



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ
А.А. НОВИКОВА»**



УТВЕРЖДАЮ

Ректор

/ Ю.Ю. Михальчевский /

мая 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика

Специальность

25.03.03 Аэронавигация

Специализация

«Эксплуатация беспилотных авиационных систем»

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Санкт-Петербург

2023

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Физика являются:

- Формирование целостного представления о процессах и явлениях, происходящих в природе, о фундаментальных физических законах управляющих ими; навыков решения прикладных задач классической и квантовой физики; умение выделять и моделировать конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей профессиональной деятельности бакалавра.
- Сформировать знания основных законов механики и молекулярной физики, электричества и магнетизма, волновой и квантовой оптики.
- Сформировать представления о классических моделях, применяемых в механике и молекулярной физике, при изучении электричества, магнетизма и волновой оптики.
- Сформировать представления о современных методах при изучении квантовой оптики, атомной физики ядра и моделировании физических процессов.
- Научить самостоятельной работе с литературой при поиске информации для выбора наиболее подходящего метода решения поставленных задач.
- Сформировать навыки применения различных методов решения физических задач.
- Научить методам проведения физического эксперимента с использованием физического оборудования и компьютерных методов моделирования и обработки результатов измерений.
- Научить осуществлять обработку экспериментальных результатов с применением автоматизированных систем и компьютерной техники.
- Подготовить к применению полученных знаний при изучении и усвоении общепрофессиональных дисциплин, а также специальных дисциплин по направлению обучения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина Физика относится к учебным дисциплинам обязательной части учебного плана образовательной программы направления подготовки 25.03.03 Аэронавигация, профиль подготовки- Эксплуатация беспилотных авиационных систем, квалификация (степень) – бакалавр.

Дисциплина изучается в 1 и 2 семестрах.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Физика» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
ОПК-6	Способность использовать основные законы математических и естественнонаучных дисциплин (модулей) в профессиональной деятельности, в том числе с использованием стандартных программных средств
ИД-3_{оПК-6}	Применяет законы физики для оценки параметров систем и природных явлений;
ИД-4_{оПК-6}	Имеет навыки решения физических задач. Знает приемы решений физических задач, способы описания различных явлений, процессов и их модели. Умеет использовать знания физических теорий для понимания принципов работы приборов и устройств.
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Планируемые результаты изучения дисциплины:

знать:

- основные физические законы в области механики, термодинамики, электромагнетизма, атомной физики в объеме средней школы;
- основные понятия дифференциального исчисления, основные понятия интегрального исчисления, основные методы исследования и построения графиков функций, основные понятия теории вероятностей;

уметь:

- применять физические законы для решения практических задач начального уровня в объеме средней школы;
- применять методы алгебры и аналитической геометрии при анализе и решении прикладных задач, применять методы дифференциального и интегрального исчисления функций одного и нескольких переменных при решении задач физики и техники;

владеть:

- методами решения задач механики, электричества и магнетизма, колебаний и волн, термодинамики в объеме средней школы;
- владеть основными законами, положениями и методами высшей математики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144

академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр	
		1	2
Общая трудоемкость дисциплины	180	72	108
Контактная работа:	80.8	42.3	38.5
лекции	32	14	18
практические занятия	38	28	10
семинары			
лабораторные работы	22	14	8
курсовой проект			
Самостоятельная работа студента	57	21	36
Промежуточная аттестация зачет/ экзамен	42.2	8.7	33.5

5. Содержание дисциплины

5.1. Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций

Темы, разделы дисциплины	КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ	КОМПЕТЕНЦИИ		Образовательные технологии	Оценочные средства
		УК-1	ОПК-6		
Раздел 1. Физические основы механики	36	+	+	Л, ПЗ, СРС	РЗ, СЗ
Раздел 2. Электричество и магнетизм. Электродинамика.	36	+	+	Л, ПЗ, СРС	РЗ, СЗ, Т
Итого за семестр 1	72	+	+	Л, РКС, ПЗ, СРС	РЗ, СЗ
Раздел 3. Электромагнитные волны.	36	+	+	Л, РКС, ПЗ, СРС	РЗ, СЗ
Раздел 4. Основы квантовой механики. Атом. Молекула. Атомное ядро	36	+	+	Л, РКС, ПЗ, СРС	РЗ, СЗ
Раздел 5. Термодинамика и статистическая физика	36	+		Л, ПЗ, СРС	РЗ, СЗ
Итого за семестр 2	108	+	+	Л, ПЗ, СРС	РЗ, СЗ, Т
Промежуточная аттестация	42.2				
Всего по дисциплине	180				

Сокращения: Л– лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, РКС – разбор конкретной ситуации, Д – доклад, УО – устный опрос, Т-тест, РЗ – расчетная задача, СЗ – ситуационная задача.

5.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КП	Всего часов
1 семестр						
Раздел 1. Физические основы механики	7	14		11		36
Раздел 2. Электричество и магнетизм. Электродинамика.	7	14		10		36
Итого за семестр						72
2 семестр						
Раздел 3. Электромагнитные волны.	6	4	2	12		36
Раздел 4. Основы квантовой механики. Атом. Молекула. Атомное ядро	6	3		12		36
Раздел 5. Термодинамика и статистическая физика	6	3	2	12		36
Итого за семестр						108
Промежуточная аттестация						42.2
Всего по дисциплине						

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, ЛР – лабораторная работа, СРС – самостоятельная работа студента, КП – курсовой проект.

5.3 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Тема 1.1. Кинематика и динамика материальной точки

6

Предмет физики. Роль физики в развитии техники. Структура курса физики и цели обучения. Методы физической науки: теория и эксперимент. Физические величины. Физическое и математическое моделирование. Пространство и время - фундаментальные физические понятия. Система единиц СИ. Эталоны длины и времени. Модели физических объектов.

Элементы кинематики. Вектор перемещения. Система отсчета. Радиус-вектор материальной точки. Закон движения материальной точки. Кинематическое описание движения. Скорость, ускорение. Криволинейное движение. Нормальное и тангенциальное ускорение

Динамика материальной точки. Сила как мера взаимодействия. Условия применимости законов Ньютона. Понятие состояния в классической механике. Фундаментальные и нефундаментальные силы. Замкнутые системы. Импульс и момент импульса материальной точки. Момент силы. Законы сохранения импульса и момента импульса.

Работа и энергия. Фундаментальные и нефундаментальные взаимодействия.

Силовое поле. Потенциальные силы. Потенциальная энергия и ее связь с механической работой. Закон сохранения полной механической энергии замкнутой системы. Центр инерции системы материальных точек и закономерности его движения. Момент силы. Момент импульса и его изменение. Движение материальной точки по окружности. Момент инерции материальной точки. Закон сохранения момента импульса системы частиц. Орбитальный и собственный моменты импульса.

Тема 1.2. Механика твердого тела, жидкостей и газов

Элементы кинематики вращательного движения. Абсолютно твердое тело (АТТ) как модель системы материальных точек. Поступательное и вращательное движение. Мгновенная ось вращения. Момент импульса и момент инерции АТТ относительно неподвижной оси. Теорема Штейнера. Основное уравнение динамики вращательного движения абсолютно твердого тела

Элементы механики жидкости. Модель сплошной среды. Уравнение неразрывности. Идеальная жидкость. Уравнение Бернулли. Измерение статического и динамического давления. Движение тел в жидкостях и газах. Подъемная сила крыла. Вязкость. Ламинарное и турбулентное течения.

Тема 1.3. Механические колебания и волны Колебания. Гармонические колебания. Амплитуда и фаза колебаний. Пружинный маятник. Свободные незатухающие колебания. Физический и математический маятники. Энергия гармонического осциллятора. Затухающие колебания. Вынужденные колебания.

Раздел 2. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Тема 2.1. Электростатика и постоянный ток

Электрический заряд и его свойства. Закон Кулона. Напряженность электрического поля, принцип суперпозиции. Потенциал электрического поля. Связь между напряженностью электростатического поля и потенциалом. Циркуляция электростатического поля. Поток электрического поля. Теорема Гаусса для электрического поля.

Проводник в электрическом поле. Поле внутри заряженного проводника и у его поверхности. Емкость. Конденсаторы. Энергия и плотность энергии электростатического поля.

Электрический диполь. Электрический момент. Полярные и неполярные молекулы. Поляризация диэлектриков. Поле внутри диэлектрика, вектор электрического смещения. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрический эффект

Постоянный электрический ток, его характеристики. Газ заряженных частиц в электрическом поле. Подвижность зарядов. Проводимость. Законы Ома и Джоуля-Ленца в локальной форме. Законы Ома и Джоуля-Ленца для

Тема 2.2. Магнитное поле

Лекция 2.2.1. Взаимодействие токов. Магнитное поле. Магнитная индукция. Сила Лоренца. Эффект Холла. Закон Ампера. Магнитное поле стационарных токов. Закон Био-Савара-Лапласа. Поток и циркуляция вектора магнитной индукции. Магнитный момент кругового тока. Контур с током в магнитном поле. Понятие о магнитных моментах элементарных частиц и атомов. Молекулы в магнитном поле. Магнитная восприимчивость. Парамагнетики и диамагнетики.

Вектор намагниченности. Магнитная проницаемость. Напряженность магнитного поля. Ферромагнетизм. Явление гистерезиса.

Тема 2.3. Электродинамика Закон Фарадея-Ленца. Правило Ленца. Возникновение ЭДС индукции в движущемся проводнике. Электромагнитная индукция. Генератор переменного тока. Токи Фуко. Индуктивность. Явление самоиндукции. Энергия и плотность энергии магнитного поля

ВТОРОЙ СЕМЕСТР

Раздел 3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Тема 3.1. Электромагнитные волны Волновое уравнение. Плоская электромагнитная волна. Свойства электромагнитных волн. Энергия и импульс плоской электромагнитной волны. Вектор Пойнтинга

Тема 3.2. Волновая оптика

Естественный и поляризованный свет. Поляризаторы. Закон Малюса. Поляризация при отражении и преломлении. Двойное лучепреломление. Вращение плоскости поляризации

Интерференция света. Когерентные волны. Методы получения когерентных источников. Интерференция при отражении от тонких пластинок.

Взаимодействие электромагнитного поля с веществом. Показатель преломления. Дисперсия. Поглощение и отражение электромагнитных волн. Группы волн. Групповая и фазовая скорости.

Раздел 4. ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ. АТОМ. МОЛЕКУЛА. АТОМНОЕ ЯДРО

Тема 4.1. Корпускулярно-волновой дуализм. Уравнение Шредингера

Эволюция взглядов на природу света. Фотоэффект. Фотоны. Давление света. Эффект Комптона. Статистическая трактовка волновых свойств фотонов. Гипотеза де-Бройля. Опытные факты в доказательство волновых свойств вещества. Соотношения неопределенностей.

Уравнение Шредингера. Волновая функция, ее статистический смысл. Одномерный потенциальный ящик с бесконечными стенками. Квантование энергии. Линейный гармонический осциллятор. Энергия нулевых колебаний. Потенциальный барьер. Туннельный эффект

Тема 4.2. Квантовая теория атома и молекулы

Спектр излучения атома водорода. Боровская теория атома водорода. Уравнение Шредингера для атома водорода. Квантовые числа. Волновая функция для основного состояния. Орбитальный момент электрона в атоме. Магнитный момент. Спин электрона.

