

Контрольные задания для студентов дистанционного обучения

групп специальности

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии ЭРз

2 сем контр №1, экз

Минобрнауки России										"Утверждаю"																	
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова										Первый проректор																	
Учебный график																											
По направлению		18.03.02		"Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии"																							
первый курс										Институт заочного образования										2024/2025 уч. год				Е.И. Ештушенко			
Наименование дисциплины	Трудоемкость по ГОС (ЗЕ)	Количество часов по заочной системе обучения на год					Установочная сессия		Зимняя лабораторно - экзаменационная сессия							Летняя лабораторно-экзаменационная сессия							Кафедра				
		всего	лекций	лаборат. занятий	практич. занятий	консультации	лекций	лаборат. занятий	практич. занятий	Номер РГЗ	номер ИДЗ	лекций	лаборат. занятий	практич. занятий	зачеты	консультации	экзамены	Номер РГЗ	номер ИДЗ	лекций	лаборат. занятий	практич. занятий		зачеты	консультации	экзамены	
Философия *		2	2																	2							ТМН
История России	144 (4)	56	38		18		2			1	18		9		зач				2	18		9		д.зач			СиУ
Иностранный язык	252 (7)	10			10			2		1			4		зач				2			4		зач			ИнЯз
Безопасность жизнедеятельности *		2	2																	2							БЖД
Русский язык и культура речи	72 (2)	6	4		2		2			1	2		2		зач												РусЯз
Математика	504 (14)	22	10		8	4	2			1		4		4		2	ЭКЗ	2		4		4		2	ЭКЗ		ВМ
Физика	180 (5)	10	4	2	2	2						2	*					1		2	2	2		2	ЭКЗ		Физ.
Самоменеджмент *		2	2																	2							СиУ
Электротехника и промышленная электроника *		2	2																	2							ЭиА
Инженерная графика и основы конструкторской документации	108 (3)	6	4		2							2	*						1	2		2		зач			НГГ
Информатика	108 (3)	6	4		2		2			1	2		2		зач												ИТ
Общая и неорганическая химия	252 (7)	14	6	6		2	2			1	2		4			2	ЭКЗ	2	2	2	2			зач			ТнПХ
Органическая химия	108 (3)	6	4	2								2	*							2	2			зач			ТнПХ
Аналитическая химия *		2	2																	2							ТнПХ
Введение в профессию	72 (2)	6	4		2		2			1	2		2		зач												ТЦКМ
Физико-химические свойства сырьевых материалов и техногенных продуктов *		2	2																	2							ТЦКМ
Основы российской государственности	72 (2)	8	4		4							2	*							2		4		зач			СиУ
Учебная ознакомительная практика	108 (3) 2 недели																							д.зач.			ТЦКМ

Минобрнауки России										"Утверждаю"																	
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова										Первый проректор																	
Учебный график																											
По направлению		18.03.02		"Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии"												Е.И. Ештушенко											
второй курс										Институт заочного образования										2024/2025 уч. год.							
Наименование дисциплины	Трудоем- кость по ГОС (ЗЕ)	Количество часов по заочной системе обучения на год					Установочная сессия			Зимняя лабораторно - экзаменационная сессия							Летняя лабораторно-экзаменационная сессия							Кафедра			
		всего	лекций	лаборат. занятий	практич. занятий	консультации	лекций	лаборат. занятий	практич. занятий	Номер РГЗ	номер ИДЗ	лекций	лаборат. занятий	практич. занятий	зачеты	консультации	экзамены	Номер РГЗ	номер ИДЗ	лекций	лаборат. занятий	практич. занятий	зачеты		консультации	экзамены	
Философия	144 (4)	8	4		4						1	4		4	д.зач		ЭКЗ									ТМН	
Иностранный язык	252 (7)	8			6	2					3			6		2	ЭКЗ									Ин.яз.	
Безопасность жизнедеятельности	108 (3)	10	6	2	2							2	*						1	4	2	2	зач			БЖД	
Физическая культура и спорт	72 (2)	6	4		2							2	*							2		2	зач			ФВС	
Правоведение	72 (2)	6	4		2							2	*						1	2		2	зач			СиУ	
Математика	504 (14)	8	4		4					3		4		4	зач											ВМ	
Самоменеджмент	72 (2)	4	2		2						1	2		2	зач											ТМН	
Электротехника и промышленная электроника	144 (4)	6	2	2		2					1	2	2			2	ЭКЗ									ЭиА	
Процессы и аппараты химической технологии	360 (10)	10	6	4								2	*							4	4			д.зач		ТЦКМ	
Физическая химия	288 (8)	12	6	4		2						2	*						1	4	4				2	ЭКЗ	ТПХ
Коллоидная химия	360 (10)	6	4	2								2	*						1	2	2		зач			ТПХ	
Аналитическая химия	144 (4)	8	2	6						1	2		6		зач											ТПХ	
Общая технология смазочных*		2	2																	2						ТСК	
Метрология, стандартизация и сертификация вяжущих материалов*		2	2																	2						ТСК	
Процессы и аппараты защиты окружающей среды*		2	2																	2						ТЦКМ	
Методы физико-химических исследований вяжущих и композиционных материалов	108 (3)	6		6										2	*				1		4		зач			ТЦКМ	
Механическое оборудование (общий курс)	180 (5)	16	8	6		2						2	*						1		6	6		2	ЭКЗ	МО	
Физико-химические свойства сырьевых материалов и техногенных продуктов	108 (3)	6	2	4							1	2	4		зач											ТЦКМ	
Учебная практика	108 (3) 2 недели																							д.зач.		ТЦКМ	

Основой для изучения курса физики студентами дистанционной формы обучения являются методические пособия, составленные для самостоятельной подготовки студентов к экзаменам. Для изучения вопросов, которые не освещены в методических пособиях, необходимо обратиться к специальной учебной литературе, например:

1. «Курс физики» А. А. Детлаф, Б. М. Яворский,
2. «Курс общей физики» И.В. Савельев т.1, 2, 3.,
3. «Курс физики» Т. И. Трофимова.

или другим учебникам, предназначенным для изучения курса общей физики в высших учебных заведениях.

Для подготовки к решению контрольных работ предлагаем изучить следующие учебные пособия:

1. «Руководство к решению задач по курсу общей физики» Е.В. Фирганг,
2. «Все решения к «Сборнику задач по общему курсу физики» В. С. Волькенштейн»
Е.Н. Изергина, Н.И. Петров т.1, 2,
- 3 «Сборник задач с решениями» В.М. Гладской, П.И. Самойленко,
- 4 «Задачник по физике» А.Г. Чертов, А.А. Воробьев.

Программа курса физики для студентов дистанционного образования.

Каждый студент должен иметь распечатку программы курса физики, которую необходимо самостоятельно изучить, чтобы успешно освоить учебный материал, необходимый для решения контрольных заданий и сдачи зачётов и экзаменов.

Механика материальной точки и твердого тела

Основные понятия и законы движения.

Механика и её разделы. Основные понятия: материальная точка, механическая система, перемещение, путь, мгновенная и средняя скорости, ускорение, тангенциальная и нормальная составляющая ускорения. Связь между векторами линейных и угловых скоростей и ускорений. Период и частота обращения. Поступательное и вращательное движения. Уравнения поступательного и вращательного движения.

Инерция, масса, импульс, сила. Законы Ньютона. Силы в природе: сила гравитационного взаимодействия, сила тяжести, силы трения, вес, силы реакции опоры и нормального давления, сила Архимеда. Пластическая и упругая деформации, виды упругой деформации. Законы Гука для различных видов упругой деформации.

Инерциальные и неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции. Сравнительная характеристика классической и релятивистской механики. Преобразования Галилея и преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца. Постулаты Эйнштейна.

Законы изменения и сохранения.

Работа. Мощность, КПД. Кинетическая, потенциальная и полная механическая энергии. Консервативные и диссипативные силы и системы. Связь консервативной силы с потенциальной энергией. Закон изменения и превращения энергии, закон изменения полной механической энергии системы тел, закон сохранения полной механической энергии системы тел. Внешние и внутренние силы. Замкнутая механическая система. Законы изменения импульса механической системы и закон сохранения импульса механической системы. Теорема о кинетической энергии и теорема потенциальной энергии.

Удар, виды ударов. Запись законов сохранения для абсолютно упругого и абсолютно неупругого ударов.

Твердое тело как система частиц

Абсолютно твердое тело. Центр масс и центр тяжести тела. Закон движения центра масс. Момент силы относительно неподвижной точки и неподвижной оси. Момент инерции и кинетическая энергия вращающегося твёрдого тела. Собственные и главные оси и моменты инерции. Собственные моменты инерции различных тел. Теорема Штейнера.

Основной закон динамики вращательного движения. Момент импульса материальной точки и абсолютно твердого тела относительно неподвижной точки и относительно неподвижной оси. Закон изменения момента импульса механической системы тел и закон сохранения момента импульса механической системы тел. Работа силы при вращении твердого тела вокруг неподвижной оси.

Колебания и волны

Колебания, виды колебаний. Затухающие и незатухающие колебания. Периодические колебания. Свободные и вынужденные колебания.

Гармонические колебания. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний и его решение. График гармонических колебаний. Понятие об амплитуде, частоте, фазе, периоде.

Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение. График затухающих колебаний. Понятие о коэффициенте затухания, декременте и логарифмическом декременте затухания, времени релаксации и добротности колебательной системы.

Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение. Понятие о резонансе.

Понятие о маятнике. Математический, физический, оборотный и пружинный маятники.

Период колебаний для этих маятников. Приведенная длина физического маятника.

Сложение гармонических колебаний одного направления. Метод векторных диаграмм. Биения.

Сложение двух взаимно перпендикулярных гармонических колебания. Фигуры Лиссажу.

Волна. Механическая волна. Поперечные и продольные волны. Фронт волны, волновая поверхность, понятие о бегущей и стоячей волне. Плоские и сферические волны. Длина волны, период и частота волны.

Дифференциальное уравнение волны (волновое уравнение). Уравнения плоской бегущей гармонической волны.

Уравнение стоячей волны. Понятие о пучностях и узлах стоячей волны.

Понятие о групповой и фазовой скорости волн. Дисперсия волн. Скорости распространения волн в различных средах.

Физические основы молекулярно-кинетической теории

Идеальный газ

Основные положения молекулярно-кинетической теории. Понятие об идеальном газе. Основные уравнения молекулярно-кинетической теории. Степени свободы молекул. Средняя энергия теплового движения молекулы. Абсолютная температура.

Максвелловское распределение молекул по скоростям. Понятие о наиболее вероятной, средней арифметической и средней квадратической скоростях теплового движения молекул идеального газа. Барометрическая формула.

Уравнение Менделеева - Клапейрона. Изотермический, изобарический, изохорический, адиабатный и политропный процессы. Основное уравнение состояния идеального газа и его запись для различных изопроцессов. Смесь газов.

Закон Дальтона для смеси газов.

Реальный газ

Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса для реального газа и его анализ. Критическое состояние газа. Внутренняя энергия реального газа.

Явления переноса

Эффективный диаметр молекулы. Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Явления переноса в газах: диффузия, теплопроводность и вязкость.

Физические основы термодинамики

Первое начало термодинамики

Термодинамическая система. Внутренняя энергия системы. Количество теплоты.

Теплоемкость, виды теплоёмкости. Связь теплоёмкости и внутренней энергии с числом степеней свободы молекул.

Первое начало термодинамики и его применение к различным изопроцессам. Работа идеального газа.

Второе начало термодинамики

Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Принцип действия тепловой машины. Идеальная тепловая машина Карно и её КПД.

Энтропия. Второе начало термодинамики и его статистический смысл.

Электростатика.

Электростатическое поле, его основные свойства и характеристики. Графическое изображение электростатического поля: силовые линии и эквипотенциали.

Точечный электрический заряд. Напряженность и потенциал неподвижного точечного заряда. Закон Кулона. Принцип суперпозиции для электростатических полей.

Потенциальная энергия электростатического взаимодействия точечных зарядов. Работа электростатического поля по перемещению точечного заряда.

Проводники и диэлектрики. Виды диэлектриков. Проводники и диэлектрики в электростатическом поле. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля неподвижных зарядов в вакууме и в веществе.

Емкость уединенного проводника и конденсатора. Виды конденсаторов. Формулы для расчета емкости плоского, цилиндрического и сферического конденсаторов. Виды соединения конденсаторов. Формулы для определения емкости батареи конденсаторов. Энергия электрического поля уединенного проводника и конденсатора. Объемная плотность энергии электрического поля.

Электрический диполь. Напряженность и потенциал точечного диполя.

Постоянный электрический ток

Электрический ток. Постоянный электрический ток и его основные характеристики: сила тока и плотность тока.

Сопротивление проводника. Последовательное и параллельное соединения проводников.

