона сохранения энергии. Э.Х.Ленц (1804-1865) - русский физик.

Полупроводниками называется класс веществ, занимающих по своей способности проводить электрический ток промежуточное положение между металлами и диэлектриками. С точки зрения зонной теории твердого тела вещество относится к полупроводникам, если ширина запрещенной зоны, отделяющей валентную зону от зоны проводимости, меньше 2 эВ.

Поляризуемостью молекулы называется величина, характеризующая «смещаемость» электронной оболочки под действием электрического поля. Электрический дипольный момент p , индуцируемый полем, пропорционален напряженности поля E : $p = \alpha \epsilon_0 E$. Коэффициент пропорциональности α и есть поляризуемость.

Постоянным называется электрический ток, не меняющийся с течением времени. В случае постоянного тока при определении силы тока $I = \Delta q / \Delta t$ можно брать любой промежуток времени Δt .

Поток Φ_E вектора напряженности электрического поля через какую-либо поверхность. В случае однородного поля и плоской поверхности $\Phi_E = ES \cos \alpha$, где E – напряженность электростатического поля, S – площадь поверхности, α – угол между вектором E и нормалью к поверхности. Ср. Магнитный поток.

Правила Кирхгофа применяются для расчета сложных (разветвленных) цепей постоянного тока. Метод комплексных токов позволяет распространить эти правила для расчета цепей переменного тока.

Проводниками называются вещества, содержащие в достаточной концентрации свободные заряды. К проводникам относятся металлы, ионизированные газы, водные растворы электролитов и расплавы солей. В электрическом поле свободные заряды перераспределяются так, что напряженность электрического поля внутри проводника оказывается равна нулю, а потенциал проводника всюду одинаков.

Релятивистская электродинамика – раздел электродинамики, изучающий электромагнитные явления в движущихся средах, опираясь на инвариантность заряда в различных системах отсчета и инвариантность основных законов относительно преобразований Лоренца.

Самоиндукция – явление возникновения электродвижущей силы в проводнике (катушке) при изменении протекающего в ней электрического тока. Величина и знак ЭДС самоиндукции определяются законом электромагнитной индукции.

Явление сверхпроводимости открыл голландский физик Камерлинг-Оннес (1911): сопротивление ртути при температуре, близкой к абсолютному нулю, скачком уменьшалось до нуля. В дальнейшем сверхпроводимость была обнаружена и у других металлов и сплавов (свинец, олово, железо и др.).

Сверхпроводимость, как и электрическое сопротивление, объясняется взаимодействием коллективизированных электронов металла с кристаллической решеткой. В 1986 году обнаружена высокотемпературная сверхпроводимость, теория которой находится в стадии разработки.

Силой Лоренца называется сила, действующая на заряд в электрическом и магнитном поле (электрическая и магнитная сила Лоренца): $F = q\{E + [v, B]\}$. Первое слагаемое в последнем выражении называется электрической, а второе – магнитной силой Лоренца.

Силой тока называется величина, измеряемая зарядом, протекающим через поперечное сечение проводника в одну секунду. Единица силы тока в СИ: 1 Ампер – четвертая основная единица этой системы (наряду с метром, килограммом и секундой).

Соленоидом называется катушка цилиндрической формы.

Стационарным называется электрическое поле, существующее в проводнике с током и обуславливающее перенос энергии в цепях постоянного тока. Заряды при протекании тока непрерывно перемещаются, но распределение их остается неизменным. Поэтому стационарное поле, подобно электростатическому, является потенциальным.

Сторонняя сила - сила неэлектростатической природы, вызывающая перемещение положительных электрических зарядов внутри источника постоянного тока от точки с низким к точке с высоким потенциалом (отрицательных – от точки с высоким к точке с низким потенциалом). Сторонними считаются все силы отличные от кулоновских сил. Удельная работа сторонних сил (работа по переносу единичного заряда) называется электродвижущей силой источника тока.

Теорема Гаусса-Остроградского связывает суммарный электрический заряд, находящийся внутри замкнутой поверхности, с потоком вектора напряженности электростатического поля через эту поверхность: $\Phi_E = \Sigma q / \epsilon_0 \epsilon$. В обобщенном виде эта теорема входит в систему уравнений Максвелла.