Спин элементарных частиц и атомных ядер. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Периодический закон Менделеева. Объяснение химических свойств элементов в квантовой теории

Тема 4.3. Атомное ядро. Элементарные частицы

Строение ядра, размеры ядер, модели ядра. Ядерные силы. Энергия связи. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Деление ядер. Ядерные реакторы. Реакция синтеза ядер.

Классификация элементарных частиц, частицы и античастицы. Кварки и их

квантовые числа. Глюоны. Модель сильного взаимодействия

Раздел 5. ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Тема 5.1. Макроскопическое состояние вещества. 1-е и 2-е начала термодинамики Динамические и статистические закономерности в физике. Статистический и термодинамический методы изучения макроскопических явлений. Макросистема и методы ее описания. Микропараметры и макропараметры системы. Контакты систем. Температура. Тепловое равновесие. Уравнение состояния. Модель идеального газа. Равновесные процессы. Изопроцессы. Работа. Внутренняя энергия. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Теплота. 1-е начало термодинамики.

Теплоемкость идеального газа. Соотношение Майера. Зависимость теплоемкости многоатомного газа от температуры. Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона. Работа при адиабатическом процессе.

Макросостояние и микросостояние системы. Основной постулат статистической физики. Статистический вес. Энтропия системы. Закон возрастания энтропии. Статистическая температура. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Экспериментальная проверка закона распределения Максвелла. Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Распределение Максвелла-Больцмана.

Энтропия и теплота. Энтропия идеального газа. Изменение энтропии в изопроцессах. Циклы. Работа цикла. 2-е начало термодинамики. К.п.д. цикла. Цикл Карно. 1-я и 2-я теоремы Карно

Тема 5.2. Физическая кинетика. Реальные газы. Жидкости

Явления переноса. Диффузия, теплопроводность, вязкость. Частота столкновений и длина свободного пробега молекул. Диффузия в газах. Вязкость газов. Теплопроводность газов.

Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Конденсация реального газа. Изотермы Ван-дер-Ваальса.

Тема 5.3. Элементы квантовой статистики Типы статистик. Распределение Бозе-Эйнштейна. Абсолютно черное тело. Распределение Планка. Закон излучения Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон смещения Вина. Поглощение фотонов атомами. Спонтанное и вынужденное излучения. Принцип детального равновесия. Лазеры. Процесс генерации. Создание инверсной населенности. Накачка.

Фермионы. Распределение Ферми-Дирака. Распределение электронов проводимости в металле по квантовым состояниям. Энергия Ферми. Теплоемкость электронного газа в кристалле. Энергетические уровни в атоме и энергетические зоны в кристалле. Распределение электронов по квантовым состояниям в кристалле. Проводники и диэлектрики. Полупроводники. Собственная и примесная проводимость полупроводника. Внутренний фотоэффект. Сверхпроводимость. Природа сверхпроводимости. Куперовские пары.

5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
1 семестр		
1	Практическое занятие 1 Кинематика материальной точки.	3
2	Практическое занятие 2. Динамика материальной точки	3
3	Практическое занятие -3. Центр масс. Момент инерции АТТ Динамика вращательного движения СМТ и АТТ	3
4	Практическое занятие -4. Механика сплошной среды.	3
5	Практическое занятие -5. Механические колебания и волны.	3
6	Практическое занятие -6. Электростатика.	3
7	Практическое занятие -7. Энергия электрического поля. Постоянный ток.	3
8	Практическое занятие - 8. Сила Лоренца. Закон Ампера Закон Био-Савара-Лапласа	3
9	Практическое занятие - 9. Электромагнитная индукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Тестирование по теме. Тестирование по теме.	4
Итого за семестр 1		28
2 семестр		
1	Практическое занятие -1. ЭМ Волны.	2
2	Практическое занятие-2. Поляризация.	2
3	Практическое занятие -3. Интерференция и дифракция волн	2
4	Практическое занятие -4. Дуализм свойств света. Давление света. Эффект Комптона.	2
5	Практическое занятие-5. Гипотеза де Бройля. Соотношение неопределенностей. Потенциальная яма. Квантовая теория атома.	2
Итого за семестр 2		10
Итого по дисциплине		38

5.5 Лабораторный практикум

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
1 семестр		
1	Основы теории погрешностей.	1
2	Дифракция света	3
3	Поляризация света	4
Итого за семестр 2		8
Итого по дисциплине		8

5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
1 семестр		
1	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [3] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	15
2	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [1,2,4] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	15
3	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [1,2,4] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	15
4	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [1,2,4] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	15
5	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [4,7] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	15
6	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [1,2,4] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	15
7	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [1,2,4] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	15
8	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [1,2,4] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	15
9	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. [1,2,4] Выполнение расчетного задания, решение ситуационных задач	14
Итого за семестр 1		134
Итого по дисциплине		134

5.7 Курсовые проекты

Курсовые проекты учебным планом не предусмотрены.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Трофимова Т.И. Курс физики. - М.: Высшая школа. 2008-2019.
2. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики. - М.: В.Ш. 2008.

б) дополнительная литература:

3. Савельев И.В. Курс общей физики: Пособие: Кн.1-5.-М.: Наука. Физматлит.2008-2019.
4. Учебно-методические пособия по выполнению лабораторных работ (размещены в электронной библиотеке университета <http://library.mstuca.ru/>).

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения образовательного процесса материально-техническими ресурсами используется аудитория №534, оборудованная МОК (мультимедийный обучающий комплекс) - компьютер, проектор, интерактивная доска, аудитория №536, аудитория №538, аудитория №541, аудитория №543.

Материалы INTERNET, мультимедийные курсы, оформленные с помощью Microsoft Power Point, используются при проведении лекционных и практических занятий.

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Физика	Аудитория 430	Комплект учебной мебели: парты и стулья (местимость: 28 посадочных мест) МОК (мультимедийный обучающий комплекс) - компьютер, проектор, интерактивная доска	Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 Acrobat Professional 9 Windows International Kaspersky Anti-Virus Suite для WKS и FS Konsi- SWOT ANALYSIS Konsi - FOREXSAL
Физика	Аудитория 422	Комплект учебной мебели Местимость: 26 посадочных мест	

	Аудитория 430	Комплект учебной мебели Вместимость: 24 посадочных места	
	Аудитория 433	Комплект учебной мебели Вместимость: 28 посадочных места	

8 Образовательные и информационные технологии

В рамках изучения дисциплины предполагается использовать следующие образовательные технологии.

Лекция составляет основу теоретического обучения в рамках дисциплины и направлена на систематизированное изложение накопленных и актуальных научных знаний. Лекция предназначена для раскрытия состояния и перспектив развития экономических знаний в современных условиях. На лекции концентрируется внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируется их активная познавательная деятельность.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, который сопровождается одновременной демонстрацией слайдов, при необходимости привлекаются открытые Интернет-ресурсы, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные материалы и практические примеры.

Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих тем, а также приобрести начальные практические навыки. Рассматриваемые в рамках практического занятия задачи, ситуации, примеры и проблемы имеют профессиональную направленность и содержат элементы, необходимые для формирования компетенций в рамках подготовки обучающихся. Практические занятия предусматривают участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практические занятия и курсовой проект по дисциплине являются составляющими практической подготовки обучающихся, так как предусматривают их участие в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Также в качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации, используемый на практических занятиях и заключающийся в постановке перед студентами расчётных и ситуационных задач с целью достижения планируемых результатов в части умения анализировать состояние и динамику изменения экономических показателей транспортной работы в системе организации перевозок пассажиров и грузов с использованием необходимых методов, выявлять в процессе изучения конкретные закономерности функционирования и развития транспортной

отрасли.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы. Ее основной целью является формирование навыка самостоятельного приобретения знаний по некоторым вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, самостоятельная работа со справочниками, периодическими изданиями и научно-популярной литературой.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Оценочные средства включают: решение ситуационных задач, тестирование, задания, выдаваемые на самостоятельную работу по темам дисциплины.

Расчетные задачи и ситуационные задачи представляют собой практическое применение теоретических знаний к конкретной хозяйственной ситуации (совокупности хозяйственных операций, осуществляемых в рамках организации).

Контроль выполнения задания, выполняемого на практических занятиях, преследует собой цель своевременного выявления плохо усвоенного материала дисциплины для последующей корректировки.

Тестирование проводится по темам в соответствии с данной программой и предназначено для проверки обучающихся на предмет освоения материала предыдущей лекции.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета с оценкой в 1 семестре и экзамена во 2 семестре. К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля.

Экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Билет включает два теоретических вопроса и задачу.

9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов по дисциплине

Не применяется.

9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Расчетные и ситуационные задачи:

«зачтено»: задание выполнено полностью, в соответствии с поставленными требованиями и сделаны необходимые выводы;

«не зачтено»: в том случае, если обучающийся не выполнил задания, или результат выполнения задания не соответствует поставленным требованиям, а в заданиях и (или) ответах имеются существенные ошибки.

Тестирование:

Тест считается зачтенным при наличии более 60% правильных ответов. Тест считается не зачтенным при наличии менее 60% правильных ответов.

На момент зачета с оценкой студент должен получить «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» за участие, по крайней мере, в 50 % устных опросов, «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно» за выполнение письменной аудиторной работы, «зачтено» за выполнение расчётных и ситуационных задач по всем темам, для которых они предусмотрены.

9.3 Темы курсовых проектов по дисциплине

Курсовые проекты учебным планом не предусмотрены.

9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

Контрольные вопросы для проведения входного контроля учебным планом не предусмотрены.

9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
I этап		
УК-1 ОПК – 6	ИД-3ОПК-6 ИД-4ОПК-6	Способность использовать основные законы математических и естественнонаучных дисциплин (модулей) в профессиональной деятельности, в том числе с использованием стандартных программных средств Применяет законы физики для оценки параметров систем и природных явлений; Имеет навыки решения физических задач. Знает приемы решений физических задач, способы описания различных явлений, процессов и их модели. Умеет использовать знания физических теорий для понимания принципов работы приборов и устройств. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

«Отлично» выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами. Обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

«Хорошо» выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задачи некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя. Обучающийся решает задачу верно, но при помощи преподавателя.

«Удовлетворительно» выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах преподавателя. Ситуационная задача решена не полностью, или содержатся незначительные ошибки в расчетах.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает принципиальные ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и при выполнении практических заданий.

9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине

9.6.1 Примерные контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости

1. Перевод единиц. Формулы. Радиус-вектор. Система координат. Уравнение движения.

1.1. Перевести: 10 м/с в км/ч, 60 км/ч в м/с, 1 м² в см², мм², 57 мин в ч, 90° в рад, 2 рад в град., 30'' в град.