Законы Ома и Джоуля-Ленца. Работа и мощность постоянного электрического тока. Правила Кирхгофа для расчета электрических цепей постоянного тока.

Магнитное поле

Магнитное поле, его основные свойства и характеристики. Графическое изображение магнитного поля: силовые линии вектора магнитной индукции. Поток вектора магнитной индукции.

Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции для магнитных полей. Магнитное поле прямолинейного проводника с током конечной и бесконечной длины, бесконечно длинного соленоида и тороида с током, в центре кругового витка с током.

Силы Ампера и Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Взаимодействие двух параллельных проводников с током. Работа магнитного поля по перемещению проводника и контура с током. Магнитный механический момент, действующий на контур с током в магнитном поле.

Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Их особенности и основные характеристики. Закон полного тока для магнитного поля в вакууме и в веществе.

Электромагнетизм

Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея для электромагнитной индукции. Правило Ленца. Явление самоиндукции и взаимной индукции. Индуктивность контура и соленоида. Энергия магнитного поля контура и соленоида с током.

Переменный электрический ток

Переменный электрический ток и его основные характеристики. Цепь переменного тока только с активным сопротивлением, с идеальной емкостью и идеальной индуктивностью. Законы Ома и векторные диаграммы для таких цепей. Цепь переменного тока, содержащая последовательно соединенные активное сопротивление, ёмкость и индуктивность. Закон Ома и векторная диаграмма для такой цепи. Явление последовательного и параллельного резонанса в цепи переменного тока.

Оптика

Интерференция света

Волновая природа света. Монохроматические и когерентные волны. Явление интерференции света. Условия усиления и ослабления света при интерференции. Опыт Юнга. Интерференция света в тонких плёнках: полосы равного наклона и полосы равной толщины. Кольца Ньютона.

Дифракция света

Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на небольшом круглом отверстии и диске. Дифракция Фраунгофера на одной и многих щелях. Дифракционная решетка и её основные характеристики. Виды дифракционных решеток. Формула дифракционной решетки. Дифракция рентгеновских волн на кристаллической решётке. Формула Вульфа – Брэггов.

Взаимодействие света с веществом

Поглощение света. Закон Бугера. Рассеяние света. Закон Релея. Дисперсия света. Эффект Вавилова – Черенкова. Эффект Доплера. Эффект Комптона.

Поляризации света

Явление поляризации света. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Степень поляризации. Способы получения линейно поляризованного света. Закон Брюстера. Закон Малюса.

Тепловое излучение

Тепловое излучение. Основные характеристики теплового излучения. Абсолютно черное тело, серое тело и их отличия от реальных тел. Модель абсолютно черного тела. Кривые теплового излучения абсолютно черного тела. Законы теплового излучения: Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина, Рэлея-Джинса, Планка.

Фотоэффект

Явление фотоэффекта и его виды. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Понятие о работе выхода и красной границе фотоэффекта.

Атомная и ядерная физика. Физика элементарных частиц

Явление радиоактивности. Законы радиоактивности. Обозначение атомных ядер. Виды радиоактивных излучений и их свойства. Космическое излучение.

Современные представления о строении атома. Состав атомного ядра. Массовые и зарядовые числа. Ядерные силы. Дефект массы и энергия связи ядра. Ядерные реакции и их основные типы.

Корпускулярно-волновой дуализм свойств вещества. Волны де Бройля. Соотношение неопределённостей Гейзенберга. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Волновая функция и её статистический смысл.

Принцип Паули. Понятие о квантовых числах. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны. Распределение Ферми - Дирака и

Бозе - Эйнштейна.

Элементарные частицы и типы их взаимодействий. Классификация элементарных частиц. Кварки.

Требования к выполнению контрольных заданий

Студент должен решить десять задач того варианта, номер которого совпадает с последней цифрой номера его зачётной книжки. Категорически запрещается изменять условия задач или заменять условия задач, взятых из других вариантов. Работы, выполненные с нарушениями, приниматься не будут.

При выполнении контрольных заданий студенту необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Контрольные задания выполняются в обычной школьной тетради, на обложке которой приводятся сведения по следующему образцу:

Студент
БГТУ им. В.Г. Шухова
Андреев И. П., группа ЭРд-241
номер зачётной книжки 257320
Адрес: г. Шебекино, Советская ул., 4, кв. 1
Контрольная работа №1
Вариант № 0

2. Контрольное задание выполняется чернилами. Для замечаний преподавателя оставляются поля. Каждая задача должна начинаться с новой страницы. Условия задач переписываются без сокращений.

3. Решения должны сопровождаться пояснениями, раскрывающими физический смысл применяемых формул или законов.

4. Необходимо решить задачу в общем виде, т.е. выразить искомую величину через буквенные обозначения величин, заданных в условии задачи.

5. Подставить в окончательную формулу все величины, выраженные в системе СИ. Произвести вычисления и записать ответ.

Алгоритм решения задач по физике

В виду того, что универсальной методики решения задач не существует, ниже приводится примерный алгоритм, который облегчит Вам решение задач по физике.

1. Внимательно прочитать задачу. Установить в общих чертах условия задачи и каким физическим законам они отвечают.

2. Сделать краткую запись условия задачи. Все данные задачи выразить в единицах системы СИ.

3. Сделать чертеж, схему или рисунок, поясняющие условие задачи. Указать на чертеже все данные и искомые величины задачи.

4. Написать уравнение или систему уравнений, отображающих происходящий в условии задачи физический процесс. При необходимости векторные уравнения записать в проекциях на оси координат

5. Используя условия задачи и чертеж, преобразовать исходные равенства так, чтобы в конечном виде в них входили лишь упомянутые в условиях задачи величины и табличные данные.

6. Решить задачу, получив окончательную формулу в буквенном виде. Проверить размерность полученного равенства и если она совпадает, подставить в неё исходные данные и произвести вычисления. Проанализировать полученный результат и записать окончательный ответ.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Классическая механика и её разделы: кинематика, динамика, статика. Основные понятия: материальная точка, система отсчета, траектория, путь, перемещение. Средняя и мгновенная скорости. Ускорение.
2. Поступательное движение. Уравнения поступательного движения.
3. Вращательное движение. Движение материальной точки по окружности. Угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение. Период и частота вращения. Связь между линейными и угловыми величинами. Уравнения вращательного движения:
4. Сила. Масса. Законы Ньютона.
5. Силы в механике: сила гравитационного взаимодействия, сила тяжести, вес, сила упругости, силы трения, сила Архимеда.
6. Система материальных точек. Импульс материальной точки и системы материальных точек. Закон изменения импульса и закон сохранения импульса. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.
7. Механическая работа постоянной и переменной силы. Мощность. КПД.
8. Виды механической энергии: кинетическая, потенциальная, полная механическая. Закон изменения полной механической энергии и закон сохранения полной механической энергии.
9. Механические колебания. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний и его решение. График и основные характеристики гармонических колебаний: амплитуда, циклическая частота, начальная фаза колебаний.
10. Механические волны. Дифференциальное уравнение волны. Уравнение плоской гармонической волны. График волны. Фазовая скорость волны, длина волны, волновое число.
11. Молекулярно-кинетическая теория газов. Идеальный газ. Законы идеального газа.
12. Термодинамика. Основные понятия: внутренняя энергия, количество теплоты. Работа идеального газа.
13. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к различным изопроцессам: изотермическому, изобарическому, изохорическому, адиабатному.
14. Принцип действия теплового двигателя. КПД теплового двигателя. Цикл Карно и его КПД.
15. Силы межмолекулярного взаимодействия в реальных газах. Уравнение Ван-дер-Ваальса для реального газа и его анализ.
16. Электростатика. Электрическое поле. Напряженность и потенциал электростатического поля. Виды электрических зарядов. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
17. Графическое изображение электростатических полей: с помощью силовых линий и эквипотенциалей. Силовые линии и эквипотенциалы точечного заряда. Принцип суперпозиции для электростатического поля. Напряженность и потенциал точечного заряда.
18. Потенциальная энергия электростатического взаимодействия точечных зарядов. Работа электростатического поля по перемещению точечного заряда.
19. Постоянный электрический ток. Характеристики электрического тока: сила тока, вектор плотности тока. Электродвижущая сила и напряжение. Закон Ома для участка цепи и замкнутой цепи.
20. Закон Джоуля - Ленца. Работа и мощность тока. КПД источника тока.
21. Магнитное поле в вакууме. Вектор магнитной индукции и вектор напряжённости магнитного поля. Силовые линии магнитного поля. Принцип суперпозиции для магнитного поля. Магнитное поле прямолинейного проводника с током бесконечной длины и в центре кругового витка с током.
22. Сила Ампера и сила Лоренца.
23. Магнитный поток. Работа сил магнитного поля при перемещении проводника и контура с током в магнитном поле.
24. Электромагнитные волны. Шкала электромагнитных волн.
25. Оптика. Видимый свет и его природа. Волновые и корпускулярные свойства света. Фотон. Энергия, масса и импульс фотона.
26. Волновые свойства света: явление интерференции света. Условия усиления и ослабления света при интерференции. Опыт Юнга. Интерференция света в тонких плёнках: полосы равного наклона и полосы равной толщины.
27. Волновые свойства света: явление дифракции света. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракционная решетка и её основные характеристики. Виды дифракционных решеток. Формула дифракционной решетки.
28. Волновые свойства света: явление поляризации света. Естественный и поляризованный свет. Степень поляризации света. Способы получения линейно поляризованного света. Закон Брюстера и закон Малюса.
29. Корпускулярные свойства света: тепловое излучение, его характеристики и основные законы: Кирхгофа, Стефана – Больцмана, Вина, Рэлея – Джинса и Планка. Кривые теплового излучения.
30. Корпускулярные свойства света: фотоэффект. Законы Столетова для внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Понятие о работе выхода и красной границе фотоэффекта.
31. Корпускулярно - волновой дуализм свойств вещества: гипотеза де Бройля. Волны де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга и их физический смысл.
32. Современные представления о строении атома. Обозначение атомных ядер.
33. Явление радиоактивности. Закон радиоактивного распада. Виды радиоактивных излучений: α , β и γ – излучения. Их природа и основные свойства.
34. Элементарные частицы. Виды элементарных частиц и их основные свойства.

Контрольная № 1	вариант № 0
1. Точка движется по окружности радиусом $R = 4$ м. Закон её движения выражается уравнением $S = (8 - 2t^2)$ м. Найти момент времени t , когда нормальное ускорение точки $a_n = 9$ м/с ² ; скорость v ; тангенциальное a_t и полное a ускорения точки в этот момент времени.	
2. Маховик, имеющий вид диска радиусом $R = 40$ см и массой 50 кг, может вращаться вокруг горизонтальной оси. На этой оси жестко закреплен шкив радиусом $r = 10$ см. По касательной к шкиву приложена постоянная сила $F = 500$ Н. Через сколько времени маховик раскрутится до частоты $n = 1$ об/с?	
3. Шарик массой 50 г, привязанный к концу нити длиной $l_1 = 1$ м, вращается с частотой $n_1 = 1$ об/с, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния $l_2 = 0,5$ м. С какой частотой n_2 будет при этом вращаться шарик? Какую работу A совершает внешняя сила, укорачивая нить? Трением шарика о плоскость пренебречь.	
4. Две пружины жесткостью $k_1 = 300$ Н/м и $k_2 = 500$ Н/м скреплены последовательно. Определить работу по растяжению обеих пружин, если вторая пружина была растянута на $\Delta l = 3$ см.	
5. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени смещение точки $x = 5$ см, скорость ее $v = 20$ см/с и ускорение $a = -80$ см/с ² . Найти циклическую частоту и период колебаний; фазу колебаний в рассматриваемый момент времени и амплитуду колебаний.	
6. Совершая цикл Карно, газ отдал охладителю $2/3$ теплоты, полученной от нагревателя. Определить температуру охладителя, если температура нагревателя $T_1 = 425$ К.	
7. Кислород массой $m = 2$ кг занимает объем $V_1 = 1$ м ³ и находится под давлением $p_1 = 0,2$ МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема $V_2 = 3$ м ³ , а затем при постоянном объеме до давления $p_2 = 0,5$ МПа. Найти: 1) изменение внутренней энергии ΔU газа; 2) совершенную им работу A ; 3) количество теплоты Q , переданное газу.	
8. Два одинаковых металлических заряженных шара находятся на расстоянии $r = 60$ см. Сила отталкивания шаров $F_1 = 70$ мкН. После того как шары привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние, сила отталкивания возросла и стала равной $F_2 = 160$ мкН. Вычислить заряды Q_1 и Q_2 , которые были на шарах до их соприкосновения. Диаметр шаров считать много меньшим расстояния между ними.	
9. При внешнем сопротивлении $r_1 = 3$ Ом сила тока в цепи $I_1 = 0,3$ А, при сопротивлении $r_2 = 5$ Ом сила тока $I_2 = 0,2$ А. Определить силу тока короткого замыкания источника ЭДС.	
10. Перпендикулярно магнитному полю напряженностью $H = 104$ А/м возбуждено электрическое поле напряженностью $E = 1000$ В/см. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Определить скорость v частицы.	
11. Угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 70° ?	
12. Температура верхних слоев Солнца равна $5,3$ кК. Считая Солнце черным телом, определить длину волны $\lambda_{\max}$, которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости $r_{\lambda,T}^{\max}$ Солнца.	
13. Определить работу выхода A электронов из натрия, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 500$ нм.	
14. Определить угол θ рассеяния фотона, испытавшего соударение со свободным электроном, если изменение длины волны $\Delta\lambda$ при рассеянии равно $3,2$ пм.	
15. Определить диаметры следующих ядер: 1) ${}^8_3\text{Li}$; 2) ${}^{27}_{13}\text{Al}$.	