Термоэлектронная эмиссия – испускание электронов металлами, нагретыми до высокой температуры.

Тлеющий разряд – разряд, возникающий в разрядной трубке, наполненной газом при низком давлении (около 0,1 мм рт. ст.), при напряжении порядка нескольких тысяч вольт. Применяется, в частности, в лампах дневного света.

Токами Фуко называются индукционные токи, возникающие в массивном проводнике, помещенном в переменное магнитное поле.

Током проводимости называется электрический ток, обусловленный движением заряженных частиц.

Понятие «ток смещения» ввел Максвелл. По Максвеллу ток смещения - это переменное электрическое поле, порождающее, наряду с током проводимости (движущимися зарядами), магнитное поле. Таким образом, источником магнитного поля может быть ток смещения и ток проводимости.

Тороидом называется катушка, имеющая форму бублика.

Точечный электрический заряд – заряженное тело, размерами которого можно пренебречь в условиях конкретной задачи.

Транзисторы – полупроводниковые триоды. Предложены в США (1948). Применяются для усиления и генерации электрических колебаний. По сравнению с вакуумными триодами обладают рядом ценных преимуществ (малый вес и габариты, прочность, отсутствие накальных цепей, высокий к. п. д., большой срок службы).

Удельное сопротивление величина, характеризующая способность вещества проводить электрический ток, и численно равная сопротивлению проводника длиной в 1 метр и площадью поперечного сечения 1 м². Удельное сопротивление зависит от температуры. У металлов оно растет с ростом температуры, у полупроводников и водных растворов электролитов – уменьшается.

Уравнения Максвелла - уравнения, устанавливающие связь между напряженностями электрического и магнитного полей и распределением в пространстве электрических зарядов и токов. Уравнения Максвелла описывают электромагнитные явления в различных средах и в вакууме. Уравнения не доказываются и не выводятся в математическом смысле, а являются обобщением опыта. Все законы электромагнетизма есть следствия этих уравнений. Из уравнений Максвелла вытекает существование электромагнитных волн.

Ферромагнетизмом называется свойство некоторых веществ (ферромагнетиков) спонтанно намагничиваться. Магнитные моменты атомов ферромагнетика в пределах микроскопических областей (доменов) спонтанно ориентируются параллельно друг другу. Процесс намагничивания можно рассматривать как процесс ориентации магнитных моментов доменов вдоль силовых линий магнитного поля. При выключении магнитного поля ферромагнетик остается намагниченным (остаточная намагниченность). Ферромагнетизм наблюдается только при условии, что температура не превышает так называемую температуру (или точку) Кюри. Самые известные ферромагнетики – железо, кобальт и никель.

Электрет - диэлектрик, способный длительное время находиться в наэлектризованном состоянии после снятия внешнего воздействия, вызвавшего поляризацию. Электрет создает в окружающем пространстве электростатическое поле за счет предварительной электризации или остаточной поляризации. Обычно электреты образуются путем нагревания диэлектриков до температуры, близкой к температуре их плавления, и последующего охлаждения в сильном внешнем электрическом поле.

Электрическая емкость (электроемкость) проводника - скалярная величина, характеризующая способность проводника накапливать электрический заряд, и равная отношению заряда проводника к его потенциалу (в предположении, что все другие проводники бесконечно удалены и что потенциал бесконечно удаленной точки принят равным нулю). Единицей электрической емкости проводника в СИ является 1 Фарад.

Электрической постоянной называется размерный множитель $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/Н·м², входящий в некоторые формулы электромагнетизма (например, в закон Кулона), записанные в системе единиц СИ.

Электрический диполь - система двух точечный зарядов одинаковых по абсолютной величине и противоположных по знаку, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. На диполь, находящийся в электрическом поле, действует пара сил, стремящихся установить его вдоль силовых линий. Молекулы многих веществ по своим свойствам подобны электрическому диполю.

Электрический заряд - физическая величина, характеризующая свойство тел или частиц вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая значения сил и энергий при таких взаимодействиях. Электрическим зарядам приписывают положительный или отрицательный знак. Единица заряда в системе СИ – 1 Кл (кулон).