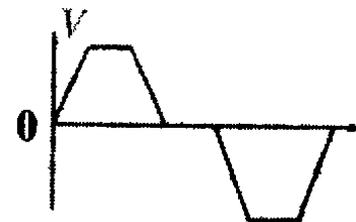
1.2. Для движения в плоскости xu , заданного вектором $\vec{r} = t^2\vec{i} + 2t^3\vec{j}$, определить и построить радиус-вектор материальной точки, вектор скорости и вектор ускорения в моменты времени $t = 0, 1, 2$ с от начала движения.

1.3. Определить путь, проходимый частицей, которая движется по прямолинейной траектории в течение 10 с, если ее скорость изменяется по

закону $v = 30 + 2t$. В начальный момент времени путь равен нулю.

1.4. Первую четверть пути мотоциклист проехал со скоростью 10 м/с , вторую – 15 м/с , третью – 20 м/с и последнюю со скоростью 5 м/с . Определить среднюю скорость мотоциклиста на всём пути.

1.5. Дан график зависимости скорости тела от времени. Изобразить графически зависимости ускорения, координаты и пути от времени.



1.6. Движение точки задано уравнением $x = at + bt^2 + ct^3$ где $a = 5,0 \text{ м/с}$, $b = 0,20 \text{ м/с}^2$, $c = 0,10 \text{ м/с}^3$. Определить скорость и ускорение точки в моменты времени $t_1 = 2 \text{ с}$ и $t_2 = 4 \text{ с}$, а также среднюю скорость в интервале времени от t_1 до t_2 .

1.7. Какой путь пройдет тело за время $t = 10 \text{ с}$ от начала движения, если уравнения его движения $x = 2t^2 + 3t + 4$, $y = 3t^2 + 4t - 2$, $z = 0$?

1.8. Частица, движущаяся в плоскости xu и имеющая начальную скорость $\vec{v}_0 = 2\vec{i} \text{ м/с}$, движется с ускорением $\vec{a} = 2\vec{j} \text{ м/с}^2$. Найти скорость частицы в произвольный момент времени.

1.9. Частица движется с ускорением $\vec{a} = 2t\vec{i} + 4t\vec{j} + 3\vec{k}$. Определить модуль скорости частицы в момент времени $t = 2 \text{ с}$, если в начальный момент времени $t = 0$ её скорость была равна $\vec{v} = 3\vec{i} + 1\vec{j} - 1\vec{k}$.

1.10. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 21 м/с . Определить время между двумя моментами прохождения телом отметки половины максимальной высоты. Соппротивление воздуха не учитывать.

Д1.1. Для движения, заданного радиусом-вектором $\vec{r} = (t+1)\vec{i} + (t^2+1)\vec{j}$, определить начальные радиус-вектор, скорость и ускорение.

Д1.2. Найти среднюю скорость движения автомобиля, если известно, что четверть всего времени он двигался со скоростью 16 м/с , а всё остальное время со скоростью 8 м/с .

Д1.3. Для плоского движения ($\vec{r} = 2t^2\vec{i} + 3t^2\vec{j}$) вычислить модули векторов перемещения, скорости и ускорения при $t = 2 \text{ с}$.

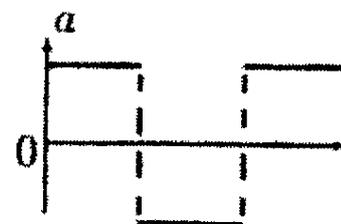
Д1.4. Движение материальной точки задано уравнениями: $x = 8t^2 + 4$, $y = 6t^2 - 3$, $z = 0$. Определить модули скорости и ускорения точки в момент $t = 10 \text{ с}$.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

2. Кинематика криволинейного и вращательного движения.

2.1. На рисунке приведен график зависимости ускорения от времени, движущегося прямолинейно. Изобразить схематически графики зависимости от времени скорости, координаты и пути.



2.2. Определить скорость пули, если при выстреле из пистолета в горизонтальном направлении во втором из двух вертикально закрепленных тонких листов бумаги, находящихся на расстоянии $L = 20$ м, пробойна оказалась на $h = 5$ см ниже, чем в первом.

2.3. С вершины горы в горизонтальном направлении брошено тело со скоростью 19.6 м/с. Определить тангенциальное и нормальное ускорения тела спустя 2.0 с после начала движения. Какой угол образует вектор полного ускорения с вектором скорости?

2.4. Из одной точки одновременно брошены два тела с одинаковой скоростью под разными углами α_1 и α_2 к горизонту. Определить расстояние между телами спустя $t = 2.0$ с после начала движения, если $v_0 = 10$ м/с, а $\alpha_1 = 30^\circ$ и $\alpha_2 = 60^\circ$.

2.5. На какой высоте вектор скорости тела, брошенного под углом 45° к горизонту с начальной скоростью 20 м/с, будет составлять с горизонтом угол 30° ? Сопротивление воздуха не учитывать.

2.6. Доказать, что при отсутствии сопротивления воздуха максимальная дальность полёта тела, брошенного под углом к горизонту, будет при угле в 45° .

2.7. При повороте трактора, движущегося со скоростью 24 км/ч, его центр масс описывает дугу радиуса 9 м. Найти разность скоростей гусениц трактора, если расстояние между ними $1,5$ м.

2.8. Сколько оборотов сделали колеса автомобиля после включения тормоза до полной остановки, если в момент начала торможения автомобиль имел скорость 60 км/ч и остановился за 3 с после начала торможения? Диаметр колес $0,7$ м. Чему равно среднее угловое ускорение колес при торможении?

Д2.1. Ракета запущена под углом 60° к горизонту с начальной скоростью $90,4$ м/с. Определить время горения запала ракеты, если известно, что она вспыхнула в наивысшей точке своей траектории.

Д2.2. Через какое время вектор скорости тела, брошенного под углом 60° к горизонту с начальной скоростью 20 м/с, будет составлять с горизонтом угол 30° ? Сопротивление воздуха не учитывать.

Д2.3. Определить угловое ускорение маховика, частота вращения которого за время 20 полных оборотов возросла равномерно от 1.0 об/с до 5.0 об/с.

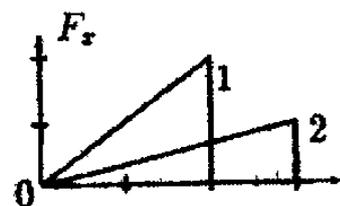
Д2.4. К.р. задача № 1.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

3. Законы Ньютона. Координатный метод.

3.1. Даны графики зависимости сил, действующих на два тела одинаковой массы, от времени. Какое тело после прекращения действия силы имело большую скорость? Начальные скорости тел равны 0.



3.2. Какова скорость пули при вылете из духового ружья, если ее масса 2,5 г, длина ствола 0,70 м, калибр 5,0 мм, а среднее давление воздуха во время выстрела 9,8 МПа?

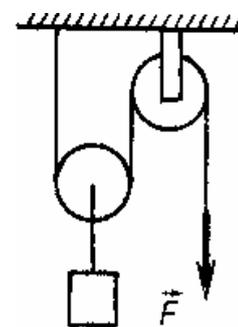
3.3. Автомобиль движется вверх по наклонной дороге со скоростью 10 м/с. Определить путь, пройденный автомобилем до остановки, и время его движения, если коэффициент трения 0,5, а угол наклона 10° .

3.4. Через неподвижный блок перекинута тонкая нерастяжимая нить, на концах которой подвешены два груза массами 200 г 300 г. Какой путь пройдет каждый из грузов за 1 с? Считать, что блок вращается без трения. Массой блока пренебречь.

3.5. Какое наибольшее ускорение может развить автомобиль при движении вверх по наклонной дороге с углом наклона 20° , если коэффициент трения колес о покрытие дороги равен 0,5? Какой путь пройдет автомобиль за 10 с, если в момент начала подъема его скорость равна 10 м/с?

3.6. На горизонтальной поверхности лежит тело массой 5 кг. Какой путь пройдет это тело за 1 с, если к нему приложить силу 50 Н, образующую угол 60° с горизонтом? Коэффициент трения между телом и поверхностью равен 0,20.

3.7. Груз массой 10 кг поднимается вверх с помощью системы подвижного и неподвижного блоков (см. рис.). Определить ускорение груза, если к концу нити, перекинутой через неподвижный блок, приложена сила 60 Н. Массой нити и блоков пренебречь.



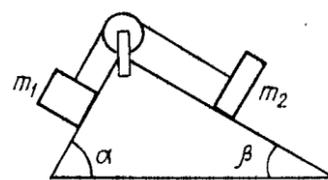
3.8. К динамометру, подвешенному в кабине лифта, прикреплен груз массой 5 кг. Лифт движется вверх. Определить ускорение лифта, считая его одинаковым по модулю при разгоне и торможении, если известно, что во время разгона показание динамометра больше, чем при торможении, на 15 Н.

ДЗ.1. Вагон массой 10^4 кг отцепился от движущегося состава и, двигаясь равнозамедленно, за 20 с прошел путь 20 м, после чего остановился. Найти силу трения, коэффициент трения и начальную скорость вагона.

ДЗ.2. Определить коэффициент трения между наклонной плоскостью и движущимся по ней телом, если известно, что это тело, имея начальную скорость 5 м/с и двигаясь вверх по наклонной плоскости, до остановки проходит путь 2 м. Угол наклона плоскости 30° .

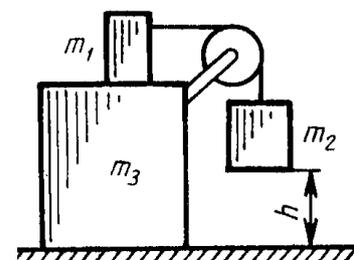
Д3.3. Чему равен коэффициент трения колес автомобиля о дорогу, если при скорости автомобиля 10 м/с тормозной путь равен 8 м ?

Д3.4. Два груза массами 4 кг и 1 кг связаны нитью, перекинутой через блок, который прикреплен к призме (см. рис.), и могут скользить по граням этой призмы. Найти ускорение грузов, если $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 30^\circ$, а коэффициент трения равен $0,20$.



Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4



4. Система тел. Центр масс.

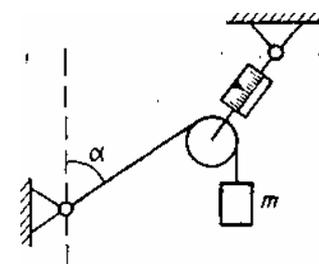
4.1. На тележке, движущейся в горизонтальном направлении с ускорением $9,8 \text{ м/с}^2$, установлен отвес. Найти натяжение нити отвеса и угол, который образует нить с вертикалью, если масса подвешенного на нити груза $0,10 \text{ кг}$.

4.2. Через неподвижный блок перекинута тонкая нерастяжимая нить, на концах которой подвешены грузы массами 1 кг и 2 кг . В начальный момент времени оба груза находились на одной высоте. Определить, на какое расстояние сместится центр масс грузов через 1 с от начала движения. Считать, что трения нет, а массы блока и нити пренебрежимо малы. Найти ускорение центра масс грузов.