Контрольная № 1	вариант № 1
1. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями $x_1 = (20 + 2t - 4t^2)$ м и $x_2 = (2 + 2t + 0,5t^2)$ м. В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковы? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?	
2. Через неподвижный блок массой 0,2 кг перекинут шнур, к концам которого подвешены грузы массами $m_1 = 0,3$ кг и $m_2 = 0,5$ кг. Определить силы натяжения шнура T_1 и T_2 по обе стороны блока во время движения грузов, если массу блока можно считать равномерно распределенной по ободу.	
3. Из пружинного пистолета выстрелили в горизонтальном направлении пулькой, масса которой равна 5 г. Жесткость пружины $k = 1,25$ кН/м. Пружина была сжата на $\Delta l = 8$ см. Определить скорость пульки при вылете ее из пистолета. Трением пренебречь.	
4. Определите период, линейную частоту начальную фазу колебаний, заданных уравнением $x = A \sin \omega(t + \tau)$, где $\omega = 2,5\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $\tau = 0,4 \text{ с}$.	
5. Определите массу m_1 одной молекулы сероуглерода CS_2 .	
6. Определите температуру газа, если средняя кинетическая энергия $\langle \epsilon_{\text{пост}} \rangle$ поступательного движения его молекул равна $2,07 \cdot 10^{-21}$ Дж.	
7. Гелий массой $m = 1$ г был нагрет на $\Delta T = 100$ К при постоянном давлении p . Определить: 1) количество теплоты Q , переданное газу; 2) работу газа A при расширения; 3) приращение ΔU внутренней энергии газа.	
8. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды $Q = 3 \cdot 10^{-10}$ Кл каждый. Какой отрицательный заряд Q_1 нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?	
9. Емкость плоского конденсатора $C = 100$ пФ. Диэлектрик - фарфор. Конденсатор зарядили до разности потенциалов $U = 600$ В и отключили от источника напряжения. Какую работу нужно совершить, чтобы вынуть диэлектрик из конденсатора?	
10. Два бесконечно длинных прямых проводника скрещены под прямым углом. По проводникам текут токи $I_1 = 80$ А и $I_2 = 60$ А. Расстояние между проводниками $d = 10$ см. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей на середине общего перпендикуляра к проводникам.	
11. Расстояние $\Delta r_{2,1}$ между вторым и первым темным кольцами Ньютона в отраженном свете равно 1 мм. Определить расстояние $\Delta r_{10,9}$ между десятым и девятым кольцами.	
12. В частично поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в $n = 2$ раза больше амплитуды, соответствующей минимальной интенсивности. Определить степень поляризации P света.	
13. Определить температуру T , при которой энергетическая светимость R_e черного тела равна 10 кВт/м^2 .	
14. На поверхность лития падает монохроматический свет ($\lambda = 310$ нм) Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее 1,7 В. Определить работу выхода A электрона с поверхности лития.	
15. Определить энергию E , массу m и импульс p фотона, которому соответствует длина волны $\lambda = 380$ нм	

Контрольная № 1	вариант № 2
1. Колесо радиусом $R = 0,3$ м вращается согласно уравнению $\varphi = t + 0,1t^2$. Определите полное ускорение точек на окружности колеса в момент времени $t = 2$ с.	
2. Через блок радиусом $R = 3$ см перекинули шнур, к концам которого привязаны грузы массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 120$ г. При этом грузы пришли в движение с ускорением $a = 3$ м/с ² . Определить момент инерции блока. Трение при вращении не учитывать.	
3. Пружина жесткостью $k = 10^3$ Н/м была сжата на $x_1 = 5$ см. Какую нужно совершить работу, чтобы сжатие пружины увеличить до $x_2 = 15$ см?	
4. Шар массой 200 г, движущийся со скоростью 10 м/с, ударяет неподвижный шар массой 800 г. Удар прямой, центральный, абсолютно упругий. Определить скорости шаров после удара.	
5. Азот нагревался при постоянном давлении, причем ему было сообщено количество теплоты $Q = 21$ кДж. Определить работу A , которую совершил при этом газ, и изменение ΔU его внутренней энергии.	
6. Какая доля ω_1 количества теплоты Q_1 , подводимого к идеальному газу при изобарном процессе, расходуется на увеличение ΔU внутренней энергии газа и какая доля ω на работу A расширения? Рассмотрите случай двуатомного газа.	
7. Два гармонических колебания, направленных по одной прямой, имеющих одинаковые амплитуды и периоды, складываются в одно колебание той же амплитуды. Найти разность фаз складываемых колебаний.	
8. На бесконечном тонкостенном цилиндре диаметром $d = 10$ см равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 1$ мкКл/м ² . Определить напряженность поля в точке, отстоящей от поверхности цилиндра на $a = 5$ см.	
9. На концах медного провода длиной $l = 5$ м поддерживается напряжение $U = 1$ В. Определить плотность тока в проводе.	
10. Короткая катушка площадью поперечного сечения $S = 150$ см ² , содержащая $N = 200$ витков провода, по которому течет ток силой $I = 4$ А, помещена в однородное магнитное поле напряженностью $H = 8000$ А/м. Найти: 1) магнитный момент p_m катушки; 2) вращающий момент M , действующий на катушку со стороны поля, если ось катушки составляет угол $\varphi = 60^\circ$ с линиями поля.	
11. Вычислить радиус ρ_5 пятой зоны Френеля для плоского волнового фронта ($\lambda = 0,5$ мкм), если построение делается для точки наблюдения, находящейся на расстоянии $b = 1$ м от фронта волны.	
12. Пучок света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости под углом $\alpha = 54^\circ$. Определить угол преломления β пучка, если отраженный пучок полностью поляризован.	
13. С поверхности сажи площадью $S = 2$ см ² при температуре $T = 400$ К за время $t = 5$ мин излучается энергия $W = 83$ Дж. Определить коэффициент теплового излучения ϵ сажи.	
14. На поверхность магния падает монохроматический свет ($\lambda = 350$ нм). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее 2 В. Определить работу выхода A электрона с поверхности магния.	
15. Укажите, сколько нуклонов, протонов, нейтронов содержат следующие ядра: 1) ${}^8_3\text{Li}$; 2) ${}^{27}_{13}\text{Al}$.	

Контрольная № 1	вариант № 3
1. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями $x_1 = (20 + 2t - 4t^2)$ м и $x_2 = (2 + 2t + 0,5t^2)$ м. В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковы? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?	
2. Период обращения T искусственного спутника Земли равен 2 ч. Считая орбиту спутника круговой, найти, на какой высоте над поверхностью Земли движется спутник.	
3. Шарик массой 100 г свободно падает с высоты 1 м на стальную плиту и подпрыгивает на высоту 0,5 м. Определить импульс p (по величине и направлению), сообщенный плитой шарiku.	
4. Гиря, положенная на верхний конец спиральной пружины, сжимает ее на $\Delta l = 2$ мм. На сколько сожмет пружину та же гиря, упавшая на конец пружины с высоты $h = 5$ см?	
5. Материальная точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, исходящих согласно уравнениям: $x = A_1 \sin \omega_1 t$ и $y = A_2 \sin \omega_2 t$, где $A_1 = 3$ см; $\omega_1 = 1$ с ⁻¹ ; $A_2 = 2$ см; $\omega_2 = 1$ с ⁻¹ . Определить траекторию точки.	
6. В баллоне емкостью $V = 11,2$ л находится водород при нормальных условиях. После того как в баллон было дополнительно введено некоторое количество гелия, давление в баллоне возросло до $p = 0,15$ МПа, а температура не изменилась. Определить массу гелия, введенного в баллон.	
7. Газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя $T_1 = 475$ К, охладителя $T_2 = 260$ К. При изотермическом расширении газ совершил работу $A = 100$ Дж. Определить термический КПД цикла, а также теплоту Q_2 , которую газ отдает охладителю при изотермическом сжатии.	
8. Заряд равномерно распределен по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью $\sigma = 10$ нКл/м ² . Определить разность потенциалов двух точек поля, одна из которых находится на плоскости, а другая удалена от нее на расстояние $a = 10$ см.	
9. По проводнику сопротивлением $r = 3$ Ом течет равномерно возрастающий ток. За время $t = 8$ с в проводнике выделилась теплота $Q = 200$ Дж. Определить заряд q , протекший за это время по проводнику. В момент времени, принятый за начальный, ток в проводнике был равен нулю.	
10. Электрон движется в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. Определить силу F , действующую на электрон со стороны поля, если индукция поля $B = 0.1$ Тл, а радиус кривизны траектории $R = 0,5$ см.	
11. На дифракционную решетку, содержащую $n = 100$ штрихов на 1 мм, падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум третьего порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол $\Delta\varphi = 20^\circ$. Определить длину волны λ света.	
12. Угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен 30° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° ?	
13. На какую длину волны $\lambda_{\max}$ приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $r_{\lambda,T}^{\max}$ черного тела при температуре $t = 0^\circ\text{C}$?	
14. Определить энергию E , массу m и импульс p фотона, которому соответствует длина волны $\lambda = 580$ нм	
15. За время $t = 4$ сут распалось $k = \frac{3}{4}$ начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада $T_{1/2}$.	

Контрольная № 1	вариант № 4
1. Точка движется по окружности радиусом $R = 400$ см. Закон её движения выражается уравнением $S = (8 - 2t^2)$ м. Найдите момент времени t , когда нормальное ускорение точки равно 9 м/с^2 . Определите скорость v ; тангенциальное и полное ускорения точки в этот момент времени.	
2. Искусственный спутник обращается вокруг Земли по круговой орбите на высоте $H = 3200$ км над поверхностью Земли. Определить линейную скорость спутника.	
3. Шар массой $m_1 = 2$ кг движется со скоростью $v_1 = 3$ м/с и сталкивается с шаром массой 4 кг, движущимся ему навстречу со скоростью $v_2 = 4$ м/с. Определить скорости шаров после прямого центрального удара. Удар считать абсолютно упругим.	
4. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом $R=2$ м, стоит человек. Масса платформы $M = 200$ кг, масса человека $m = 80$ кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью $v = 2$ м/с относительно платформы.	
5. Точка совершает гармонические колебания. В некоторый момент времени смещение точки $x = 5$ см, скорость ее $v = 20$ см/с и ускорение $a = -80 \text{ см/с}^2$. Найдите циклическую частоту и период колебаний; фазу колебаний в рассматриваемый момент времени и амплитуду колебаний.	
6. Водород занимает объем $V_1 = 10 \text{ м}^3$ при давлении $p_1 = 0,1$ Па. Газ нагрели при постоянном объеме до давления $p_2 = 0,3$ МПа. Определить изменение ΔU внутренней энергии газа, работу A , совершенную газом, и теплоту Q , сообщенную газу.	
7. Водяной пар расширяется при постоянном давлении. Определить работу A расширения, если пару передано количество теплоты $\Delta U = 4$ кДж.	
8. Электрон с энергией 100 эВ (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом $R = 5$ см. Определить минимальное расстояние, на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд ее $q = -1$ нКл.	
9. По проводнику сопротивлением $R = 3$ Ом течет ток, сила которого возрастает. Количество теплоты Q , выделившееся в проводнике за время $t = 8$ с, равно 200 Дж. Определить количество электричества q , протекшее за это время по проводнику. В момент времени, принятый за начальный, сила тока в проводнике равна нулю.	
10. Альфа-частица, находясь в однородном магнитном поле индукцией $B = 1$ Тл, движется по окружности. Определить силу I эквивалентного кругового тока, создаваемого движением альфа-частицы.	
11. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения ($\lambda = 147$ пм). Определить расстояние d между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом $\theta = 30^\circ$ к поверхности кристалла.	
12. На какой угловой высоте φ над горизонтом должно находиться Солнце, чтобы солнечный свет, отраженный от поверхности воды, был полностью поляризован?	
13. С поверхности сажи площадью $S = 1 \text{ см}^2$ при температуре $T = 500$ К за время $t = 6$ мин излучается энергия $W = 80$ Дж. Определить коэффициент теплового излучения ϵ сажи.	
14. На поверхность калия падает монохроматический свет ($\lambda = 250$ нм). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее $2,5$ В. Определить работу выхода A электрона с поверхности калия.	
15. Укажите, сколько нуклонов, протонов, нейтронов содержат следующие ядра: 1) ${}^{54}_{26}\text{Fe}$; 2) ${}^{104}_{47}\text{Ag}$;	