Электрическим смещением называется вспомогательная векторная величина $D = \epsilon_0 \epsilon E$ (где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость, ϵ_0 - электрическая постоянная, E – напряженность электрического поля), применяемая для описания электрического поля в диэлектрике.

Электродвижущая сила - характеристика источника энергии в электрической цепи. Электродвижущая сила измеряется отношением работы сторонних сил по перемещению заряда вдоль цепи к значению этого заряда. Можно сказать, что ЭДС есть удельная работа сторонних сил. ЭДС, как и потенциал, измеряется в вольтах.

Электродинамика - раздел физики, изучающий свойства электромагнитного поля и его взаимодействие с зарядами, связь электрических и магнитных явлений, а также электрический ток. Различают классическую, релятивистскую и квантовую электродинамики. Основой классической электродинамики являются уравнения Максвелла.

Электролитической диссоциацией называется распад молекул кислот, щелочей и солей в водном растворе на противоположно заряженные ионы. Положительные ионы называются катионами, отрицательные – анионами. Причина диссоциации – воздействие полярных молекул воды.

Электролитами называются вещества (соли, кислоты, основания), водные растворы которых проводят электрически ток. Молекулы электролитов под действием полярных молекул воды диссоциируют – распадаются на противоположно заряженные ионы.

Электромагнитная индукция - явление возникновения ЭДС в проводнике при его движении в магнитном поле; или при изменении окружающего его магнитного поля. При этом в замкнутом проводящем контуре, помещенном в переменное магнитное поле, возникает индукционный ток. См. также Закон электромагнитной индукции.

Электромагнитное взаимодействие – это взаимодействие заряженных тел. Характер электромагнитного взаимодействия зависит от выбора системы отсчета. В некоторых системах отсчета магнитная компонента электромагнитного взаимодействия не наблюдается и наблюдается электрическое взаимодействие, в других, наоборот, маскируется электрическое, а наблюдается только магнитное взаимодействие.

Электромагнитное поле - особая форма существования материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между покоящимися или движущимися электрическими зарядами.

Электромагнитная волна – это свободное (оторвавшееся от токов и зарядов) переменное *электромагнитное поле*. Существование электромагнитных волн вытекает из *уравнений Максвелла*. Переменные электрическое и магнитное поле могут отрываться от породивших их токов и зарядов и, поддерживая друг друга, распространяться в пространстве со скоростью света. Поэтому говорят, что Максвелл предсказал существование электромагнитных волн. Герц получил эти волны экспериментально, а Попов построил первый радиоприемник.

Электронная теория металлов была разработана немецким физиком Друде и развита голландским физиком Лоренцом. Теория основана на перенесении представлений кинетической теории газов на «газ» свободных электронов в металле. Электронная теория позволила вывести *законы Ома и Джоуля-Ленца* в металлах, но столкнулась с рядом затруднений, преодолеть которые удалось только квантовой (*зонной*) *теории* твердого тела.

Электроны и дырки – носители тока в полупроводниках. Электрон, переходя из валентной зоны в зону проводимости, оставляет в валентной зоне нарушенную валентную связь, по своим свойствам эквивалентную положительному электрическому заряду.

Электростатика - раздел электродинамики, изучающий поле неподвижных зарядов и их взаимодействие. Основу электростатики составляет закон Кулона. Электростатическая индукция - появление электрических зарядов разного знака на противоположных участках *проводника* или *диэлектрика* в *электростатическом поле*.

Электростатическая защита - защита приборов и оборудования, основанная на том, что напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю. Роль экрана может играть металлический корпус прибора или металлическая сетка с достаточно мелкими ячейками.

Электростатическое поле - электрическое поле неподвижных электрических зарядов. Это частный случай электромагнитного поля. Характеристиками электростатического поля являются напряженность и потенциал.

Элементарный электрический заряд - наименьший положительный или отрицательный электрический заряд, равный по абсолютному значению заряду электрона. Заряд любого тела или частицы есть величина, кратная элементарному заряду. Частицы с дробным зарядом в свободном состоянии не наблюдаются.