4.3. Кубики массами $m_1 = 0,1 \text{ кг}$, $m_2 = 0,2 \text{ кг}$ и $m_3 = 0,3 \text{ кг}$ расположены на гладкой горизонтальной поверхности стола (см. рис.). Кубик массой m_2 удерживается на высоте 30 см над поверхностью стола. Если его освободить, то система придет в движение. На какое расстояние переместится кубик массой m_3 к тому моменту, когда кубик массой m_2 коснется поверхности стола? Трения между кубиками и в блоке нет, массы блока и нити пренебрежимо малы.

4.4. Определить максимальное значение скорости, с которой автомобиль может двигаться по закруглению асфальтированного шоссе радиусом $R = 100 \text{ м}$, если коэффициент трения между шинами автомобиля и асфальтом $0,60$.

4.5. При какой скорости автомобиля давление, оказываемое им на вогнутый мост, в 2 раза больше давления на выпуклый мост? Радиус кривизны мостов в обоих случаях $R = 30 \text{ м}$.

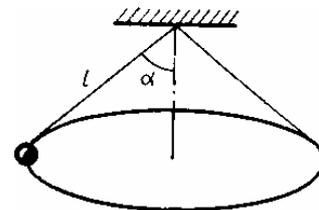


4.6. Через блок, прикрепленный к динамометру, переброшен канатик. Один конец канатика закреплен так, что образует угол 60° с вертикалью (см. рис.). К другому концу подвешен груз массой 5 кг . Определить показание динамометра.

Д4.1. На какое расстояние сместится неподвижно стоящая на воде лодка,

если человек массой 70 кг перейдет с носа лодки на корму? Длина лодки $2,5 \text{ м}$, ее масса 100 кг . Сопротивлением воды пренебречь.

Д4.2. Горизонтально расположенный диск вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр. На диске лежит груз на расстоянии $R = 10 \text{ см}$ от оси вращения. Найти коэффициент трения покоя между диском и грузом, если при частоте вращения диска $n = 0,5 \text{ об/с}$ груз начинает скользить по поверхности диска.



Д4.3. Определить период обращения конического маятника (см. рис.), если его длина 49 см , а угол, образуемый нитью с вертикалью, 60° .

Д4.4. К.р. задача № 2.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

5. Закон сохранения импульса.

5.1. На подножку вагонетки, которая движется прямолинейно со скоростью $2,0 \text{ м/с}$, прыгает человек массой 60 кг в направлении, перпендикулярном к ходу вагонетки. Масса вагонетки 240 кг . Определить скорость вагонетки вместе с человеком.

5.2. 122-мм гаубица М-30 имеет следующие тактико-технические характеристики: масса снаряда 22 кг , начальная скорость снаряда 515 м/с , масса ствола 750 кг , откат ствола относительно лафета после выстрела 950 мм . Найти скорость ствола сразу после выстрела. Оценить силу, действующую на врытые в землю сошники.

5.3. Три лодки, каждая массой $M = 250 \text{ кг}$ идут друг за другом со скоростью 5 м/с . Из второй лодки одновременно в первую и третью бросают грузы массой по $m = 20 \text{ кг}$ со скоростью 5 м/с относительно средней лодки. Определить скорости лодок после переброски грузов.

5.4. На покоящемся плоту стоит пулемёт, который стреляет в горизонтальном направлении. Какую скорость будет иметь плот после N выстрелов, если масса плота равна M , масса пули m , а скорость пули относительно плота u ?

5.5. Граната брошена под углом 45° к горизонту со скоростью 20 м/с . Через 2 с после момента бросания граната разрывается на два осколка, массы которых относятся как $1:2$. Меньший осколок в результате взрыва получил дополнительную скорость 50 м/с , направленную горизонтально вдоль направления бросания гранаты. Определить дальность полета большего осколка, если известно, что меньший осколок упал на расстояние 83 м . Сопротивление воздуха не учитывать.

5.6. Из брандспойта сечением 5 см^2 горизонтальная струя воды бьет со скоростью 10 м/с в вертикальную стенку стоящей на рельсах вагонетки и

свободно стекает по стенке вниз. С каким ускорением будет двигаться вагонетка, если ее масса 200 кг, а направление струи воды параллельно рельсам? Коэффициент трения принять равным 0,01.

5.7. К железнодорожной платформе жестко прикреплена пушка, из которой производится выстрел вдоль железнодорожного пути под углом 45° к горизонту. Определить начальную скорость снаряда, если известно, что после выстрела платформа откатилась на расстояние 3,0 м. Масса платформы с пушкой $M = 2 \cdot 10^4$ кг, масса снаряда $m = 10$ кг, коэффициент трения качения между колесами платформы и рельсами $\mu = 0,002$.

Д5.1. Из пушки массой $1,1 \cdot 10^3$ кг произведен выстрел в горизонтальном направлении. Масса снаряда 54 кг. Скорость снаряда относительно Земли 900 м/с. Определить скорость свободного отката орудия в момент вылета снаряда.

Д5.2. Две лодки массой 100 кг каждая идут параллельным курсом навстречу друг другу с одинаковой скоростью 5 м/с. Когда лодки встречаются, из первой во вторую перебрасывают груз массой 25 кг, а затем из второй лодки в первую перебрасывают такой же груз. В другой раз грузы перебрасывают из лодки в лодку одновременно. Определить скорости лодок в обоих случаях.

Д5.3. При взрыве гранаты, летящей со скоростью 8 м/с, образовались два осколка. Осколок, масса которого составляла 0,3 массы гранаты, продолжал двигаться в прежнем направлении со скоростью 30 м/с. Определить скорость второго осколка.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

6. Реактивное движение, тело переменной массы

6.1. Водяная ракета движется за счет выбрасывания из сопла воды, вытесняемой сжатым воздухом. Найти максимальную скорость, развиваемую водяной ракетой, считая постоянной скорость истечения воды. Масса воды 0,5 кг, масса сухой ракеты 0,2 кг, время истечения воды 0,5 с, скорость истечения относительно ракеты 20 м/с.

6.2. Предполагая закон убыли массы ракеты экспоненциальным, $M = M_0 e^{-\alpha t}$, где $\alpha > 0$, найти относительную массу отработанного топлива в случае, если ракета зависла в вертикальном положении и продержалась в нем 20 с. Скорость истечения газов относительно ракеты 1000 м/с.

6.3. Ракета поддерживается в воздухе на постоянной высоте, выбрасывая вертикально вниз струю газа со скоростью u относительно ракеты. Найти, какую массу газов $\mu(t)$ должна ежесекундно выбрасывать ракета, чтобы оставаться на постоянной высоте, если начальная масса ракеты (с топливом) равна m_0 .

6.4. Две одинаковые тележки с находящимися на них студентами движутся прямолинейно без трения в горизонтальной плоскости. Идет снег. На первой тележке трудолюбивый студент сметает снег в направлении, перпендикулярном

движению, равномерно распределяя снег по обе стороны. На второй ленивый студент не сметает снег. Как будут соотноситься скорости тележек через некоторое время, если первоначально они одинаковы?

Д6.1. Тележка с песком движется по горизонтальной плоскости под действием постоянной силы F , совпадающей по направлению с её скоростью. При этом песок высыпается через отверстие в дне с постоянной скоростью μ кг/с. Найти ускорение и скорость тележки в момент времени t , если в начальный момент времени тележка с песком имела массу m_0 и её скорость была равна 0. Трением пренебречь.

Д6.2. Найти скорость тележек в момент времени t из задачи **6.4** если их первоначальные скорость V_0 и масса M , скорость выпадения снега μ (масса в секунду).

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

7. Работа и мощность. Энергия.

7.1. Найти работу, совершаемую при подъеме груза массой 10 кг по наклонной плоскости с углом наклона 45° на расстояние 2 м, если время подъема 2 с, а коэффициент трения 0,10.

7.2. Парашютист массой 70 кг совершает затяжной прыжок и через 14 с имеет скорость 60 м/с. Считая движение парашютиста равноускоренным, найти работу по преодолению сопротивления воздуха.

7.3. Какую работу необходимо затратить, чтобы перевернуть куб массой 5 кг и ребром 0.1 м с одной грани на другую?

7.4. Какой кинетической энергией обладало тело массой 2 кг, если оно поднялось по наклонной плоскости с углом наклона 30° на высоту 1 м? Коэффициент трения между телом и наклонной плоскостью 0,1.

7.5. Шарик для игры в настольный теннис радиусом 15 мм и массой 5.0 г погружен в воду на глубину 30 см. Когда шарик отпустили, он выпрыгнул из воды на высоту 10 см. Какое количество теплоты выделилось вследствие трения шарика о воду?

7.6. Определить мощность двигателя шахтной клетки, поднимающего из шахты глубиной 200 м груз массой $1.0 \cdot 10^4$ кг за 60 с, если КПД равен 80%.

7.7. Определить мощность Ниагарского водопада, если его высота 50 м, а среднегодовой расход воды $Q = 5900$ м³/с.

Д7.1. Найти мгновенную мощность, развиваемую силой тяжести, к исходу первой секунды падения тела массой 1 кг. Сопротивление воздуха не учитывать.

Д7.2. Какую мощность должен развивать трактор при перемещении прицепа массой $5 \cdot 10^3$ кг вверх по уклону со скоростью 1 м/с, если угол наклона 20° , а коэффициент трения прицепа 0,2?

Д7.3. Какую работу необходимо произвести, чтобы телеграфный столб массой 200 кг, к вершине которого прикреплена перекладина массой 30 кг, перевести из горизонтального положения в вертикальное? Длина столба 10 м.

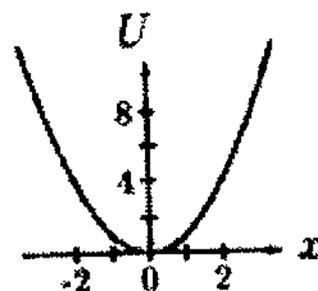
Д7.4. Поезд массой $1.0 \cdot 10^6$ кг поднимается вверх по уклону с углом наклона 10° со скоростью 15 м/с и проходит путь 2 км. Определить работу и среднюю мощность, развиваемую тепловозом при движении поезда. Коэффициент трения 0,05.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

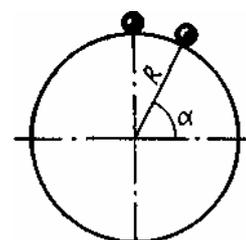
Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

8. Законы сохранения энергии и импульса.

8.1. Зависимость потенциальной энергии тела от его положения изображается параболой. По какому закону изменяется сила, действующая на это тело? Изобразите графически эту зависимость.



8.2. Маленький легкий шарик лежит на поверхности большого шара радиусом 1 м (см. рис.). Какую начальную скорость необходимо сообщить маленькому шарик, чтобы он оторвался от поверхности большого шара в точке М, расположенной так, что угол $\alpha = 60^\circ$? 1) Трением пренебречь. 2) Считать, что коэффициент трения малого шарика о поверхность большого 0,30. Чему будет равен угол α в случае, если шарик начнет движение без начальной скорости?



8.3. Два шара массами 0,20 кг и 0,80 кг, подвешенные на двух параллельных нитях длиной 2,0 м, касаются друг друга. Меньший шар отводится на 90° от первоначального положения и отпускается. 1) Найти скорости шаров после столкновения, считая удар абсолютно упругим. 2) Какова скорость шаров после столкновения, если удар абсолютно неупругий? Какая часть энергии пойдет на нагревание шаров?