Контрольная № 1	вариант № 5
1. Движение материальной точки задано уравнением $x = (4 - 0,05t^2)$ м. Определите момент времени, в который скорость точки равна нулю. Найдите координату и ускорение в этот момент.	
2. Сплошной однородный диск катится по горизонтальной плоскости со скоростью $v = 10$ м/с. Какое расстояние пройдет диск до остановки, если его предоставить самому себе? Коэффициент трения при движении диска равен 0,02.	
3. Тело массой 0,2 кг соскальзывает без трения с горки высотой 2 м. Найти изменение модуля импульса Δp тела за это время.	
4. На тележке, свободно движущейся по горизонтальному пути со скоростью 3 м/с, находится человек. Человек прыгает в сторону, противоположную движению тележки. После прыжка скорость тележки изменилась и стала равной 4 м/с. Определить горизонтальную составляющую скорости человека при прыжке относительно тележки. Масса тележки 210 кг, масса человека 70 кг.	
5. Определите период, линейную частоту начальную фазу колебаний, заданных уравнением $x = A \sin \omega(t + \tau)$, где $\omega = 0,5 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $\tau = 0,2 \text{ с}$.	
6. В баллоне емкостью $V = 20$ л находится аргон под давлением $p_1 = 800$ кПа и температуре $T_1 = 325$ К. Когда из баллона было взято некоторое количество аргона, давление в баллоне понизилось до $p_2 = 600$ кПа, а температура установилась $T_2 = 300$ К. Определить массу m аргона, взятого из баллона.	
7. Определить среднюю кинетическую энергию $\langle \epsilon_{\text{вращ}} \rangle$ вращательного движения одной молекулы двухатомного газа, если суммарная кинетическая энергия молекул одного киломоля этого газа $U = 3,01$ МДж.	
8. Расстояние d между двумя точечными зарядами $q_1 = -180$ нКл и $q_2 = 720$ нКл равно 60 см. Определить точку, в которую нужно поместить третий заряд q_3 так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить величину и знак заряда.	
9. Сопротивление $r_1 = 5$ Ом, вольтметр и источник тока соединены параллельно. Вольтметр показывает напряжение $U_1 = 10$ В. Если заменить сопротивление на $r_2 = 12$ Ом, то вольтметр покажет напряжение $U_2 = 12$ В. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока. Током через вольтметр пренебречь.	
10. По проводнику, согнутому в виде квадрата со стороной $a = 10$ см, течет ток силой $I = 20$ А. Плоскость квадрата перпендикулярна магнитным силовым линиям поля. Определите работу A , которую необходимо совершить для того, чтобы удалить проводник за пределы поля. Магнитная индукция $B = 0,1$ Тл. Поле считать однородным.	
11. Какой длины l_1 путь пройдет фронт волны монохроматического света в вакууме за то же время, за какое он проходит путь длиной $l_2 = 1$ м в стекле ($n = 1,5$) ?	
12. Степень поляризации P частично-поляризованного света равна 0,5. Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через анализатор, от минимальной?	
13. На какую длину волны λ_{max} приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $r_{\lambda, T}^{\text{max}}$ черного тела при температуре $t = 0^\circ\text{C}$?	
14. На поверхность магния падает монохроматический свет ($\lambda = 350$ нм) Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U_z не менее 1,2 В. Определить работу выхода A электрона с поверхности магния.	
15. Определить энергию E , массу m и импульс p фотона, которому соответствует длина волны $\lambda = 480$ нм.	

Контрольная № 1	вариант № 6
1. Из одного и того же места начали равноускоренно двигаться в одном направлении две точки, причем вторая начала свое движение через 2 с после первой. Первая точка двигалась с начальной скоростью $v_1 = 1$ м/с и ускорением $a_1 = 2$ м/с ² , вторая - с начальной скоростью $v_2 = 10$ м/с и ускорением $a_2 = 1$ м/с ² . Через сколько времени и на каком расстоянии от исходного положения вторая точка догонит первую?	
2. Маховик радиусом 10 см насажен на горизонтальную ось. На обод маховика намотан шнур, к которому привязан груз массой 800г. Опускаясь равноускоренно, груз прошел расстояние 160 см за время 2 с. Определить момент инерции маховика.	
3. Метеорит массой 10 кг падает из бесконечности на поверхность Земли. Определить работу, которую совершают при этом силы гравитационного поля Земли.	
4. Шар массой $m_1 = 6$ кг движется со скоростью $v_1 = 2$ м/с и сталкивается с шаром массой $m_2 = 4$ кг, который движется ему на встречу со скоростью $v_2 = 5$ м/с. Найти скорость шаров v после прямого центрального удара. Шары считать абсолютно неупругими.	
5. Две точки находятся на прямой, вдоль которой распространяются волны со скоростью $v = 50$ м/с. Период колебаний $T = 0,5$ с, расстояние между точками $x = 50$ см. Найти разность фаз $\Delta\phi$ колебаний в этих точках.	
6. Вычислить плотность ρ кислорода, находящегося в баллоне под давлением $p = 1$ МПа при температуре $T = 300$ К.	
7. Азот массой 200 г расширяется изотермически при температуре $T = 280$ К, причем объем газа увеличивается в 2 раза. Найти: 1) изменение ΔU внутренней энергии газа; 2) совершенную при расширении газа работу A ; 3) количество теплоты Q , полученное газом.	
8. Определить напряженность поля, создаваемого зарядом, равно мерно распределенным по тонкому прямому стержню длиной $l = 10$ см в точке с линейной плотностью заряда $\tau = 100$ нКл/м, лежащей на продолжении оси стержня на расстоянии $a = 10$ см от ближайшего конца. Определить также силу, действующую в этой точке на точечный заряд $q = 10$ нКл.	
9. Сопротивление $r_1 = 5$ Ом, вольтметр и источник тока соединены параллельно. Вольтметр показывает напряжение $U_1 = 10$ В. Если заменить сопротивление на $r_2 = 12$ Ом, то вольтметр покажет напряжение $U_2 = 12$ В. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока. Током через вольтметр пренебречь.	
10. Силу тока в катушке равномерно увеличивают при помощи реостата на $\Delta I = 0,5$ А в секунду. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции, если индуктивность катушки $L = 2$ мГн.	
11 Радиус ρ_4 четвертой зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 3 мм. Определить радиус ρ_6 шестой зоны Френеля.	
12 Угол Брюстера $\alpha_{Бр}$ при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен 57° . Определить скорость света в этом кристалле.	
13 На какую длину волны λ_{max} приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости $r_{\lambda,T}^{max}$ черного тела при температуре $t = 10^\circ\text{C}$?	
14 На поверхность натрия падает монохроматический свет ($\lambda = 300$ нм) Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее 2 В. Определить работу выхода $A_{вых}$ электрона с поверхности натрия.	
15 За какое время t распадается $1/4$ начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада $T_{1/2} = 72$ ч?	

Контрольная № 1	вариант № 7
1. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями $x_1 = (20 + 2t - 4t^2)$ м и $x_2 = (2 + 2t + 0,5t^2)$ м. В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковы? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?	
2. Диск радиусом $R = 20$ см и массой $m = 5$ кг вращается с частотой $n = 8$ об/с. При торможении он остановился через время $t = 4$ с. Определить тормозящий момент M , действующий на диск.	
3. Пружина жесткостью $k = 10^4$ Н/м сжата силой $F = 200$ Н. Определить работу внешней силы, дополнительно сжимающей эту пружину еще на $\Delta l = 1$ см.	
4. На железнодорожной платформе установлено орудие. Орудие жестко скреплено с платформой. Масса платформы и орудия $M = 20$ т. Орудие производит выстрел под углом $\alpha = 60^\circ$ к линии горизонта в направлении пути. Какую скорость v_1 приобретает платформа с орудием вследствие отдачи, если масса снаряда 50 кг и он вылетает из канала ствола со скоростью $v_2 = 500$ м/с относительно Земли?	
5. Определите период, линейную частоту начальную фазу колебаний, заданных уравнением $x = A \sin \omega(t + \tau)$, где $\omega = 2,5\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $\tau = 0,4$ с.	
6. Воздух, находившийся под давлением $p_1 = 0,1$ МПа, был адиабатически сжат до давления $p_2 = 1$ МПа. Каково будет давление p_3 , когда сжатый воздух, сохраняя объем неизменным, охладится до первичной температуры?	
7. Кислород при неизменном давлении $p = 80$ кПа нагревается. Его объем увеличивается от $V_1 = 1$ м ³ до $V_2 = 3$ м ³ . Определить изменение ΔU внутренней энергии кислорода, работу A , совершенную им при расширении, а также теплоту Q , сообщенную газу.	
8. Параллельно бесконечной плоскости, заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 1$ мкКл/м ² , расположена бесконечно длинная прямая нить, заряженная с линейной плотностью $\tau = 10$ нКл/м. Определить силу, действующую со стороны плоскости на единицу длины нити.	
9. В проводнике за время $t = 10$ с при равномерном возрастании тока от $I_1 = 0$ до $I_2 = 2$ А выделилась теплота $Q = 2$ кДж. Найти сопротивление r проводника.	
10. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов $U = 104$ В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ($E = 100$ В/м) и магнитное ($B = 0,1$ Тл) поля. Определить отношение заряда частицы к ее массе, если, двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.	
11. Какой длины l_1 путь пройдет фронт волны монохроматического света в вакууме за то же время, за какое он проходит путь длиной $l_2 = 1000$ см в воде ($n = 1,33$) ?	
12. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения $\alpha_{бр}$ отраженный свет полностью поляризован?	
13. Принимая коэффициент теплового излучения в угля при температуре $T = 600$ К равным 0,8, определить энергетическую светимость R_e угля.	
14. На цинковую пластинку падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 220$ нм. Определить максимальную скорость v_{max} фотоэлектронов. Работа выхода электронов из цинка равна 4 эВ.	
15. Определить максимальное изменение длины волны при комптоновском рассеянии на свободных электронах.	

Контрольная № 1	вариант № 8
1. Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения имеет вид $x = (3t + 0,06t^2)$ м. Найдите скорость и ускорение точки в моменты времени $t_1 = 0$ с и $t_2 = 3$ с. Каковы средние значения скорости и ускорения за первые 3 с движения?	
2. Пружина жесткостью $k = 10^3$ Н/м сжата силой $F = 100$ Н. Определить работу внешней силы, дополнительно сжимающей эту пружину еще на $\Delta l = 10$ мм.	
3. Шар, двигавшийся горизонтально, столкнулся с неподвижным шаром и передал ему 64% своей кинетической энергии. Шары абсолютно упругие, удар прямой, центральный. Во сколько раз масса второго шара больше массы первого?	
4. Две пружины жесткостью $k_1 = 1$ кН/м и $k_2 = 3$ кН/м скреплены параллельно. Определить потенциальную энергию данной системы при абсолютной деформации $\Delta l = 5$ см.	
5. Точка участвует в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, выражаемых уравнениями: $x = A_1 \cos \omega_1 t$ и $y = A_2 \sin \omega_2 t$ где $A_1 = 2$ см; $A_2 = 3$ см; $\omega_1 = 2 \omega_2$. Найдите уравнение траектории точки.	
6. Газ занимает объем $V = 1$ л под давлением $p = 0,2$ МПа. Определить кинетическую энергию поступательного движения всех молекул, находящихся в данном объеме.	
7. В цилиндре под поршнем находится азот, имеющий массу $m = 0,6$ кг и занимающий объем $V_1 = 1,2$ м ³ при температуре $T_1 = 560$ К. В результате нагревания газ расширился и занял объем $V_2 = 4,2$ м ³ , причем температура осталась неизменной. Найти изменение ΔU внутренней энергии газа, совершенную им работу A , и теплоту Q , сообщенную газу.	
8. Электрон с начальной скоростью $v_0 = 3 \cdot 10^6$ м/с влетел в одно родное электрическое поле напряженностью $E = 150$ В/м. Вектор начальной скорости перпендикулярен линиям напряженности электрического поля. Найти: 1) силу, действующую на электрон; 2) ускорение, приобретаемое электроном; 3) скорость электрона через $t = 0,1$ мкс.	
9. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 12$ Ом равномерно убывает от $I_0 = 5$ А до $I = 0$ в течение времени $t = 10$ с. Какое количество теплоты Q выделяется в этом проводнике за указанный промежуток времени?	
10. По проводнику, согнутому в виде прямоугольника со сторонами $a = 6$ см и $b = 10$ см, течет ток силой $I = 20$ А. Определить напряженность H и индукцию B магнитного поля в точке пересечения диагоналей прямоугольника.	
11. Дифракционная решетка освещена нормально падающим монохроматическим светом. В дифракционной картине максимум второго порядка отклонен на угол $\varphi_1 = 14^\circ$. На какой угол φ_2 отклонен максимум третьего порядка?	
12. Какой наименьшей скоростью v должен обладать электрон, чтобы в среде с показателем преломления $n = 1,60$ возникло черенковское излучение?	
13. Температура верхних слоев Солнца равна $5,3$ кК. Считая Солнце черным телом, определите длину волны $\lambda_{\max}$, которой соответствует максимальная спектральная плотность энергетической светимости $r_{\lambda,T}^{\max}$ Солнца.	
14. На поверхность магния падает монохроматический свет ($\lambda = 350$ нм). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее 2 В. Определить работу выхода A электрона с поверхности магния.	
15. Определите число протонов и нейтронов в ядре, а так же диаметры следующих ядер: 1) ${}^8_3\text{Li}$; 2) ${}^{27}_{13}\text{Al}$	