Энергия, запасенная в *магнитном поле* катушки, равна $W = LI^2/2$, где I – сила тока, L – индуктивность катушки (ср. с формулой кинетической энергии!).

Энергия, запасенная в электрическом поле *конденсатора*, равна $W = CU^2/2$, где U – напряжение на конденсаторе, C – **электроемкость конденсатора**.

Энергия Ферми – энергия электронов, занимающих при абсолютном нуле температуры верхний уровень в зоне проводимости металла. Расчет показывает, что электроны, находящиеся на уровне Ферми, даже при абсолютном нуле обладают огромной кинетической энергией. Но движение электронов при этом носит не тепловой характер. При нормальных условиях вклад теплового движения в общую кинетическую энергию составляет величину не более 1 %. См. также *Зонная теория*.

Эффектом Холла называется возникновение разности *потенциалов (электродвижущей силы)* между гранями полупроводниковой или металлической пластинки с током при помещении ее в *магнитное поле*. Эффект Холла применяется для определения знака и концентрации носителей тока, а также в измерительной технике (для измерения *индукции магнитного поля*).

«Оптика»

Абсолютный показатель преломления света - отношение скорости света в вакууме к фазовой скорости света в данной среде. Абсолютный показатель преломления света показывает во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в данной среде.

Анализатор поляризованного излучения - устройство, с помощью которого можно обнаружить положение плоскости поляризации света. См. также *Поляризатор*.

Видимое излучение - электромагнитное излучение, вызывающее зрительное ощущение и занимающее участок спектра от 380 до 780 нм. Световые излучения различных частот воспринимаются человеком как разные цвета.

Геометрическая оптика - раздел оптики, в котором изучаются законы распространения света в прозрачных средах, основанные на представлении о *световых лучах*. Основными *законами геометрической оптики* являются:

- закон *прямолинейного распространения света*;
- закон *независимых световых пучков*;
- закон *отражения*;
- закон *преломления*.

Волновая оптика - раздел *оптики*, изучающий явления, в которых проявляется волновые свойства *света*.

Голография – способ получения объемных изображений предметов на фотопластинке (голограмме) при помощи когерентного излучения лазера. Голограмма фиксирует не само изображение предмета, а структуру отраженной от него световой волны (ее амплитуду и фазу). Для получения голограммы необходимо, чтобы на фотографическую пластинку одновременно попали два когерентных световых пучка: предметный, отраженный от снимаемого объекта, и опорный – приходящий непосредственно от лазера. Свет обоих пучков интерферирует, создавая на пластинке чередование очень узких темных и светлых полос – картину интерференции. На

экспонированной таким образом и проявленной пластинке отсутствует какое-либо изображение, но его в зашифрованном виде содержит система интерференционных полос. Если голограмму просветить, как диапозитив, лазерным светом той же частоты, что была использована при записи, возникнет *«восстановленная голограмма»* – объемное изображение снятого предмета, словно висящего в пространстве. Меняя точку наблюдения, можно заглянуть за предметы на первом плане и увидеть детали, ранее скрытые от взгляда. Свет, проходя сквозь систему черно-белых полос голограммы, испытывает дифракцию и воспроизводит волновой фронт, исходивший от снятого предмета. См. Также *Когерентность*.

Двойное лучепреломление - раздвоение светового луча при прохождении через оптически анизотропную среду, возникающее вследствие зависимости показателя преломления света от его поляризации. В одноосном двоякопреломляющем кристалле, например, в кристалле исландского шпата, падающий луч света расщепляется на два луча, обыкновенный и необыкновенный, имеющие разные *показатели преломления* и поляризованные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Дисперсия света – зависимость фазовой скорости света от частоты (или длины волны).

Дисперсия показателя преломления – зависимость показателя преломления n от частоты ν .

Дифракционная решетка - оптическое устройство, имеющее большое число щелей, разделенных непрозрачными промежутками, на которых происходит дифракция света. Обычно дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа параллельных штрихов одинаковой ширины, нанесенных на прозрачную или отражающую поверхность на одинаковом расстоянии друг от друга. Дифракционная решетка является основным элементом многих спектральных приборов.

Дифракция света - отклонение от законов геометрической оптики, выражающееся в огибании светом малых препятствий. Дифракция наблюдается при распространении света в среде с резко выраженными неоднородностями.