8.4. Решить задачу 8.2. в предположении, что отводится больший шар.

8.5. Молот массой 10 кг используется вместе с наковальней массой 200 кг (вместе с поковкой). Найти коэффициент полезного действия системы молот – наковальня (т.е. часть кинетической энергии молота, которая пойдет на деформацию поковки). При каких условиях коэффициент полезного действия увеличится?

8.6. Какую работу совершит конькобежец массой 70 кг, если он, стоя на коньках на льду, бросит горизонтально камень массой 3 кг с начальной скоростью 5 м/с? На какое расстояние он откатится, если коэффициент трения

коньков о лёд $0,02$?

8.7. Груз массой $0,5$ кг падает с высоты 1 м на несжатую невесомую пружину с коэффициентом жёсткости 10 Н/см. Определить величину наибольшего сжатия пружины.

Д8.1. На тонкой нити длиной $0,50$ м подвешен пружинный пистолет так, что ствол расположен горизонтально. На какой угол отклонится нить после выстрела, если пуля массой 20 г при вылете из ствола имеет скорость 10 м/с? Масса пистолета 200 г.

Д8.2. Пуля массой m ударяется о баллистический маятник массой M и застревает в нем. Какая доля кинетической энергии пули перейдет в теплоту?

Д8.3. Какая энергия пошла на деформацию двух столкнувшихся шаров массами по 4 кг, если они двигались навстречу друг другу со скоростями 3 м/с и 8 м/с, а удар был прямой неупругий?

Д8.4. К.р. задача № 3.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

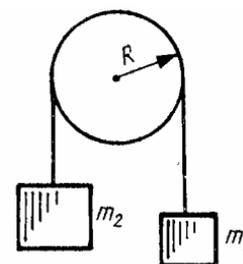
9. Динамика вращательного движения.

9.1. Определить момент инерции шара относительно оси, совпадающей с касательной к его поверхности. Радиус шара $0,1$ м, его масса 5 кг.

9.2. Чему равен момент инерции тонкого прямого стержня длиной $0,5$ м и массой $0,2$ кг относительно оси, перпендикулярной к его длине и проходящей через точку стержня, которая удалена на $0,15$ м от одного из его концов?

9.3. Определить момент инерции однородной прямоугольной тонкой пластины массой m шириной a и длиной b относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно пластине.

9.4. Через блок, масса которого 100 г, перекинута тонкая гибкая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены два груза массами $m_1 = 200$ г и $m_2 = 300$ г. Грузы удерживаются в неподвижном положении. С каким ускорением будут двигаться грузы, если их предоставить самим себе? Чему равно угловое ускорение блока, если его радиус 10 см? Трением пренебречь.



9.5. Маховик, представляющий собой диск массой 10 кг и радиусом 10 см, свободно вращается вокруг оси, которая проходит через центр, с круговой частотой 6 Гц. При торможении маховик останавливается через 5 с. Определить тормозящий момент.

9.6. Из колодца с помощью ворота поднималось ведро с водой массой 10 кг. В момент, когда ведро находилось на высоте 5 м от поверхности воды, рукоятка освободилась, и ведро стало двигаться вниз. Определить линейную скорость рукоятки в момент удара ведра о поверхность воды в колодце, если

радиус рукоятки 30 см, радиус вала ворота 10 см, его масса 20 кг. Трением и массой троса, на котором подвешено ведро, пренебречь.

9.7. Маховик массой 1 кг укреплен на шкиве радиусом 5 см и массой 200 г, который приводится во вращение с помощью опускающейся гири массой 500 г, привязанной к концу намотанной на шкив веревки. Через какое время скорость маховика достигнет 5 об/с? Считать, что вся масса маховика распределена по его ободу на расстоянии 40 см от оси вращения.

Д9.1. Определить момент инерции Земли относительно оси вращения, приняв ее за шар радиусом 6.4 Мм и массой $6 \cdot 10^{24}$ кг. Определить момент инерции Земли относительно касательной к её поверхности.

Д9.2. На барабан радиусом 10 см намотана нить, к концу которой привязан груз массой 0.5 кг. Найти момент инерции барабана, если груз опускается с ускорением 1.0 м/с²?

Д9.3. Определить момент инерции однородной прямоугольной тонкой пластины массой m шириной a и длиной b относительно оси, проходящей через один из углов перпендикулярно пластине.

Д9.4. К.р. задача № 4.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

10. Законы сохранения для вращательного движения. Равновесие.

10.1. Какую мощность должен развить мотор, приводящий в движение стабилизирующий гироскоп, который имеет форму диска радиусом $R = 1$ м и массой $m = 1000$ кг, если в течение $t = 1$ мин угловая скорость доводится до $\omega = 31$ рад/с? Трением и сопротивлением воздуха пренебречь.

10.2. Какой путь пройдет катящийся без скольжения диск, поднимаясь вверх по наклонной плоскости с углом наклона 30° , если ему сообщена начальная скорость 7 м/с, параллельная наклонной плоскости?

10.3. Шар скатывается по наклонной плоскости с углом наклона 30° . Какую скорость будет иметь центр шара относительно наклонной плоскости через 1.5 с, если его начальная скорость была равна нулю?

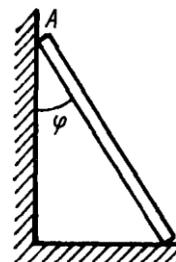
10.4. Определить тормозящий момент, которым можно остановить за $t = 20$ с маховое колесо массой $m = 50$ кг и радиусом $R = 0,3$ м, вращающееся с частотой $n = 20$ об/с. Массу маховика считать распределенной по ободу. Чему равна работа, совершаемая тормозящим моментом?

10.5. Диск массой 5 кг и радиусом 5 см, вращающийся с частотой 10 об/с, приводится в сцепление с неподвижным диском массой 10 кг такого же радиуса. Определить энергию, которая пойдет на нагревание дисков, если при их сцеплении скольжение отсутствует.

10.6. Однородный стержень длиной 1 м и массой 5 кг подвешен горизонтально на двух параллельных веревках одинаковой длины. К стержню

прикреплен груз массой 10 кг на расстоянии $0,25\text{ м}$ от одного из его концов. Определить натяжения веревок.

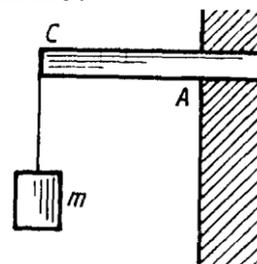
10.7. Лестница AB опирается концом A на вертикальную гладкую стену, а концом B — на пол. Коэффициент трения лестницы о пол $\mu = 0,3$. Чему равно наибольшее значение угла φ , образованного лестницей с вертикальной стеной, при котором лестница будет еще находиться в равновесии?



Д10.1. Какую работу нужно совершить, чтобы маховику в виде диска массой 100 кг и радиусом $0,4\text{ м}$ сообщить частоту вращения $n = 10\text{ об/с}$, если он находился в состоянии покоя?

Д10.2. При наличии трения обруч скатывается с наклонной плоскости, а при отсутствии — скользит по ней. В каком случае и во сколько раз скорость, которую будет иметь обруч у основания наклонной плоскости, больше?

Д10.3. Однородная горизонтальная балка длиной $1,5\text{ м}$ и массой 50 кг закреплена в стене толщиной 50 см так, что опирается на нее в точках A и B . К свободному концу балки подвешен груз массой 100 кг . Определить силы реакции в опорах A и B .



Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

11. НСО. Закон всемирного тяготения.

11.1. Определить скорость электропоезда в момент начала торможения, считая его движение равнозамедленным, если он остановился, пройдя путь 200 м , а подвешенный в вагоне отвес при торможении отклонился на угол 5° от вертикального направления.

11.2. Электровоз массой 10^5 кг движется с севера на юг в северном полушарии по горизонтальному прямолинейному пути со скоростью 30 м/с на широте 60° . Определить горизонтальную составляющую силы, с которой электровоз давит на рельсы.

11.3. На горизонтально расположенном диске, вращающемся вокруг вертикальной оси, на расстоянии $R = 8\text{ см}$ от оси вращения лежит тело. Определить коэффициент трения между диском и телом, если при угловой скорости $\omega = 5\text{ рад/с}$ тело начинает скользить по поверхности диска.

11.4. В Ленинграде в Исаакиевском соборе установлен маятник Фуко, длина которого 98 м . На какой угол повернется плоскость качаний маятника за время 10 мин ? Географическая широта Ленинграда 60° .

11.5. На географической широте 60° тело свободно падает на Землю с

высоты $h = 200$ м. Определить отклонение тела под влиянием кориолисовой силы инерции, вызванной вращением Земли.

11.6. Найти центростремительное ускорение, с которым движется по круговой орбите спутник Земли, находящийся на высоте $h = 200$ км от поверхности.

11.7. Искусственный спутник Земли движется по круговой орбите в плоскости экватора с запада на восток. На какой высоте h над поверхностью должен находиться спутник, чтобы быть неподвижным относительно земного наблюдателя?

11.8. Какую скорость необходимо сообщить телу, чтобы оно могло удалиться с поверхности Луны в бесконечность (вторая космическая скорость)? Масса Луны $M_{\text{л}} = 7,3 \cdot 10^{22}$ кг, радиус Луны $R_{\text{л}} = 1,74$ Мм.

11.9. С какой скоростью движется вокруг Солнца Земля, если расстояние между ними около 150 Гм, а масса Солнца $1,97 \cdot 10^{30}$ кг?

Д11.1. Снаряд, выпущенный из пушки на экваторе строго на восток, летит почти горизонтально и пролетает 2 км. На какое расстояние и в какую сторону отклонится снаряд, если его средняя скорость 700 м/с, а сопротивление воздуха не учитывается?

Д11.2. С какой наименьшей скоростью может ехать мотоциклист по внутренней вертикальной стене цилиндрического строения радиусом 12 м, описывая горизонтальную окружность, если коэффициент трения покрышек о стену $\mu = 0,5$, а центр масс мотоциклиста и мотоцикла находится на расстоянии 1 м от стены?

Д11.3. Определить скорость движения Луны вокруг Земли, считая, что Луна движется по круговой орбите. Принять массу Земли равной $5,96 \cdot 10^{24}$ кг, а расстояние между Луной и Землей $R = 384,4$ Мм.

Д11.4. К.р. задача № 6.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

12. Упругие свойства вещества

12.1. Какую нагрузку необходимо приложить к алюминиевому стержню, чтобы он при температуре 10°C имел ту же длину, что и при 0°C ? Площадь поперечного сечения стержня $S = 1,5$ см². Модуль Юнга $E = 70$ ГПа. Коэффициент теплового расширения алюминия $2,4 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹.

12.2. Определить толщину нити, на которой подвешена рамка зеркального гальванометра, если под действием вращающего момента $M = 0,3$ нН·м она поворачивается на угол 2° . Длина нити 10 см. Модуль сдвига материала нити $G = 6,5$ ГПа.

12.3. При какой длине подвешенная вертикально стальная проволока начинает рваться под действием собственного веса? Предел прочности стали

0,69 ГПа.