Контрольная № 1	вариант № 9
1. Две материальные точки движутся согласно уравнениям $x_1 = (10 + 32t - 3t^2) \text{ м}$, $x_2 = (5 + 5t^2) \text{ м}$. В какой момент времени скорости этих точек одинаковы? Чему равны скорости и ускорения точек в этот момент?	
2. Период обращения искусственного спутника Земли $T = 50$ мин. Считая орбиту спутника круговой. Найти, на какой высоте над поверхностью Земли движется спутник.	
3. Диск радиусом $R = 20$ см и массой 7 кг вращается согласно уравнению $\varphi = (3 - t + 0,1t^2) \text{ рад}$. Найти закон, по которому меняется вращающий момент сил M , действующий на диск. Определить момент сил M в момент времени $t = 2$ с.	
4. Снаряд, летящий со скоростью $v_0 = 500$ м/с, разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого составляет 20 % от общей массы снаряда, полетел в противоположном направлении со скоростью $v_1 = 200$ м/с. Определить скорость v_2 большого осколка.	
5. Определите период, линейную частоту начальную фазу колебаний, заданных уравнением $x = A \sin \omega(t + \tau)$, где $\omega = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $\tau = 0,5 \text{ с}$.	
6. Сосуд емкостью $V = 0,01 \text{ м}^3$ содержит азот массой 1 г и водород массой 1 г при температуре $T = 280 \text{ К}$. Определить давление p смеси газов.	
7. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в 3 раза выше, чем температура охладителя. Нагреватель передал газу $Q_1 = 41,9$ кДж теплоты. Какую работу совершил газ?	
8. Два шарика массой $m = 1$ г каждый подвешены на нитях, верхние концы которых соединены вместе. Длина каждой нити $l = 10$ см. Какие одинаковые заряды надо сообщить шарикам, чтобы нити разошлись на угол $\alpha = 60^\circ$?	
9. Сила тока в проводнике сопротивлением $r = 100$ Ом равномерно нарастает от $I_0 = 0$ до $I_{\text{max}} = 10$ А в течение времени $t = 30$ с. Определить количество теплоты Q , выделившееся за это время в проводнике.	
10. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле напряжённостью $H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м. Определить период T обращения электрона.	
11. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластинку толщиной $h = 2$ мм. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку под углом 45° ?	
12. В частично поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в $n = 3$ раза больше амплитуды, соответствующей минимальной интенсивности. Определить степень поляризации P света.	
13. Поток энергии Φ_e , излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен 34 Вт. Определить температуру T печи, если площадь отверстия $S = 6 \text{ см}^2$.	
14. На поверхность лития падает монохроматический свет ($\lambda = 310 \text{ нм}$) Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее 1,7 В. Определить работу выхода A электрона с поверхности лития.	
15. Определите количество протонов и нейтронов в ядре, а так же диаметры следующих ядер: 1) ${}^8_3\text{Li}$; 2) ${}^{27}_{13}\text{Al}$.	

По кинематике материальной точки чаще всего встречаются задачи на следующие темы:

- 1 на составление уравнений поступательного движения,
- 2 на составление уравнений вращательного движения,
- 3 на определение средней скорости,
- 4 по кинематике сложного движения,
- 5 по кинематике относительного движения.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКЕ

- 1 Сделать чертёж к задаче, на котором отметить начальные координаты тел и направления векторов их начальных скоростей и ускорений (начало координат обычно помещают в начальной точке движения тела или одного из тел. При выборе направлений координатных осей следует учитывать направление векторов перемещений, скоростей и ускорений тел).
- 2 Затем делают аналогичные чертежи для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи.
- 3 Записать уравнения движения для каждого тела в проекциях на оси координат сначала в общем виде для начального момента времени, а затем для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи.

$$\left\{ \begin{array}{l} x = \pm x_0 \pm v_{ox} t \pm \frac{a_x t^2}{2} \\ y = \pm y_0 \pm v_{oy} t \pm \frac{a_y t^2}{2} \end{array} \right., \quad \left\{ \begin{array}{l} v_x = \pm v_{ox} \pm a_x t \\ v_y = \pm v_{oy} \pm a_y t \end{array} \right.,$$

При необходимости дополнить систему следующими уравнениями связи:

$$\begin{aligned} v^2 - v_0^2 &= 2aS & - \text{если движение равноускоренное,} \\ v^2 - v_0^2 &= -2aS & - \text{если движение равнозамедленное.} \end{aligned}$$

- 4 Решить полученную систему уравнений и найти решение задачи в общем (т.е. буквенном виде). Проанализировать полученное равенство.
- 5 Проверить размерность этого равенства и если она совпадает, подставить в окончательное уравнение числовые значения данных в условии задачи величин, предварительно переведя их в одну и ту же систему единиц.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

- 1 Сделать чертёж к задаче, на котором отметить начальное положение материальной точки и направление её векторов скорости и центростремительного ускорения.
- 2 Затем сделать аналогичные чертежи для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи.
- 3 Записать уравнение вращательного движения сначала в общем виде для начального момента времени, а затем для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи:

$$\varphi = \pm \varphi_0 \pm \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \omega = \pm \omega_0 \pm \varepsilon t,$$

где: φ_0 и φ – угол поворота радиус – вектора в начальный момент времени $t = 0$ с и в произвольный момент времени t .

- 4 При необходимости записать уравнения связи между угловыми и линейными величинами, характеризующими кинематику материальной точки:

$$\left\{ \begin{array}{l} S = \varphi r \\ v = \omega r \\ a_{\text{ис}} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega v \end{array} \right. \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n$$

- 5 Решить полученную систему уравнений и найти решение задачи в общем (т.е. буквенном виде). Проанализировать полученное равенство.
- 6 Проверить размерность этого равенства и если она совпадает, подставить в окончательное уравнение

числовые значения данных в условии задачи величин, предварительно переведя их в одну и ту же систему единиц.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ СЛОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Если в задаче рассматривается движение тела одновременно относительно двух систем отсчёта, одна из которых условно принимается за «подвижную», а другая за «неподвижную» (например, человек идёт по движущемуся вагону или переплывает реку), то скорость или перемещение тела определяются по следующему правилу:

Вектор скорости тела относительно неподвижной системы координат равен векторной сумме скорости подвижной системы координат относительно неподвижной плюс скорость тела относительно подвижной системы координат.

(аналогичное правило для перемещений).

$$\vec{v}_{abc} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{отн}$$

$$\vec{S}_{abc} = \vec{S}_{пер} + \vec{S}_{отн}$$

где:

скорость тела относительно неподвижной системы координат называется	абсолютной скоростью	$\vec{v}_{abc}$
скорость подвижной системы координат относительно неподвижной называется	переносной скоростью	$\vec{v}_{пер}$
скорость тела относительно подвижной системы координат называется	относительной скоростью	$\vec{v}_{отн}$

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Если в задаче рассматривается движение двух независимых друг от друга тел, движущихся в одной и той же системе координат (например, движение встречных поездов и т.д.), то скорость или перемещение одного тела относительно другого определяются по следующему правилу:

Вектор относительной скорости двух тел $\vec{v}_{21}$ равен векторной разности их абсолютных скоростей.

(аналогичное правило для перемещений)

$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 \quad - \text{ скорость второго тела относительно первого}$$

$$\vec{S}_{21} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1 \quad - \text{ перемещение второго тела относительно первого}$$

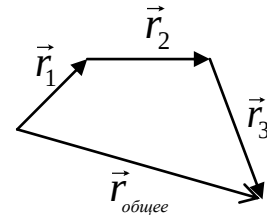
СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ

Следует различать: - среднюю скорость по перемещению $\langle \vec{v} \rangle$ (величина векторная)

- среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$ (величина скалярная)

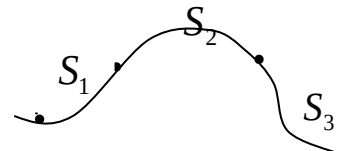
Средней скоростью по перемещению называется векторная величина, равная отношению перемещения тела за какой-либо промежуток времени к величине этого промежутка

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \dots + \vec{r}_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$



Средней путевой скоростью называется скалярная величина, равная отношению пути пройденного телом за какой-либо промежуток времени к величине этого промежутка

$$\langle v \rangle = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$



Особый случай: Если тело за рассматриваемый промежуток времени

движется в одном и том же направлении с одним и тем же по величине и направлению ускорением, то среднюю

скорость тела за этот промежуток времени можно определить по формуле: $\langle v \rangle = \frac{v_1 + v_2}{2}$, где v_1 и v_2 - это

начальная и конечная скорости тела на этом участке.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ДИНАМИКУ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

1. Сделать чертеж к задаче, на котором:
 - нарисовать все тела, рассматриваемые в задаче,
 - нарисовать все силы, действующие на каждое тело, и, если возможно, указать направления ускорений каждого тела.
2. Для каждого тела записать второй закон Ньютона сначала в векторном виде $\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$, а затем в проекциях на оси координат, для чего сначала:
 - для каждого тела выбрать удобную систему координат (начало координат обычно помещают в центре тяжести тела, а одну из координатных осей направляют по вектору ускорения этого тела),
 - для каждого тела расписывают своё векторное уравнение в проекциях на каждую ось с учётом знаков проекций сил.
3. Решают полученную систему уравнений.
(необходимо помнить, что число уравнений должно быть равно числу неизвестных. Если уравнений динамики окажется не достаточно, то полученную систему дополняют уравнениями кинематики или законами изменения и сохранения).

Если в задаче требуется найти вес тела или его силу нормального давления, то следует помнить, что по третьему закону Ньютона они равны по величине, но противоположны по направлению силе реакции опоры.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ДИНАМИКУ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПО ОКРУЖНОСТИ

1. Сделать чертёж к задаче, на котором нарисовать тело, движущееся по окружности, и все силы, действующие на него.
2. Следует помнить, что тело движется равномерно по окружности постоянного радиуса только в том случае, если равнодействующая всех сил, действующих на тело, направлена по радиусу к центру этой окружности. Эта сила сообщает телу центростремительное ускорение, которое так же направлена к центру окружности, поэтому:
 - ось ОХ направляют по направлению центростремительного ускорения, (то есть к центру окружности, по которой оно движется).
 - записывают второй закон Ньютона сначала в векторном виде $\sum \vec{F}_i = m\vec{a}_{ц.с.}$, а затем в проекциях на оси

координат, где $a_{ц.с.} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega v$.