Закон Брюстера утверждает, что при падении света на диэлектрическое зеркало под углом, тангенс которого равен относительному *показателю преломления* второй среды по отношению к первой, отраженный луч будет полностью поляризован в плоскости, перпендикулярной плоскости падения

Закон Кирхгофа утверждает, что отношение *излучательности* любого (нечерного) тела к коэффициенту поглощения есть величина одинаковая для всех тел и равная излучательности черного тела при данной температуре.

Закон Ленарда – один из законов внешнего *фотоэффекта*: энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности света, а зависит только от частоты.

Закон Малюса - физический закон, согласно которому интенсивность световой волны, прошедшей *поляризатор* и *анализатор*, пропорциональна квадрату косинуса угла между плоскостями главных сечений поляризатора и анализатора.

Закон независимых световых пучков - постулат геометрической оптики, в соответствии с которым: Распространение всякого светового пучка в среде не зависит от того, есть ли в этой среде другие пучки света или нет.

Закон отражения света - закон, определяющий взаимное расположение при зеркальном отражении падающего и отраженного лучей, а также перпендикуляра, восстановленного к границе раздела двух сред в точке падения: оба луча и перпендикуляр лежат в одной плоскости; угол падения равен углу отражения.

Закон преломления света – один из законов геометрической оптики, согласно которому падающий луч, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения луча к границе раздела двух сред, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред и равная относительному показателю преломления второй среды по отношению к первой. См. также *Геометрическая оптика*.

Закон прямолинейного распространения света - постулат геометрической оптики, в соответствии с которым в однородной среде свет распространяется прямолинейно. Закон прямолинейного распространения света является следствием *принципа Ферма*.

Закон смещения утверждает, что длина волны, на которую приходится максимум

спектральной плотности *излучательности*, обратно пропорциональна абсолютной температуре, т. е. максимум излучения смещается при повышении температуры в область более коротких волн.

Закон Стефана-Больцмана утверждает, что *излучательность черного тела* прямо пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры.

Закон Столетова – один из законов внешнего *фотоэффекта*: фототок насыщения прямо пропорционален световому потоку.

Излучательностью называется полная мощность (на всех частотах и по всем направлениям) излучения с единицы поверхности нагретого тела. Излучательность зависит от температуры тела и от коэффициента поглощения его поверхности. Старые названия этой величины – энергетическая светимость или лучеиспускательная способность. См. также *Закон Стефана-Больцмана*.

Интерференция света - оптическое явление, возникающее при сложении двух или нескольких когерентных световых волн, линейно поляризованных в одной плоскости. Интерференция представляет собой устойчивую во времени картину усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.

Источник света - излучатель электромагнитной энергии в видимой части спектра. Источники света подразделяются на естественные (Солнце, Луна и т. д.) и искусственные (лампы накаливания, газоразрядные лампы и др.).

Квантовая оптика – раздел оптики, изучающий явления, в которых обнаруживаются квантовые свойства электромагнитного излучения (света). Это *тепловое излучение, фотоэффект, эффект Комптона* и др.

Слово «**когерентность**» буквально означает «согласованность». Волны называются когерентными, если разность фаз возбуждаемых ими колебаний в любой точке пространства остается постоянной в течение времени наблюдения. См. также *Интерференция света*.

Кольца Ньютона - интерференционная картина, возникающая в проходящем или отраженном свете в окрестности точки соприкосновения выпуклой поверхности линзы со стеклянной пластинкой. После отражения лучей на границах раздела стекло - воздух и воздух - стекло световые волны интерферируют и образуют интерференционную картину в виде концентрических колец.

Комбинационное рассеяние света - явление изменения частоты рассеянного веществом света. В спектрах комбинационного рассеянного света для молекул наблюдаются дополнительные линии, частоты которых являются комбинациями частот падающего света и вращательными частотами молекул.

Лазеры (от от первых букв англ. фразы *Light amplification by stimulated emission of radiation*) – квантовые генераторы света, принцип действия которых основан на явлении вынужденного (стимулированного) излучения. Излучение лазеров поляризовано, обладает монохроматичностью, большой мощностью в узком спектральном диапазоне и малой расходимостью светового пучка. Находят широкое применение в технике и экспериментальной физике.