12.4. Определить относительное изменение объема стальной проволоки диаметром 2 мм при растяжении ее силой 1 кН. Коэффициент Пуассона $\mu = 0,3$.

12.5. Определить коэффициент Пуассона алюминиевого стержня, если известно, что под действием некоторой силы, перпендикулярной сечению стержня, относительная продольная деформация равна $\varepsilon = 0,001$, а при касательном направлении такой же силы относительный сдвиг равен $\Psi = 0,0027$.

12.6. Какую силу необходимо развить при натяжении лука на 0,20 м, если вся совершаемая работа идет на сообщение стреле кинетической энергии, а наибольшая дальность полета стрелы 36 м? Масса стрелы 50 г.

12.7. На какую высоту поднимается камень массой 30 г, выпущенный вертикально вверх из рогатки, резиновый жгут которой сечением $S = 0,20 \text{ см}^2$ и длиной 30 см был растянут на $\Delta l = 20 \text{ см}$? Сопротивление воздуха не учитывать. Модуль Юнга для резины $E = 7,8 \text{ МПа}$.

12.8. Два вагона массами 2000 кг, двигающиеся навстречу друг другу со скоростями 2 м/с, сталкиваются. Определить сжатие пружины буферов вагонов, если под действием силы $F = 40 \text{ кН}$ пружина сжимается на 1 см. Считать, что сжатие пружины пропорционально силе.

Д12.1. С крыши дома свешивается стальная проволока длиной 40 м и диаметром 2 мм. На сколько удлинится эта проволока, если на ней повиснет человек массой 70 кг? Модуль Юнга для стали 210 ГПа.

Д12.2. Резиновый шнур растянут так, что его длина увеличилась в 2 раза. Каков диаметр растянутого шнура, если до растяжения он был 1 см, а коэффициент Пуассона для резины 0,5?

Д12.3. Груз, подвешенный на резиновом шнуре длиной 50 см, вращают в горизонтальной плоскости с постоянной скоростью так, что шнур описывает коническую поверхность с углом при вершине 120° . Определить относительное удлинение шнура при вращении, если при неподвижном грузе растяжение шнура 1 см. Растяжение считать пропорциональным приложенной силе.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

13. Гидрогазодинамика

13.1. Определить глубину, на которую необходимо погрузить в воду воздушный пистолет калибра $d = 7 \text{ мм}$, чтобы при нажатии на спусковой крючок выстрел не произошел. Длина ствола пистолета 22 см. Масса пули 7 г, а ее скорость в момент вылета из ствола при выстреле в воздухе 27 м/с.

13.2. Определить массу пробкового пояса, способного удержать человека массой 60 кг в воде так, чтобы голова и плечи (1/8 объема) не были погружены в воду. Плотность тела человека принять равной 1007 кг/м.

13.3. В широком сосуде, заполненном водой, на высоте $h = 0,1 \text{ м}$ имеется отверстие сечением $S = 2 \text{ см}^2$, через которое вытекает струя воды. К сосуду

сверху подведена труба, через которую поступает вода так, что ее уровень в сосуде остается неизменным. Сколько воды должно ежесекундно вливаться в сосуд, чтобы вытекающая через отверстие струя достигла уровня дна в сосуде в точке, находящейся на расстоянии 0,5 м от края сосуда?

13.4. В водяной ракете диаметр сопла 22 мм, а диаметр корпуса ракеты 11 см. Избыточное давление воздуха 5 атмосфер. Определить скорость истекающей струи, расход воды и начальную силу, действующую на ракету.

13.5. Цилиндрический сосуд высоты 0,5 м и радиуса 10 см наполнен доверху водой. В дне сосуда открывается отверстие радиуса 1 мм. Пренебрегая вязкостью воды, определить: а) время τ , за которое вся вода вытечет из сосуда, б) скорость v перемещения уровня воды в сосуде в зависимости от времени.

13.6. Какое сопротивление оказывает воздушный поток, набегающий на автомобиль при скорости движения 144 км/ч, если площадь лобовой поверхности 3 м²? Коэффициент лобового сопротивления принять равным $C_x = 0,6$.

13.7. Стекланный шарик радиусом 0,5 мм падает в большом сосуде с глицерином с установившейся скоростью 5 см/с. Найти вязкость глицерина, если плотность стекла 2700 кг/м³, плотность глицерина 1200 кг/м³.

13.8. По трубе сечением $S = 4 \text{ см}^2$, изогнутой под прямым углом, течет вода. С какой силой вода действует на трубу, если ежесекундный расход воды $Q = 2 \text{ кг/с}$?

13.9. Какую силу необходимо приложить к поршню горизонтально расположенной спринцовки, чтобы вытекающая из нее струя воды имела скорость 10 м/с? Радиус поршня 2 см. Трением пренебречь.

Д13.1. В сосуд с ртутью налита вода, так, что она располагается поверх ртути. В сосуд брошен стальной шарик. Какая часть объема шарика будет находиться в воде, а какая в ртути? Плотность стали 7800 кг/м³, ртути 13600 кг/м³.

Д13.2. В широком цилиндрическом сосуде, наполненном водой до уровня 75 см, имеются два отверстия, через которые бьют струи воды. Нижнее отверстие находится на высоте 25 см. На какой высоте находится верхнее отверстие, если обе струи пересекают горизонтальную плоскость, расположенную на уровне дна сосуда, в одной точке?

Д13.3. Через горизонтально расположенную трубу переменного сечения ежеминутно проходит вода объемом 2 м³. Определить разность уровней воды в манометрических трубах в местах сечений диаметрами 0,3 и 0,1 м.

Д13.4. К.р. задача № 8.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

14. Механические колебания и волны.

14.1. Тело массой 5 г совершает колебание, которое описывается уравнением:

$$x = 0,1 \sin \frac{\pi}{2} \left(t + \frac{1}{3} \right) \text{ м.}$$
 Найти значения кинетической и потенциальной энергий

тела через 20 с от момента времени $t_0 = 0$. Чему равна полная энергия тела?

14.2. Шарик массой 200 г , подвешенный на пружине, колеблется с частотой 5 Гц . Определить коэффициент упругости пружины.

14.3. На концах стержня, масса которого 60 г и длина 49 см , укреплены два маленьких шарика массами 70 г и 90 г , а стержень подвешен так, что может совершать колебания около горизонтальной оси, проходящей через его середину. Определить период малых колебаний стержня.

14.4. Во сколько раз уменьшится полная энергия колебаний секундного маятника за 5 мин , если логарифмический декремент затухания $0,031$?

14.5. Найти частоту колебаний груза массой $0,20 \text{ кг}$, подвешенного на пружине и помещенного в масло, если коэффициент трения в масле $r = 0,5 \text{ кг/с}$, а жесткость пружины $k = 50 \text{ Н/м}$.

14.6. Найти амплитуду и начальную фазу гармонического колебания, полученного от сложения одинаково направленных колебаний, заданных уравнениями

$$x_1 = 0,02 \sin(5\pi t + \pi/2) \text{ м и } x_2 = 0,03 \sin(5\pi t + \pi/4) \text{ м.}$$

14.7. Начертить график результирующего колебания, получившегося в результате сложения взаимно перпендикулярных колебаний $x = 0,01 \sin(5\pi t) \text{ м}$ и $y = 0,01 \sin(10\pi t) \text{ м}$.

14.8. Во сколько раз изменяется длина ультразвуковой волны при переходе волны из стали в медь, если скорости распространения ультразвука в меди и стали соответственно 3600 и 5500 м/с ?

14.9. На каком расстоянии от источника колебаний, совершаемых по закону синуса, в момент времени $t = T/2$ смещение точки от положения равновесия равно половине амплитуды? Скорость распространения колебаний 340 м/с . Период колебаний 10^{-3} с .

Д14.1. Амплитуда колебаний камертона за 15 с уменьшилась в 100 раз. Найти коэффициент затухания колебаний.

Д14.2. Определить период колебаний груза на пружинных весах, если в состоянии равновесия он смещает стрелку весов на $2,0 \text{ см}$ от нулевого деления, соответствующего ненагруженной пружине.

Д14.3. Однородный диск радиусом $R = 0,1 \text{ м}$ совершает колебания вокруг горизонтальной оси, которая проходит через точку, расположенную на расстоянии $R/2$ от центра диска, и перпендикулярна плоскости диска. Определить частоту колебаний диска.

Д14.4. Найти скорость распространения ультразвука в железе, если модуль Юнга для железа 20 ГПа , а плотность 7800 кг/м^3 .

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Темы лабораторных занятий.

1. Определение ускорение свободного падения
2. Определение объема правильного тела
3. Определение коэффициента трения
4. Определения скорости пули
5. Определение момента инерции маятника Обербека
6. Изучение простейших маятников
7. Изучение обратного маятника

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Раздел. Молекулярная физика и термодинамика

Темы лекционных занятий

Введение
Идеальный газ. Эксп. газовые законы. Ур-е Менделеева-Клапейрона. Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4
Основное уравнение МКТ. Распределения Максвелла и Больцмана. Барометрическая формула. Экспериментальное подтверждение. Опыт Перрена. Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4
Температура, измерение температуры. Практическая шкала. Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4
Основы термодинамики. Степени свободы. Работа газа. Внутренняя энергия. Теплоемкость, виды. Первое начало. Работа в изопроцессах. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Показатель адиабаты. Политропные процессы. Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4
Циклы. Тепловые машины. Холодильные машины. Цикл Карно. Теоремы Карно. Термодинамическая шкала. Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Макро и микросостояния. Равновесные и неравновесные процессы. Термодинамическая вероятность. Энтропия. Её статистический и термодинамический смысл. Теорема Нернста. Термодинамические соотношения.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Явления переноса. Понятие вакуума.

Реальные газы. Уравнения Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Эффект Джоуля-Томсона. Двойная критическая точка. Равновесие пара и жидкости. Сжижение газа. Влажность.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Жидкости. Кипение. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления. Растворы. Осмос.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Твердые тела – кристаллы и аморфные. Тепловые свойства твердых тел. Фазовые переходы. Тройная точка. Уравнение Клайперона-Клаузиуса.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Понятие о неравновесной термодинамике и самоорганизации.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Темы и задачи практического занятия

1. Основные понятия молекулярной физики

1.1. Найти молекулярную массу молекул O_2 и H_2O в килограммах и атомных единицах. Определить молярную массу этих веществ.

1.2. Найти число молей в 100 г чистой воды и в 100 г поваренной соли $NaCl$.

1.3. Микроскопическая пылинка углерода обладает массой 0,1 нг. Определить, из скольких атомов, она состоит.

1.4. Приняв, что воздух по массе состоит из 78% азота, 21% кислорода и 1% аргона, найти массу 1 моль воздуха.

1.5. Сколько частиц (атомов и молекул) находится в азоте массой 1 г, если степень диссоциации азота $\alpha = 7\%$.

1.6. Оценить размеры атома меди. Плотность меди 8600 кг/м^3 .

1.7. Определить число молекул в литре воды. Плотность воды 1000 кг/м^3 .

1.8. Где содержится больше атомов: в 1000 см^3 чистого льда или в 1 кг чистого алюминия?