3. решают полученную систему уравнений.
(при необходимости её дополняют уравнениями движения с учётом что $S = \varphi r$, $v = \omega r$;

$$\omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}$$

Чтобы правильно определить количество сил, действующих на тело, необходимо придерживаться следующего правила:

Сколько тел и полей действует на данное тело, столько и сил (плюс силы трения и сопротивления, если они есть по условию задачи)

Схема решения задач на законы сохранения импульса

1. Сделать рисунок, на котором указать тела рассматриваемой системы и направления их векторов скоростей или импульсов непосредственно перед взаимодействием.
2. Затем сделать аналогичный рисунок для момента непосредственно после взаимодействия.
3. Проанализировать рассматриваемую систему:
 - если система тел замкнута (то есть векторная сумма всех внешних сил, действующих на тела системы равна нулю), то записать закон сохранения импульса для этой системы в виде

$$\left(\sum \vec{p}_i \right)_{\text{до взаимодействия}} = \left(\sum \vec{p}_i \right)_{\text{после взаимодействия}}$$

- если система тел не замкнута, то записать закон изменения импульса для этой системы в виде

$$\left(\sum \vec{F}_i^{\text{внешних}} \right) \cdot \Delta t = \vec{p}_{\text{конечное}} - \vec{p}_{\text{начальное}}$$

Для незамкнутых механических систем закон сохранения импульса можно применить в следующих случаях:

- а. Если проекции всех внешних сил, действующих на систему, на какое-либо направление в пространстве равны нулю, то на это направление выполняется закон сохранения проекции импульса,

$$\left(\text{то есть, если } \sum F_{xi}^{\text{внешних}} = 0 \Rightarrow \left(\sum p_{xi} \right)_{\text{начальное}} = \left(\sum p_{xi} \right)_{\text{конечное}} \right)$$

(обычно такой осью является горизонтальная ось ОХ)

- б. Если внутренние силы по величине много больше внешних сил (например, **разрыв снаряда**), либо очень мал промежутков времени, в течение которого действуют внешние силы (например, **удар**), то закон сохранения импульса можно применить в векторном виде,

$$\left(\text{то есть } \left(\sum \vec{p}_i \right)_{\text{начальное}} = \left(\sum \vec{p}_i \right)_{\text{конечное}} \right)$$

Следует помнить, что все скорости или импульсы тел системы должны быть записаны относительно одной и той же системы координат

4. Выбрать удобную систему координат и записать полученное векторное уравнение в проекциях на выбранные оси.
5. Решить полученную систему уравнений.

Схема решения задач на законы сохранения энергии

1. делать рисунок, на котором указать тела рассматриваемой системы и направления их векторов скоростей в начальном положении, а затем для других положений, о которых есть информация в задаче
2. Выбрать начальный уровень отсчёта потенциальной энергии
3. Проанализировать рассматриваемую систему:

- если на тела системы действуют только консервативные силы ($F_{\text{грав}}, F_{\text{тяж}}, F_{\text{упр}}, F_{\text{кулона}}, F_{\text{арх}}$)

или все действующие на систему неконсервативные силы работу не совершают, то записать закон сохранения полной механической энергии:

$$E_{\text{начальная}} = E_{\text{конечная}}$$

- если на тела системы действуют неконсервативные силы, то записать закон изменения энергии для этой системы в виде

$$\sum A_{\text{неконсервативных}} = E_{\text{конечная}} - E_{\text{начальная}}$$

Следует помнить, что все скорости тел системы должны быть записаны относительно одной и той же системы координат

4. Решить полученную систему уравнений.

Схема решения задач по термодинамике

- *если состояние газа не изменяется*, то записать уравнение Менделеева – Клапейрона:

$$PV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT$$

- *если в задаче рассматривается несколько состояний газа*, то для каждого состояния записать уравнение Менделеева – Клапейрона (или уравнение Клапейрона, если масса газа не изменяется

$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$) и решить полученную систему уравнений.

- *если масса газа остаётся постоянной и один из параметров газа не изменяется*, то записать уравнения состояния для данного изопроцесса:

изотермический процесс (т. е. $T = \text{const}$): $PV = \text{const}$ закон Бойля – Мариотта.

изохорический процесс (т. е. $V = \text{const}$): $\frac{P}{T} = \text{const}$ закон Шарля.

изобарический процесс (т. е. $P = \text{const}$): $\frac{V}{T} = \text{const}$ закон Гей – Люссака.

- *если в задаче рассматривается смесь газов*, то решение обычно начинается с записи закона Дальтона для этой смеси

$$P_{\text{смеси}} = p_1 + p_2 + \dots + p_n,$$

а затем по уравнению Менделеева – Клапейрона определяют парциальное давление каждого газа смеси

$$p_i V_{\text{смеси}} = \nu_i RT_{\text{смеси}} = \frac{m_i}{\mu_i} RT_{\text{смеси}}.$$

При необходимости записать уравнение Менделеева – Клапейрона для всей смеси газов в виде:

$$P_{\text{смеси}} V_{\text{смеси}} = \nu_{\text{смеси}} RT_{\text{смеси}} = \frac{m_{\text{смеси}}}{\mu_{\text{смеси}}} RT_{\text{смеси}}.$$

Формулы и законы, которые могут Вам понадобиться при решении контрольных работ

КИНЕМАТИКА

Положение материальной точки в пространстве задается радиусом-вектором: $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$, [м]

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ — единичные векторы направлений (орты); x, y, z — координаты точки.

Мгновенная скорость $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$, $\left[\frac{м}{с}\right]$

Где $v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$ - проекции скорости v на оси координат.

Модуль скорости $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$

Мгновенное ускорение $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$, $\left[\frac{м}{с^2}\right]$

Где $a_x = \frac{dv_x}{dt}, a_y = \frac{dv_y}{dt}, a_z = \frac{dv_z}{dt}$ - проекции ускорения a на оси координат.

Модуль ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

Уравнения поступательного движения:

$$x = \pm x_0 \pm v_{ox}t \pm \frac{a_x t^2}{2}$$

$$v_x = \pm v_{ox} \pm a_x t$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \equiv y = \pm y_0 \pm v_{oy}t \pm \frac{a_y t^2}{2};$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \equiv v_y = \pm v_{oy} \pm a_y t;$$

$$z = \pm z_0 \pm v_{oz}t \pm \frac{a_z t^2}{2}$$

$$v_z = \pm v_{oz} \pm a_z t$$

$$v^2 - v_0^2 = 2aS \quad - \quad \text{если движение равноускоренное,}$$

$$v^2 - v_0^2 = -2aS \quad - \quad \text{если движение равнозамедленное.}$$

Угловая скорость $\vec{\omega} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$, $\left[\frac{рад}{с}\right]$

Угловое ускорение $\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}}{dt}$, $\left[\frac{рад}{с^2}\right]$

Полное ускорение материальной точки при криволинейном движении

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$$

Модуль полного ускорения материальной точки при криволинейном движении

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

Уравнения вращательного движения:

$$\varphi = \pm \varphi_0 \pm \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}, \quad \omega = \pm \omega_0 \pm \varepsilon t$$

Связь линейных и угловых величин:

$$T = \frac{t}{N}; \quad n = \frac{N}{t}; \quad T = \frac{1}{n}; \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n; \quad S = \varphi r; \quad v = \omega r; \quad a_{uc} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega v$$

Кинематика сложного движения: $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{пер} + \vec{v}_{отн}; \quad \vec{S}_{абсолютное} = \vec{S}_{переносное} + \vec{S}_{относительное}$

Кинематика относительного движения: $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1; \quad \vec{S}_{21} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1$

средняя скорость по перемещению:

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \dots + \vec{r}_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

средняя путевая скорость

$$\langle v \rangle = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Законы Ньютона:

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_i = m\vec{a} \\ \vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \end{cases}$$

- сила гравитации $F_{grav} = G \frac{Mm}{r^2}$
- сила тяжести $\vec{F}_{тяж} = m\vec{g}$
- сила упругости $\vec{F}_{упр} = -k \vec{x}$
- жесткость системы пружин при их последовательном соединении
- жесткость системы пружин при их параллельном соединении
- сила трения скольжения $F_{тр} = \mu \cdot N$
- сила Архимеда $F_{арх} = \rho_{жс} g V_T$

$$k = k_1 + k_1 + \dots + k_n$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}$$

РАБОТА, МОЩНОСТЬ, КПД. ВИДЫ ЭНЕРГИИ.

- импульс материальной точки $\vec{p} = m \vec{v}, \left[\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \right] \equiv [H \cdot c]$
- импульс системы материальных точек $\vec{p}_{системы} = \sum \vec{p}_i$
- кинетическая энергия $T = \frac{mv^2}{2}, [Дж]$
- потенциальная энергия материальной точки, поднятой на высоту h относительно нулевого уровня отсчёта потенциальной энергии $\Pi = mgh, [Дж]$
- потенциальная энергия протяжённого тела, поднятого на высоту h относительно нулевого уровня отсчёта потенциальной энергии $\Pi = mgh_c, [Дж]$
где h_c - высота центра тяжести тела относительно нулевого уровня отсчёта потенциальной энергии.
- потенциальная энергия упруго деформированной пружины $\Pi = \frac{\kappa x^2}{2}, [Дж]$
- потенциальная энергия гравитационного взаимодействия $\Pi = -G \frac{Mm}{r}, [Дж]$
- полная механическая энергия $E = T + \Pi, [Дж]$
- связь силы с потенциальной энергией $\vec{F} = -grad W = -\frac{dW}{dx}$
- механическая работа силы $A = \int \vec{F} d\vec{s}, [Дж]$
- механическая работа постоянной по величине и направлению силы $A = FS \cos \alpha, [Дж]$
- средняя механическая мощность $N = \frac{A}{t}, [Вт]$
- мгновенная механическая мощность $N = Fv \cos \alpha, [Вт]$
- коэффициент полезного действия (КПД) $\eta = \frac{A_{полезная}}{A_{затраченная}} = \frac{N_{полезная}}{N_{затраченная}}$

ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

- закон изменения импульса механической системы	$(\sum \vec{F}_i^{\text{внешних}}) \cdot \Delta t = \vec{p}_{\text{конечное}} - \vec{p}_{\text{начальное}}$
закон сохранения импульса замкнутой механической систем	$(\sum \vec{p}_i)_{\text{начальное}} = (\sum \vec{p}_i)_{\text{конечное}}$
- закон изменения момента импульса	$(\sum \vec{M}_i^{\text{внешних}}) \cdot \Delta t = \vec{L}_{\text{конечное}} - \vec{L}_{\text{начальное}}$
- закон сохранения момента импульса замкнутой системы	$(\sum \vec{L}_i)_{\text{начальное}} = (\sum \vec{L}_i)_{\text{конечное}}$
- закон изменения полной механической энергии	$\sum A_i^{\text{неконсервативных}} = E_{\text{конечная}} - E_{\text{начальная}}$
- закон сохранения полной механической энергии	$E_{\text{начальная}} = E_{\text{конечная}}$
- теорема о потенциальной энергии	$A_{\text{консервативной}} = -(\Pi_{\text{конечная}} - \Pi_{\text{начальная}})$
теорема о кинетической энергии	$\sum A_i = T_{\text{конечная}} - T_{\text{начальная}}$
- закон движения центра масс	$\sum \vec{F}_i = m \vec{a}_{\text{ц.м}}$
- закон движения центра масс замкнутой системы	если $\sum \vec{F}_i^{\text{внешних}} = 0 \Rightarrow \vec{a}_{\text{ц.м}} = 0 \Rightarrow \vec{v}_{\text{ц.м}} = \text{const}$

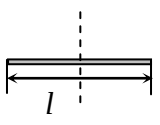
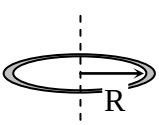
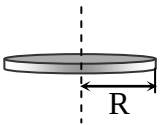
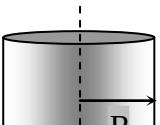
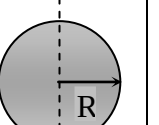
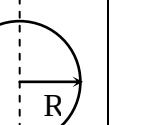
Запись законов сохранения и изменения при абсолютно упругом и абсолютно неупругом ударах:

Абсолютно упругий удар:	$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$	$\frac{mv_{01}^2}{2} + \frac{mv_{02}^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$
Абсолютно неупругий удар:	$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = (m_1 + m_2) \vec{v}$	$\frac{m_1 v_{01}^2}{2} + \frac{m_2 v_{02}^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) v^2}{2} + \begin{cases} Q \\ \Delta U \end{cases}$

ДИНАМИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА

Момент силы относительно неподвижной точки	$\vec{M} = [\vec{r} \vec{F}], [H \cdot m]$
Модуль момента силы относительно неподвижной точки	$M = Fr \sin \alpha, [H \cdot m]$
Момент импульса тела относительно неподвижной точки	$\vec{L} = [\vec{r} \vec{p}], [Дж \cdot c]$
Модуль момента импульса тела относительно неподвижной точки	$L = rp \sin \alpha, [Дж \cdot c]$
Момент импульса твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси	$L = I \omega, [Дж \cdot c]$
Кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси	$T = \frac{I \omega^2}{2}, [Дж]$
Кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно оси, движущейся поступательно	$T = \frac{mv^2}{2} + \frac{I \omega^2}{2}, [Дж]$
Основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела	$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} \text{ или } M = I \varepsilon,$
Теорема Штейнера	$I = I_c + ma^2,$
Момент инерции материальной точки	$I = mR^2, [кг \cdot м^2]$
Элементарная работа момента сил при вращении тела вокруг неподвижной оси	$dA = M_z d\varphi, [Дж]$
Работа момента сил при вращении тела вокруг неподвижной оси	$A = \int M_z d\varphi, [Дж]$