Оптика - раздел физики, в котором изучаются закономерности оптических явлений, природа света и его взаимодействия с веществом.

Оптическая активность - свойство некоторых веществ вращать плоскость поляризации проходящего через них плоскополяризованного света. Примеры оптически активных веществ: кварц, киноварь, скипидар, раствор сахара в воде и пр.

Оптическая длина пути - произведение пути светового луча на показатель преломления среды. Оптическая длина пути численно равна пути, который проходит световой луч за то же время в вакууме.

Опыт Юнга - опыт по интерференции света от двух точечных источников, полученных пропусканием пучка света от общего источника через два отверстия. Опыт Юнга позволяет оценить длину волны для различных участков спектра.

Относительный показатель преломления света - отношение фазовой скорости света в первой среде к фазовой скорости света во второй среде. Численно относительный показатель преломления света равен отношению синуса угла падения к синусу угла преломления.

Период дифракционной решетки - расстояние между серединами двух соседних щелей дифракционной решетки. Другое название – шаг или постоянная решетки.

Плоскостью главного сечения поляризатора называется плоскость, в которой поляризован луч, прошедший этот поляризатор.

Плоскость поляризации - плоскость, в которой колеблется вектор напряженности электрического поля электромагнитной (световой) волны.

Поглощение света - явление ослабления яркости света при его прохождении через вещество или при отражении от поверхности.

Показатель преломления света - мера оптической плотности среды, равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в среде. Показатель преломления света зависит от частоты света и от параметров состояния среды. Различают абсолютные и относительные

показатели преломления.

Поляризатор - прибор, предназначенный для получения полностью или частично поляризованного света. Поляризатор можно использовать в качестве *анализатора* поляризованного излучения.

Поляризация света - ориентация векторов напряженности электрического поля и магнитной индукции световой волны в плоскости, перпендикулярной световому лучу. Обычно поляризация возникает при отражении и преломлении света, а также при распространении света в анизотропной среде. Различают линейную, круговую и эллиптическую поляризацию света.

Поляроид - оптическая система, предназначенная для поляризации света. Представляет собой эластичную пленку, на которую нанесены соответствующим образом ориентированные маленькие кристаллики двоякопреломляющего вещества (герапатита). Поляроид изготавливается в виде светофильтра, линейно поляризующего проходящий через него свет (дешевый *поляризатор*).

Преломление света - явление, заключающееся в изменении направления распространения световой волны при переходе из одной среды в другую, отличающуюся *показателем преломления света*.

Призмой Николя (или просто николем) называется *поляризатор*, предложенный шотландским инженером Николем. Принцип действия николя основан на том, что один из двух поляризованных лучей в одноосном двоякопреломляющем кристалле (необыкновенный или обыкновенный) выводится их игры с помощью явления полного внутреннего отражения. См. также *Двойное лучепреломление*.

Принцип Ферма - принцип геометрической оптики, согласно которому луч света, проходящий через две точки, идет между ними по такому пути, для прохождения которого требуется наименьшее или наибольшее (экстремальное) время по сравнению с другими возможными путями.

Рассеяние света - отклонение распространяющегося в среде светового пучка во всевозможных направлениях. Рассеяние света обусловлено неоднородностью среды и взаимодействием света с частицами вещества, при котором изменяется направление распространения, частота и плоскость колебаний световой волны.

Рентгеновское излучение – электромагнитное излучение очень высокой частоты (или очень короткой длины волны, $\lambda = 10^{-4} - 10^3 \text{ \AA}$. Открыто немецким физиком В.Рентгеном (1895). **Различают тормозное и характеристическое рентгеновское излучение.** В рентгеновском диапазоне на передний план выступают квантовые свойства электромагнитного излучения. Находит широкое применение в медицине, в дефектоскопии, в структурных исследованиях и пр.

Рефракция света - искривление светового луча в среде с непрерывно меняющимся *показателем преломления света*.