1.9. Сколько содержится молекул в 1 м^3 чистого железа.

Д1.1. Найти молекулярную массу молекул KCl , $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$ в килограммах и атомных единицах. Определить молярную массу этих веществ.

Д1.2. Найти число молей в 1 литре этанола $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Плотность этанола 790 кг/м^3 .

Д1.3. Оценить средний размер молекул воды. Плотность воды 1000 кг/м^3 .

Д1.4. Как, зная плотность вещества и молярную массу, определить число молекул в единице объема? Определить концентрацию молекул воды.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

2. Основное уравнение МКТ.

2.1. Оценить среднюю квадратичную скорость человека средней массы (70 кг) при 20°C . Каково давление, создаваемое группой студентов на стенки аудитории?

2.2. Рассчитать среднеквадратичную скорость молекул кислорода, водорода, аргона.

2.3. В сосуде объемом 2 л находится газ под давлением $0,5 \text{ МПа}$ при нормальной температуре. Чему равна средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы газа и всего газа в целом?

2.4. Для дальнейшей космической связи используется спутник объемом 100 м^3 , наполненный воздухом при нормальных условиях. Метеорит пробивает в его корпусе отверстие площадью $S = 1,0 \text{ см}^2$. Найти время, через которое давление внутри спутника изменится на $1,0\%$. Температуру газа считать неизменной.

2.5. В герметичном сосуде смешали поровну кислород и гелий, а затем в стенке сосуда сделали отверстие. Каков состав молекулярного пучка, выходящего через него? Рассмотреть случаи равной массы и равного количества вещества.

Д2.1. Во сколько раз средняя квадратичная скорость пылинки, взвешенной в воздухе, меньше средней квадратичной скорости молекул воздуха? Масса пылинки 10^{-8} г . Воздух считать однородным газом с молярной массой $0,029 \text{ кг/моль}$.

Д2.2. Найти импульс молекулы водорода при температуре $t = 20^\circ\text{C}$. Скорость молекулы считать равной средней квадратичной скорости.

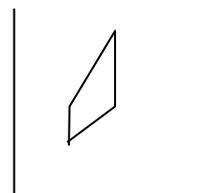
Д2.3. Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения одной молекулы водорода и 1 моля при 20°C .

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

3. Газовые законы. Уравнение состояния идеального газа.

3.1. На рисунке изображены процессы, происходящие с идеальным газом определенной массы. Изобразить эти процессы в координатах p, V и p, T .



3.2. Газ находится при температуре 20°C и давлении $0,50 \text{ МПа}$. Какое давление потребуется для того, чтобы увеличить плотность газа в 2 раза, если температура его будет доведена до 80°C ?

3.3. Давление в цилиндре паровой машины объемом 20 дм^3 после открывания клапана уменьшилось на $0,81 \text{ МПа}$. Какова масса пара при температуре 100°C , выпущенного из цилиндра?

3.4. В сосуде объемом $3,0 \text{ дм}^3$ находится гелий массой $4,0 \text{ мг}$, азот массой 70 мг и $5,0 \cdot 10^{21}$ молекул водорода. Каково давление смеси, если ее температура 27°C ?

3.5. Сколько качаний n поршневого насоса надо сделать, чтобы накачать пустую камеру футбольного мяча объемом $V = 2,5 \text{ дм}^3$ до давления, превышающего атмосферное в 4 раза? За каждое качание насос захватывает из атмосферы воздух объемом $V_0 = 200 \text{ см}^3$. Температуру мяча считать постоянной.

3.6. В одном баллоне вместимостью 15 дм^3 находится газ под давлением $0,2 \text{ МПа}$, а в другом — тот же газ под давлением 1 МПа . Баллоны, температура которых одинакова, соединены трубкой с краном. Если открыть кран, то в обоих баллонах устанавливается давление $0,4 \text{ МПа}$. Какова вместимость второго баллона?

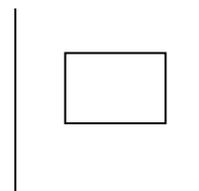
3.7. Открытая стеклянная колба вместимостью $0,40 \text{ дм}^3$, содержащая воздух, нагрета до 127°C . Какой объем займет вода в колбе при остывании ее до 27°C , если после нагревания ее горлышко опустить в воду?

3.8. Объем пузырька воздуха по мере всплывания его со дна озера увеличился в 3 раза. Какова глубина озера?

3.9. При проведении опыта Торричелли внизу барометрической трубки образовался пузырек воздуха объемом 2 мм . Каким стал объем пузырька, если он поднялся и находится на расстоянии 1 см от уровня ртути в трубке?

ДЗ.1. Перерисовать процесс в координатах P, T и V, T .

ДЗ.2. Найти плотность водорода при температуре $t = 15^\circ\text{C}$ и давлении $P = 97,3 \text{ кПа}$.



ДЗ.3. В двух сосудах одинакового объема находятся гелий и аргон, массы которых равны. Во сколько раз давление гелия больше, чем аргона, если температуры газов одинаковы?

ДЗ.4. В чашечный ртутный барометр попал воздух, в результате чего при

нормальных условиях барометр показывает 98,6 *кПа*. Расстояние от уровня ртути в трубке до запаянного конца ее 10 *см*. Каково истинное значение атмосферного давления, если при температуре 20°C барометр показывает 97,3 *кПа*? Тепловым расширением ртути и трубки пренебречь.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

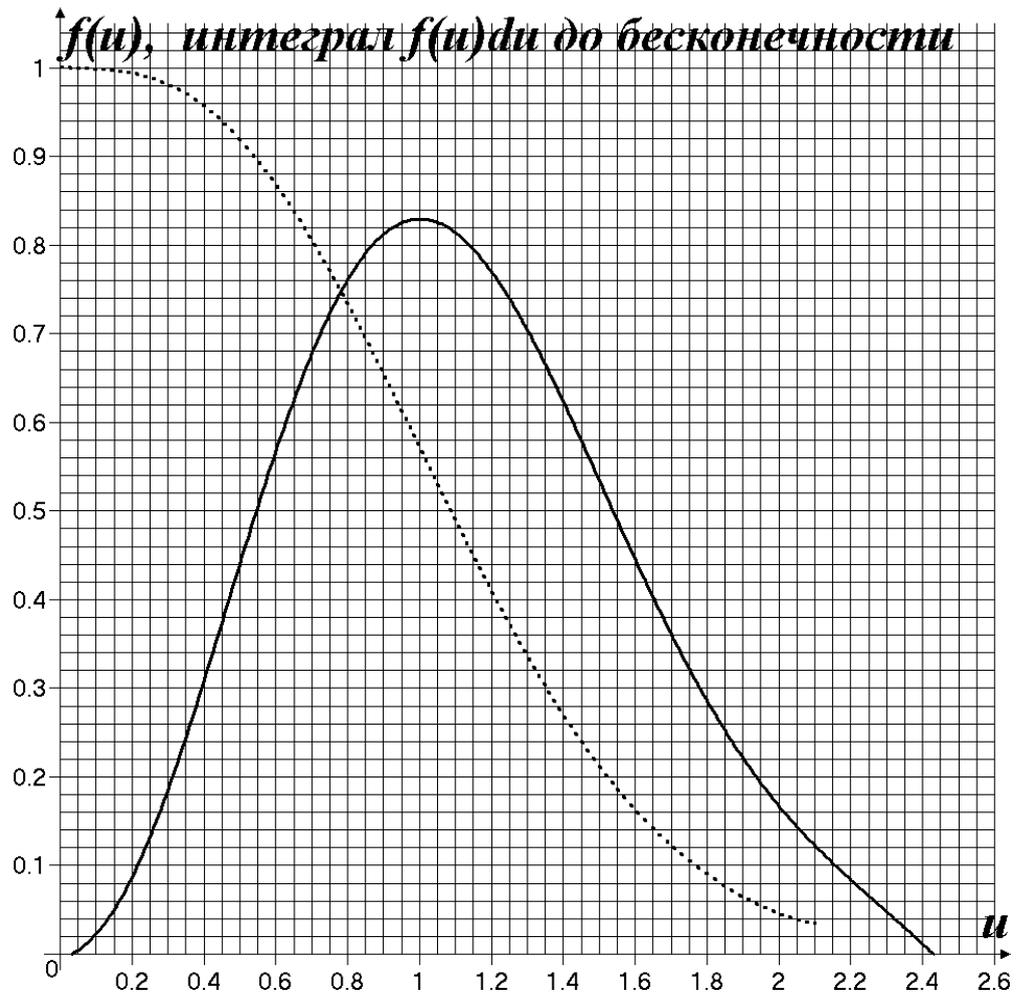
4. Распределения Максвелла и Больцмана.

4.1. Определить среднюю арифметическую и наиболее вероятную скорости молекул газа, если известно, что их средняя квадратичная скорость равна 600 *м/с*.

4.2. Какова средняя арифметическая скорость молекул некоторого газа, если известно, что плотность его 30 *г/м³*, а давление, оказываемое им на стенки сосуда, 3,6 *кПа*?

4.3. Какая часть молекул азота при температуре 7°C обладает скоростями в интервале от 500 до 510 *м/с*? Найти наиболее вероятную скорость при этой температуре. Решить приближенно.

4.4. Определить отношение числа молекул водорода, обладающих скоростями в интервале от 2,0 до 2,1 *км/с*, к числу молекул, обладающих скоростями от 1,0 до 1,1 *км/с*, если температура водорода 0°C. К какому интервалу скоростей принадлежат 50% наиболее быстрых молекул? 30% наиболее быстрых? 30% наиболее медленных? Какая часть молекул имеет скорость, отличающуюся не более чем на 10% от наиболее вероятной (в обе стороны)? Воспользоваться графиком нормального распределения.



4.5. На поверхности Земли барометр показывает 101 кПа. Каково будет показание барометра при подъеме его на Останкинскую телевизионную башню, высота которой 540 м? Температуру считать всюду одинаковой и равной 7°C.

4.6. Оценить высоту вблизи поверхности земли, при подъеме на которую атмосферное давление уменьшается на 1 мм рт. ст.

4.7. Оценить перепад давления на крыше НГПУ и на дне оврага за НГПУ.

4.8. У поверхности Земли молекул водорода почти в 10^6 раз меньше, чем молекул азота. На какой высоте число молекул водорода будет равно числу молекул азота? Среднюю температуру атмосферы принять равной 0°C.

4.9. Пылинки массой 1 аг взвешены в воздухе. Определить толщину слоя воздуха, в пределах которого концентрация пылинок различается не более чем на 1,0%. Температуру воздуха во всем объеме считать одинаковой и равной 27°C.

4.10. В опыте Жака Перрена с помощью микроскопа изучалось распределение частиц гуммигута в водных эмульсиях в поле силы тяжести. Определить толщину слоя эмульсии, в котором концентрация частиц уменьшается в 2 раза, если плотность гуммигута 1006 кг/м^3 , а размер частиц составляет 0,5 мкм.

Д4.1. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота больше их наиболее вероятной скорости на $\Delta v = 50 \text{ м/с}$?