Собственные моменты инерции некоторых тел

однородный тонкий стержень длиной l	однородный тонкий обруч и тонкостенный цилиндр радиусом R	однородный тонкий диск радиусом R	однородный тонкий диск радиусом R	однородный сплошной цилиндр радиусом R	однородный шар радиусом R	однородная сфера радиусом R
						
$I = \frac{ml^2}{12}$	$I = mR^2$	$I = \frac{mR^2}{2}$	$I = \frac{mR^2}{4}$	$I = \frac{mR^2}{2}$	$I = \frac{2}{5}mR^2$	$I = \frac{2}{3}mR^2$

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

- уравнение гармонических колебаний

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

- скорость тела при гармонических колебаниях

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0), \left[\frac{m}{c} \right]$$

- ускорение тела при гармонических колебаниях

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0), \left[\frac{m}{c^2} \right]$$

- кинетическая энергия колеблющейся точки

$$T = \frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi), [Дж]$$

- потенциальная энергия колеблющейся точки

$$\Pi = \frac{kx^2}{2} = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi), [Дж]$$

- полная механическая энергия колеблющейся точки

$$E = T + \Pi = \Pi_{\max} = \frac{kx_{\max}^2}{2} = T_{\max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2$$

- дифференциальное уравнение гармонических колебаний

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

- дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний

$$\ddot{x} + 2\beta \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

- дифференциальное уравнение вынужденных колебаний

$$\ddot{x} + 2\beta \dot{x} + \omega_0^2 x = x_0 \cos \Omega t$$

- декремент затухания

$$D = \frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\beta t}$$

- логарифмический декремент затухания

$$\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T$$

- добротность колебательного контура

$$Q = \frac{\pi}{\lambda} = \frac{\omega_0}{2\beta}$$

- период колебаний математического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, [c]$$

- период колебаний пружинного маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, [c]$$

- период колебаний физического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgd}}, [c]$$

- период электромагнитных колебаний в колебательном контуре

$$T = 2\pi \sqrt{LC}, [c]$$

Амплитуда результирующего колебания, получающегося при сложении двух гармонических колебаний одинакового направления и одинаковой частоты:

$$A_{рез}^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

- Начальная фаза результирующего колебания, получающегося при сложении двух гармонических колебаний одинакового направления и одинаковой частоты:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

- Уравнение траектории движения точки, участвующей в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаниях одинаковой частоты:

$$\frac{x^2}{A^2} - 2 \frac{xy}{AB} \cos \varphi + \frac{y^2}{B^2} = \sin^2 \varphi$$

- Уравнение плоской гармонической бегущей волны $\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$, где $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{v}$ - волновое число

Связь между разностью фаз колебаний двух точек волны и расстоянием между ними $\Delta \varphi = k \Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1)$

- скорость продольной и поперечной волн в твёрдых телах $v_{прод} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ $v_{попер} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$, $\left[\frac{м}{с} \right]$

- скорость продольной волны в газе $v_{прод} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$, $\left[\frac{м}{с} \right]$

ОСНОВЫ МКТ

- количество вещества $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}$, $[моль]$

- основные уравнения МКТ: $p = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle$ и $p = nkT$, $[Па \cdot с]$

- средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул идеального газа $\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT = \frac{m_o \langle v \rangle^2}{2}$, $[Дж]$

- наиболее вероятная скорость теплового движения молекул идеального газа $v_{\epsilon} = \sqrt{\frac{2kT}{m_o}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$, $\left[\frac{м}{с} \right]$

- средняя квадратичная скорость теплового движения молекул идеального газа $\langle v_{кв} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_o}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$, $\left[\frac{м}{с} \right]$

ТЕРМОДИНАМИКА

- закон Менделеева – Клапейрона $PV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT$;

- закон Клапейрона $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ или $\frac{PV}{T} = const$, если $m = const$;

- зависимость объёма и давления идеального газа от его температуры

$$V_t = V_o (1 + \alpha \cdot t) \quad \text{при } p = const$$

$$p_t = p_o (1 + \alpha \cdot t) \quad \text{при } V = const;$$

- закон Дальтона

$$p_{смеси} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$$

- парциальное давление i -го газа смеси

$$p_i V_{смеси} = \nu_i RT_{смеси} = \frac{m_i}{\mu_i} RT_{смеси}$$

- КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A_{полезная}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

- КПД идеальной тепловой машины (машины Карно)

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

- первое начало термодинамики

$$Q = \Delta U + A, [Дж]$$

- внутренняя энергия идеального газа	$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT, \text{ [Дж]}$
- изменение внутренней энергии идеального газа	$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T, \text{ [Дж]}$
где $i = 3$ для одноатомных газов, $i = 5$ для двухатомных газов, $i = 6$ для трёх и более атомных газов	
- работа идеального газа при изохорическом процессе:	если $V = \text{const}$, то $A = 0$
- работа идеального газа при изобарическом процессе	если $p = \text{const}$, то $\begin{cases} A = p \Delta V \\ A = \frac{m}{\mu} R \Delta T \end{cases}$
- работа идеального газа при изотермическом процессе	если $T = \text{const}$, то $\begin{cases} A = \frac{m}{\mu} RT \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \\ A = \frac{m}{\mu} RT \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} \end{cases}$
- уравнение Майера	$R = C_p - C_v$
- молярная теплоёмкость идеального газа при постоянном объёме	$C_v = \frac{i}{2} R, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right]$
- молярная теплоёмкость идеального газа при постоянном давлении	$C_p = \frac{i+2}{2} R, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \right]$
- удельная теплоёмкость идеального газа при постоянном объёме	$c_v = \frac{i}{2} \frac{R}{\mu}, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$
- удельная теплоёмкость идеального газа при постоянном давлении	$c_p = \frac{i+2}{2} \frac{R}{\mu}, \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$
- средняя длина свободного пробега молекул идеального газа	$\langle l \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n}$
- количество теплоты необходимое для нагревания вещества	$Q = cm(t_2 - t_1), \text{ [Дж]}$
- количество теплоты, выделяющееся при сгорании вещества	$Q = qm, \text{ [Дж]}$
- количество теплоты необходимое для плавления вещества	$Q = \lambda m, \text{ [Дж]}$
- количество теплоты необходимое для испарения вещества	$Q = Lm, \text{ [Дж]}$
- закон Фика	$m = -D \frac{d\rho}{dx} St$
- закон Ньютона	$p = -\eta \frac{dv}{dx} St$
- закон Фурье	$Q = -\lambda \frac{dT}{dx} St$
- закон Ньютона для вязкого трения	$F = -\eta \frac{dv}{dx} S$
- коэффициент диффузии	$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle l \rangle, \left[\frac{\text{м}^2}{\text{с}} \right]$
- коэффициент вязкости	$\eta = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \langle l \rangle, \text{ [Па} \cdot \text{с]}$
- коэффициент теплопроводности	$\lambda = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \langle l \rangle c_v$
- среднее число столкновений молекул идеального газа за 1 секунду	$\langle z \rangle = \sqrt{2} \pi d^2 n \langle v \rangle$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

- сила электростатического взаимодействия двух точечных зарядов $F_{кул} = k \frac{|q_1||q_2|}{\epsilon r^2}$
- где $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{Нм^2}{Кл^2}$; $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}$; $\epsilon = \frac{F_{в.вакууме}}{F_{в.веществе}} = \frac{E_{в.вакууме}}{E_{в.веществе}}$
- напряжённость электрического поля $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \left[\frac{H}{Кл} \right] \equiv \left[\frac{В}{м} \right]$
- потенциал электростатического поля $\varphi = \frac{\Pi}{q}, [В]$
- принцип суперпозиции для электростатического поля
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n = \sum \vec{E}_i$$
$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n = \sum \varphi_i$$
- сила, действующая на точечный заряд в электрическом поле $\vec{F} = q\vec{E}, [Н]$
- потенциальная энергия точечного заряда в электростатическом поле $\Pi = q\varphi, [Дж]$
- потенциальная энергия электростатического взаимодействия двух точечных зарядов $\Pi = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r}, [Дж]$
- напряжённость электростатического поля точечного заряда $E = k \frac{q}{\epsilon r^2}, \left[\frac{H}{Кл} \right] \equiv \left[\frac{В}{м} \right]$
- потенциал электростатического поля точечного заряда $\varphi = k \frac{q}{\epsilon r}, [В]$
- напряжённость электростатического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости $E = \frac{1}{2} \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}, \left[\frac{H}{Кл} \right] \equiv \left[\frac{В}{м} \right]$
- работа сил электрического поля по перемещению точечного заряда $A_{эл} = q(\varphi_{начальный} - \varphi_{конечный})$ или $A_{эл} = -(\Pi_{начальная} - \Pi_{конечная})$
- закон сохранения электрического заряда $\left(\sum q_i \right)_{начальное} = \left(\sum q_i \right)_{конечное}$
- Связь между напряжённостью электростатического поля и потенциалом $\vec{E} = -\frac{d\varphi}{d\vec{r}} = -grad\varphi$
- Теорема Остроградского – Гаусса для электрического поля в вакууме $\Phi = \oint_s \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i$

МАГНЕТИЗМ

- связь магнитной индукции и напряжённости магнитного поля $\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}, [Тл]$
- принцип суперпозиции для магнитного поля
$$\vec{B}_{рез} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n$$
$$\vec{H}_{рез} = \vec{H}_1 + \vec{H}_2 + \dots + \vec{H}_n$$
- закон Био – Савара – Лапласа $d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I[d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3}$
- закон полного тока для магнитного поля в вакууме $\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{k=1}^N I_k$
- закон полного тока для магнитного поля в веществе $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \sum I$
- теорема Гаусса для магнитного поля $\oint_s \vec{B} d\vec{S} = \oint_s \vec{B}_n dS = 0$
- магнитное поле прямолинейного бесконечно длинного проводника с током $B = \mu\mu_0 \frac{I}{2\pi r}, [Тл]$
- магнитное поле в центре кругового витка с током $B = \mu\mu_0 \frac{I}{2R}, [Тл]$

- магнитное поле бесконечно длинного соленоида с током $B = \mu\mu_0 In = \mu\mu_0 I \frac{N}{l}, [Tл]$
- магнитное поле прямолинейного проводника конечной длины с током $B = \frac{\mu\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \alpha - \cos \beta), [Tл]$
- магнитное поле по середине прямолинейного проводника с током $B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi a} \cos \alpha, [Tл]$
- индуктивность соленоида $L = \mu\mu_0 n^2 V = \mu\mu_0 \frac{N^2}{l} S, [Гн]$
- сила магнитного взаимодействия двух параллельных прямолинейных проводников с током $F_{\text{магн}} = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2}{2\pi r} l$
- сила Ампера $d\vec{F}_A = I [d\vec{l} \vec{B}],$ где модуль силы $dF_A = IBdl \sin \alpha$
- сила Лоренца $\vec{F}_L = q [\vec{v} \vec{B}],$ где модуль силы $F_L = |q|vB \sin \alpha$
- механический магнитный момент, действующий на контур с током в магнитном поле $\vec{M} = [\vec{p}_m \vec{B}],$ где модуль момента силы $M = p_m B \sin \alpha = IB S \sin \alpha$
- поток вектора магнитной индукции $\Phi = BS \cos \alpha$
- собственный магнитный поток контура и соленоида с током $\Phi_{\text{собст}} = LI$
- изменение собственного магнитного потока контура и соленоида с током $\Delta\Phi_{\text{собст}} = L\Delta I \quad \Delta\Phi = \Phi_{\text{конечный}} - \Phi_{\text{начальный}}$
- работа сил магнитного поля по перемещению проводника или контура с током $A_{\text{мн}} = I\Delta\Phi, [Дж]$
- ЭДС индукции (закон Фарадея) $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, [В]$
- ЭДС индукции, возникающая в движущемся в однородном магнитном поле прямолинейном проводнике $\mathcal{E}_{\text{инд}} = vB_{\perp} l \sin \alpha, [В]$
- ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_{\text{сам}} = -\frac{d\Phi_{\text{собст}}}{dt} = -L \frac{dI}{dt}, [В]$
- энергия магнитного поля проводника и контура с током $W_{\text{мн}} = \frac{LI^2}{2}, [Дж]$
- объёмная плотность энергии магнитного поля $w_m = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2}$

ПОСТОЯННЫЙ ТОК

- сила тока $I = \frac{dq}{dt}$
- плотность тока $j = \frac{I}{S}$
- ЭДС источника тока $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{см}}}{q}$
- закон Ома для участка электрической цепи $I = \frac{U}{R}$
- закон Ома для замкнутой электрической цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$
- зависимость сопротивления металлического проводника от его размеров $R = \rho \frac{l}{S}$
- зависимость сопротивления металлического проводника от его температуры $R_t = R_0 (1 + \alpha t)$
- зависимость удельного сопротивления металлического проводника от его температуры $\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha t)$