Термином «свет» обозначают не только *видимый свет*, но и электромагнитное излучение других диапазонов (инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, *рентгеновские лучи*). Таким образом, этот термин используется как синоним выражения «электромагнитное излучение».

Световой луч - линия, вдоль которой распространяется поток энергии, испущенный *источником света*. В прозрачной однородной среде световой луч всегда прямолинеен. В среде с плавно изменяющимися оптическими характеристиками световой луч искривляется. См. также *Рефракция света*.

Скорость света в вакууме - скорость распространения света в вакууме $c = 299'792'458 \text{ м/с}$.

Скорость света в вакууме - предельная скорость распространения любых физических взаимодействий.

Тепловое излучение – это электромагнитное излучение нагретых тел. Законы теплового излучения объясняет *квантовая теория* М.Планка (1900).

Тормозным рентгеновским излучением называется коротковолновое электромагнитное излучение, возникающее в рентгеновской трубке при резком торможении движущихся с большой скоростью электронов поверхностью анода (антикатада). Не зависит от материала

антикатада.

Угол падения – угол между падающим лучом и перпендикуляром, восстановленным в точке падения.

Угол преломления - угол между преломленным лучом света и перпендикуляром, восстановленным в точке падения (преломления).

Уравнение Эйнштейна для внешнего *фотоэффекта* представляет собой следствие закона сохранения энергии: $h\nu = A_{\text{в}} + (mv^2/2)$ – энергия фотона ($h\nu$) идет на совершение работы выхода ($A_{\text{в}}$) и частично переходит в энергию фотоэлектрона ($mv^2/2$).

Фотон называется квазичастица, введенная для того, чтобы объяснить корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Фотону приписывается энергия $\epsilon = h\nu$ и импульс $p = h\nu/c$, где ν – частота света, c – скорость света в вакууме, а $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж/с – *постоянная Планка*. Фотоны – *кванты* электромагнитного поля. *Электромагнитное взаимодействие* осуществляется путем обмена фотонами.

Фотометрические величины - сила света, освещенность, световой поток, яркость, коэффициент пропускания и коэффициент отражения.

Фотоэлектроны – электроны, вырванные светом из металла при внешнем *фотоэффекте*.

Фотоэффект называется группа явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Различают внешний фотоэффект (вырывание электронов из металла при облучении), внутренний фотоэффект (увеличение электропроводности полупроводника при облучении) и фотогальванический эффект (возникновение ЭДС при облучении p-n-перехода). Фотоэффект объясняется на основе квантовых представлений. Первую теорию внешнего фотоэффекта создал А.Эйнштейн (1905). См. *Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта*.

Характеристическое рентгеновское излучение возникает при достаточно высоком ускоряющем напряжении на рентгеновской трубке. Механизм сводится к вырыванию электронов с внутренних электронных оболочек и к переходу на эти места электронов с других оболочек атома. Спектр такого излучения линейчатый. Появляется на фоне сплошного тормозного рентгеновского спектра как набор спектральных линий. Зависит от материала антикатада.

Хроматической поляризацией называется совокупность явлений, сопровождающих интерференцию поляризованного света (появление окраски экрана).

Черным называется идеализированное тело, поглощающее всю падающую на его поверхность энергию. Устаревшее название черного тела – абсолютно черное тело. Реальные тела не являются черными; поверхность, хорошо поглощающая свет в видимом диапазоне, может плохо поглощать в инфракрасном.

Эффектом Комптона (1923) называется увеличение длины волны *рентгеновского излучения* при рассеивании на легких атомах (на почти свободных электронах). Эффект Комптона легко объясняется на основе квантовых представлений путем применения законов сохранения энергии и импульса для системы «рентгеновский фотон + электрон отдачи».

Эффект Фарадея - вращение плоскости поляризации линейно поляризованного света при прохождении его через вещество, помещенное в продольное магнитное поле. Открыл явление английский физик М.Фарадей (1845). Эффект сыграл важную роль в утверждении электромагнитной теории света. Широко применяется в технике и в экспериментальной физике (изучение структуры вещества).

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть

реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае за-чет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:

С.И. Кучерявый, доцент, к.ф.-м.н.

Рецензент (ы):

В.С. Саввин, профессор, д.ф.-м.н.