работа постоянного тока	$A = qU = IUt$	или	$A = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t, [Дж]$
мощность постоянного тока	$P = IU$	или	$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}, [Вт]$
закон Джоуля – Ленца	$Q = IUt$	или	$Q = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t, [Дж]$
ЭДС	$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{сторонних}}}{q},$		
напряжение	$U = \frac{A_{\text{сторонних}} + A_{\text{кулоновских}}}{q}$		
напряжение на клеммах источника тока			$U_{\text{ист}} = \mathcal{E} - Ir = IR, [В]$
полезная работа источника постоянного тока			$A_{\text{полезная}} = qU_{\text{ист}} = IU_{\text{ист}} t, [Дж]$
затраченная (полная) работа источника постоянного тока			$A_{\text{затраченная}} = q\mathcal{E} = I\mathcal{E} t$ или $A_{\text{затраченная}} = \frac{\mathcal{E}^2}{R+r} = I^2 (R+r)$
полезная мощность источника постоянного тока			$P_{\text{полезная}} = \frac{A_{\text{полезная}}}{t} = IU_{\text{ист}}, [Вт]$
затраченная (полная) мощность источника постоянного тока			$P_{\text{затраченная}} = \frac{A_{\text{затраченная}}}{t} = I\mathcal{E}, [Вт]$
КПД источника тока			$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}} = \frac{P_{\text{полезная}}}{P_{\text{затраченная}}}$
Ёмкость уединённого проводника			$C = \frac{q}{\varphi}$
Ёмкость уединённой проводящей сферы (шара)			$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$
Ёмкость конденсатора			$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}$
Ёмкость плоского конденсатора			$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$
Электрическая ёмкость сферического конденсатора			$C = 4\pi \frac{\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$
Электрическая ёмкость цилиндрического конденсатора			$C = 2\pi \frac{\epsilon\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$
Энергия электрического поля уединённого проводника			$W_{\text{эл}} = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C}, [Дж]$
Энергия электрического поля конденсатора			$W_{\text{эл}} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C}, [Дж]$
Объёмная плотность энергии электрического поля			$w = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2}, \left[\frac{Дж}{м^3} \right]$

Последовательное соединение проводников

$$\begin{cases} R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \\ U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n \\ I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = \dots = I_n \\ I_i = \frac{U_i}{R_i} \quad I_{\text{общ}} = \frac{U}{R_{\text{общ}}} \end{cases}$$

Последовательное соединение конденсаторов

$$\begin{cases} \frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \\ U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n \\ q_{\text{общ}} = q_1 = q_2 = \dots = q_n \\ C_i = \frac{q_i}{U_i} \quad C_{\text{общ}} = \frac{q_{\text{общ}}}{U_{\text{общ}}} \end{cases}$$

Параллельное соединение проводников

$$\begin{cases} \frac{1}{R_{\text{общ}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \\ U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n \\ I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n \\ I_i = \frac{U_i}{R_i} \quad I_{\text{общ}} = \frac{U}{R_{\text{общ}}} \end{cases}$$

Параллельное соединение конденсаторов

$$\begin{cases} C_{\text{общ}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n \\ U_{\text{общ}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n \\ q_{\text{общ}} = q_1 + q_2 + \dots + q_n \\ C_i = \frac{q_i}{U_i} \quad C_{\text{общ}} = \frac{q_{\text{общ}}}{U_{\text{общ}}} \end{cases}$$

Правила Кирхгофа для цепей постоянного тока

Первое правило Кирхгофа

Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю, т.е.

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0$$

Второе правило Кирхгофа

В любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма падений напряжений (произведений сил токов J на сопротивление R) на отдельных участках цепи этого контура равна алгебраической сумме ЭДС E_k , встречающихся в контуре:

$$\sum_{i=1}^n I_i \cdot R_i = \sum_{k=1}^m \mathcal{E}_k$$

Применяя законы Кирхгофа необходимо:

1. Определить число электрических узлов и независимых контуров в схеме

Узлом называется место соединения трех и более проводников.

Контур – это любая замкнутая цепь.

Независимый контур – контур, который содержит хотя бы одну новую ветвь. Ветвь – участок цепи от узла до узла

2. Перед составлением уравнений произвольно выбрать и указать стрелками на чертеже:

а) направление токов (если они не задана по условию задачи) во всех сопротивлениях, входящих в цепь, учитывая, что от узла до узла течёт один и тот же ток;

б) направление обхода контура.

3. При составлении уравнений по первому закону Кирхгофа считать токи, подходящие к узлу, положительными, а токи, отходящие от узла – отрицательными.

Число уравнений, составляемых по первому закону Кирхгофа, должно быть на единицу меньше числа узлов, содержащихся в цепи.

4. При составлении уравнений по второму правилу Кирхгофа следует считать:

а) падение напряжения на участке цепи (т.е. произведение $I \cdot R$) входит в уравнение со знаком плюс, если направление тока в данном участке совпадает с выбранным направлением обхода контура; в противном случае произведение $I \cdot R$ входит в уравнение со знаком минус;

б) ЭДС $\mathcal{E}$ входит в уравнение со знаком плюс, если оно повышает потенциал в направлении обхода контура: т.е. если при обходе контура внутри источника тока приходится идти от минуса к плюсу, в противном случае ЭДС $\mathcal{E}$ входит в уравнение со знаком минус.

Число независимых уравнений, которые могут быть составлены по второму закону Кирхгофа, равно числу независимых контуров, имеющих в цепи.

Для составления уравнений первый контур можно выбрать произвольно. Все следующие контуры следует выбирать таким образом, чтобы в каждый новый контур входила хотя бы одна ветвь цепи, не участвовавшая ни в одном из ранее использованных контуров. Произвольно выбранное направление обхода по контурам не изменяется до конца решения задачи.

Если при решении уравнений, составленных вышеуказанным способом, получены отрицательные значения силы тока или напряжения, то это означает, что ток через данное сопротивление в действительности течет в направлении, противоположном выбранному.

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

Эффективное (или действующее) значение силы тока и напряжения

$$I_{\text{эфф}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad \text{и} \quad U_{\text{эфф}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Закон Ома для цепи переменного тока только с активным сопротивлением

$$I_m = \frac{U_m}{R}$$

Закон Ома для цепи переменного тока с идеальной индуктивностью

$$I_m = \frac{U_m}{\omega L}$$

Индуктивное сопротивление

$$X_L = \omega L$$

Закон Ома для цепи переменного тока с идеальной ёмкостью

$$I_m = \omega C U_m = \frac{U_m}{\frac{1}{\omega C}}$$

Ёмкостное сопротивление

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Закон Ома для цепи переменного тока с последовательно соединёнными

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{U_m}{Z}$$

активным сопротивлением, ёмкостью и индуктивностью

Полное сопротивление (или импеданс) цепи переменного тока

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

Сдвиг фаз между силой тока и напряжением в цепи переменного тока

$$\text{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Уравнения Максвелла в интегральной форме (или полевые уравнения Максвелла)

Первое уравнение

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

Второе уравнение

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S}$$

Третье уравнение

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV$$

Четвёртое уравнение

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Уравнения Максвелла в дифференциальной форме

Первое уравнение

$$\text{rot } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Второе уравнение

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Третье уравнение

$$\text{div } \vec{D} = \rho$$

Четвёртое уравнение

$$\text{div } \vec{B} = 0$$

граничные условия (условия на границе раздела двух сред)

Для электрического поля

$$D_{2n} - D_{1n} = \sigma, \quad E_{2\tau} - E_{1\tau} = 0$$

Для магнитного поля

$$H_{2\tau} - H_{1\tau} = j_N^{\text{поверх}}, \quad B_{2n} - B_{1n} = 0,$$

Вектор Умова – Пойтинга

$$\vec{I} = [\vec{E} \times \vec{H}]$$

ОПТИКА

Оптическая разность хода двух лучей	$\Delta = (n_2 l_2 - n_1 l_1)$
Условие интерференционных максимумов	$\Delta = \pm 2m \frac{\lambda}{2}$
Условие интерференционных минимумов	$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$
Оптическая разность хода двух лучей при интерференции света, отражённого от верхней и нижней границы тонкой плоскопараллельной пластины	$\Delta = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \pm \frac{\lambda}{2} = 2dn \cos \alpha \pm \frac{\lambda}{2}$ (если $n > n_0$, то $+\frac{\lambda}{2}$, если $n < n_0$, то $-\frac{\lambda}{2}$)
Ширина интерференционной полосы в опыте Юнга	$\Delta x = \frac{b\lambda}{d} = \frac{bc}{d\nu}, [м]$
Радиусы светлых колец Ньютона в отражённом свете	$r_m^{светл} = \sqrt{(2m-1)\frac{\lambda}{2}R}, [м]$
Радиусы тёмных колец Ньютона в отражённом свете	$r_m^{темн} = \sqrt{m\lambda R}, [м]$
Радиус внешней границы m -ой зоны Френеля для сферической волны	$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b}m\lambda}, [м]$
Радиус внешней границы m -ой зоны Френеля для плоской волны	$r_m = \sqrt{bm\lambda}, [м]$
Условие дифракционных максимумов от одной щели	$a \sin \varphi = \pm (2m+1) \frac{\lambda}{2}$
Условие дифракционных минимумов от одной щели	$a \sin \varphi = \pm 2m \frac{\lambda}{2}$
Условие главных дифракционных максимумов от дифракционной решётки	$d \sin \varphi = \pm 2m \frac{\lambda}{2}$
Условие главных дифракционных минимумов от дифракционной решётки	$a \sin \varphi = \pm 2m \frac{\lambda}{2}$
Угловая дисперсия дифракционной решётки	$D = \frac{d\varphi}{d\lambda} = \frac{m}{d \cos \varphi}, \left[\frac{рад}{м} \right]$
Разрешающая способность дифракционной решётки	$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = mN_{общее}$
Условие дифракционных максимумов от пространственной дифракционной решётки (формула Вульфа - Брэггов)	$2d \sin \theta = m\lambda$
Давление света при нормальном падении на вещество	$p = \frac{E_e}{c}(1 + \rho) = \omega(1 + \rho), [Па]$
Закон Малюса	$I_2 = I_1 \cos^2 \varphi$
Закон Брюстера	$tg \alpha_{Бр} = n_{21}$
Закон преломления света (закон Снеллиуса)	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$
Закон Стефана – Больцмана для абсолютно чёрного тела	$R_T = \sigma T^4$
Закон Рэлея – Джинса	$r_{\lambda,T} = \frac{2\pi c^2}{\lambda^4} kT$
Закон смещения Вина	$\lambda_{max} = \frac{b}{T}, \quad \text{где} \quad b = 2.9 \cdot 10^{-3} м \cdot K$

Зависимость максимальной спектральной плотности
энергетической светимости абсолютно чёрного тела
от его температуры

$$r_{\lambda,T}^{\max} = CT^5, \quad \text{где } C = 1,30 \cdot 10^{-5} \frac{Bm}{M^3 \cdot K^5}$$

Изменение длины волны рентгеновского излучения
при комптоновском рассеивании (эффект Комптона)

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta) = 2 \frac{h}{mc} \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

Эффект Доплера для ЭМВ

$$\nu_{\text{приёмника}} = \nu_{\text{источника}} \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}{1 + \frac{v^2}{c^2} \cos\theta}$$

Степень поляризации света

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

АТОМНАЯ ФИЗИКА

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad \text{или} \quad E_{\phi} = A_{\text{вых}} + T_{\max}$$

Запирающий (задерживающий) потенциал при фотоэффекте можно определить по формуле

$$|e|U_{\text{зан}} = \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

Связь работы выхода с красной границей фотоэффекта

$$\begin{cases} h\nu_{\text{кр}} = A_{\text{вых}} \\ \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} = A_{\text{вых}} \end{cases}$$

Энергия фотона

$$E_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad \text{или} \quad E_{\phi} = m_{\phi}c^2$$

Импульс фотона

$$p_{\phi} = \frac{h}{\lambda} \quad \text{или} \quad p_{\phi} = m_{\phi}c$$

Скорость света в вакууме

$$c = \lambda\nu = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Законы радиоактивного распада

$$\begin{cases} N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = N_0 2^{-\frac{t}{T_1}} \\ m = m_0 e^{-\lambda t} = m_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = m_0 2^{-\frac{t}{T_1}} \\ A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = A_0 2^{-\frac{t}{T_1}} \end{cases}$$

Радиус ядра

$$R = R_0 \sqrt[3]{A}$$

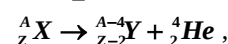
Дефект массы ядра

$$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_{\text{я}}$$

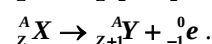
Энергия связи нуклонов в ядре

$$E_{\text{связи}} = \Delta mc^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}]c^2$$

при α -распаде



при β -распаде



КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Соотношения неопределённости Гейзенберга

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar, \quad \Delta E \Delta \tau \geq \hbar$$

Длина волны де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{p}$$