Д4.2. Какая часть молекул кислорода при $t = 0^\circ\text{C}$ обладает скоростями от 100 до 110 м/с? От 900 до 1000 м/с?

Д4.3. Обсерватория расположена на высоте $h = 3250$ м над уровнем моря. Найти давление воздуха на этой высоте. Температура воздуха постоянна и равна 5°C . Молярная масса воздуха 29 г/моль. Давление воздуха на уровне моря 101,3 кПа.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

5. Работа. Внутренняя энергия. Первое начало термодинамики.

5.1. Отношение удельных теплоемкостей смеси, состоящей из нескольких молей азота и 5 молей аммиака, 1,35. Определить число молей азота в смеси.

5.2. В цилиндре диаметром $d = 40$ см содержится двухатомный газ объемом $V = 80$ дм³. На сколько следует увеличить нагрузку поршня при подводе количества теплоты $Q = 84$ Дж, чтобы поршень не пришел в движение?

5.3. Газ, для которого $C_p/C_v = 4/3$, находится под давлением $p = 0,20$ МПа и занимает объем $V_1 = 3,0$ дм³. В результате изобарного нагревания объем его увеличился в 3 раза. Определить количество теплоты, переданное газу.

5.4. Изобразить в координатах p, V и p, T примерные графики изотермического и адиабатического процесса.

5.5. Двухатомный газ, находящийся при температуре 250°C , сжимают изотермически так, что его объем уменьшается в 3 раза. Затем газ расширяется адиабатно до начального давления. Найти температуру газа в конце адиабатного расширения.

5.6. В каком случае над идеальным газом при одинаковой степени его сжатия $n = V_1/V_2$ совершается большая работа: при изобарном, изотермическом или адиабатном процессе?

5.7. Двухатомный газ, занимающий объем 22 л под давлением 0,10 МПа, изобарно нагрет от 20 до 100°C . Определить работу, совершенную газом и приращение его внутренней энергии.

5.8. Расширяясь, трехатомный газ, состоящий из жестких (объемных) молекул, совершает работу 245 Дж. Какое количество теплоты было подведено к газу, если он расширяется: 1) изобарно; 2) изотермически?

Д5.1. Определить γ для газовой смеси, состоящей из водорода массой 4,0 г и углекислого газа массой 22,0 г.

Д5.2. Многоатомный газ, находящийся под давлением 0,10 МПа при температуре 7°C , был изобарно нагрет на 40 К, в результате чего он занял объем 8,0 дм³. Определить количество теплоты, переданное газу и увеличение его внутренней энергии.

Д5.3. В результате адиабатного расширения кислорода массой 3,2 г, находящегося при температуре 20°C , давление уменьшилось от 1,0 до 0,38 МПа.

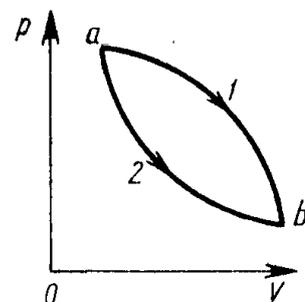
Определить: 1) во сколько раз увеличился объем; 2) температуру в конце процесса.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

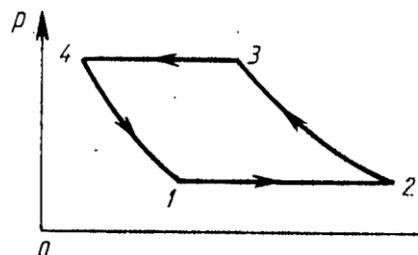
Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

6. Термодинамика (продолжение)

6.1. Идеальный газ некоторой массы переходит из состояния a в состояние b двумя различными способами: 1 и 2 . Одинаковы ли в каждом процессе: а) работа, совершаемая газом; б) приращение его внутренней энергии; в) сообщенное газу количество теплоты?



6.2. Цикл, соответствующий процессу, происходящему с идеальным газом некоторой массы, состоит из двух изобар и двух изотерм. Изобразить цикл в координатах (T, p) , (T, V) и (U, V) и выяснить, на каких участках работа, совершаемая газом, $A' < 0$, а на каких $A' > 0$.



6.3. Расширяясь, трехатомный газ, состоящий из жестких (объемных) молекул, совершает работу 245 Дж . Какое количество теплоты было подведено к газу, если он расширяется: 1) изобарно; 2) изотермически?

6.4. Углекислый газ массой $4,4 \text{ г}$ под давлением $0,10 \text{ МПа}$ при температуре 87°C адиабатно сжимают до $1/20$ его начального объема. Определить конечную температуру и давление газа, приращение внутренней энергии и работу, совершенную газом.

6.5. Какой объем сжатого двухатомного газа нужно израсходовать для совершения работы 250 кДж , если при адиабатном расширении объем его увеличивается в 2 раза при начальном давлении $0,18 \text{ МПа}$?

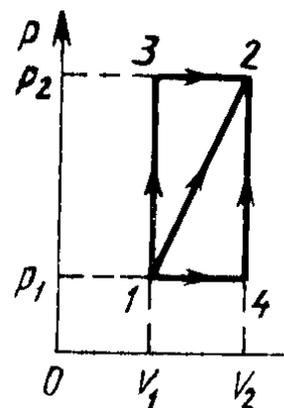
6.6. В цилиндре под поршнем находится 1 моль двухатомного газа при температуре 27°C . Сначала газ расширяется адиабатно так, что его объем увеличивается в 5 раз, а затем сжимается изотермически до первоначального объема. Определить совершенную газом работу.

6.7. Волейбольный мяч массой $m = 200 \text{ г}$ и объемом $V = 8,0 \text{ дм}^3$ накачан до избыточного давления 20 кПа . Мяч был подброшен на высоту $h = 20 \text{ м}$ и после падения на твердый грунт подскочил почти на ту же высоту. Оценить максимальную температуру воздуха в мяче в момент удара о грунт. Температура наружного воздуха 300 К .

6.8. Газ объемом 50 л , находящийся под давлением $0,30 \text{ МПа}$, нагревают при постоянном объеме до тех пор, пока давление его увеличится в 2 раза, после чего газ изотермически расширяется до начального давления, и, наконец, его охлаждают при постоянном давлении до начального объема. Определить работу,

совершенную газом в каждом из этих процессов.

6.9. Трехатомный газ с жесткими (объемными) молекулами объемом 20 л, находящийся под давлением 0,10 МПа, переводят в состояние, при котором его объем увеличивается в 2 раза, а давление в 3 раза. Определить количество теплоты, необходимое газу для этого перехода, изменение его внутренней энергии, а также работу, совершенную газом, при условии, что переход осуществляется по пути: 1) 1—3—2; 2) 1—2; 3) 1—4—2.



Д6.1. 10 г кислорода находятся в сосуде под давлением $p = 300$ кПа и температуре 10°C . После изобарического нагревания газ занял объем $V = 10$ л. Найти количество теплоты, полученное газом, изменение внутренней энергии газа и работу, совершенную газом при расширении.

Д6.2. При изотермическом расширении 10 г азота, находящегося при температуре 17°C , была совершена работа 860 Дж. Во сколько раз изменилось давление при расширении?

Д6.3. При адиабатическом сжатии воздуха в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания давление изменяется от $p_1 = 0,1$ МПа до $p_2 = 3,5$ МПа. Начальная температура воздуха $t_1 = 40^\circ\text{C}$. Найти температуру воздуха в конце сжатия.

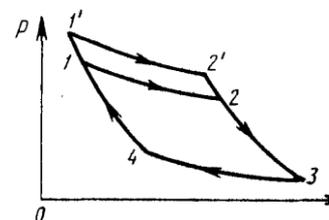
Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

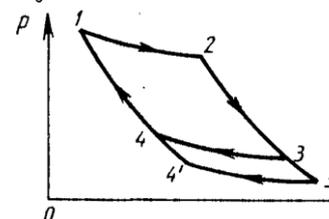
7. Тепловые двигатели. Цикл Карно

7.1. Газ, совершающий цикл Карно, $3/4$ теплоты, полученной от нагревателя, отдает холодильнику. Температура холодильника 0°C . Определить температуру нагревателя. Найти КПД этого цикла.

7.2. На рисунке даны диаграммы двух циклов Карно: 1—2—3—4—1 и 1'—2'—3—4—1'. В каком из циклов машина будет иметь больший КПД?



7.3. На рисунке даны диаграммы двух циклов Карно: 1—2—3—4—1 и 1—2—3'—4'—1. В каком из циклов машина будет иметь больший КПД?



7.4. Идеальный двухатомный газ совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар, причем наибольшее давление в 3 раза больше наименьшего, а наибольший объем в 5 раз больше наименьшего. Определить КПД цикла.

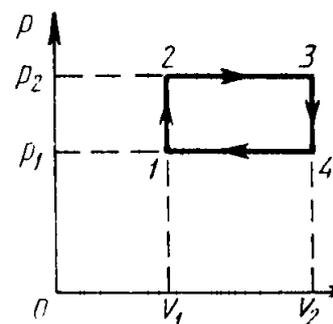
7.5. Наименьший объем газа, совершающего цикл Карно, 12 л. Определить

наибольший объем, если объем газа в конце изотермического расширения 60 л, в конце изотермического сжатия — 19 л.

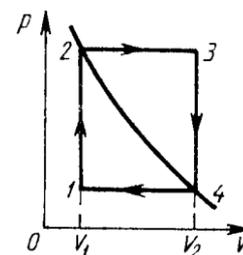
7.6. КПД паровой машины составляет 50% от КПД идеальной тепловой машины, которая работает по циклу Карно в том же интервале температур. Температура пара, поступающего из котла в паровую машину, 227°C , температура в конденсаторе 77°C . Определить мощность паровой машины, если она за 1 ч потребляет уголь массой 200 кг с теплотворной способностью 31 МДж/кг.

7.7. Двухатомный газ совершает цикл Карно, причем при изотермическом расширении его объем увеличивается в 2 раза, а при последующем адиабатном расширении он производит работу 300 кДж. Определить работу, совершаемую газом за один цикл.

7.8. Воздух массой 1,0 кг совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар (см. рисунок). Начальный объем газа 80 литров, давление изменяется от 1,2 до 1,4 МПа, температура $t_3 = 150^\circ\text{C}$. Определить: 1) работу, совершаемую газом за один цикл; 2) КПД цикла; 3) какой КПД имел бы цикл Карно, изотермы которого соответствовали бы наибольшей и наименьшей температурам рассматриваемого цикла.



7.9. Идеальный газ в количестве 1 моль совершает цикл Карно, состоящий из двух изохор и двух изобар (см. рисунок). Температура газов в точках 1 и 3 равна соответственно T_1 и T_3 . Определить работу, совершаемую газом за цикл, если известно, что точки 2 и 4 лежат на одной изотерме.



Д7.1. Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, имеет температуру нагревателя 227°C , температуру холодильника 127°C . Во сколько раз нужно увеличить температуру нагревателя, чтобы КПД машины увеличился в 3 раза?

Д7.2. Идеальная тепловая машина Карно совершает за один цикл работу $A = 2,94$ кДж и отдает за один цикл холодильнику количество теплоты $Q = 13,4$ кДж. Найти КПД машины.

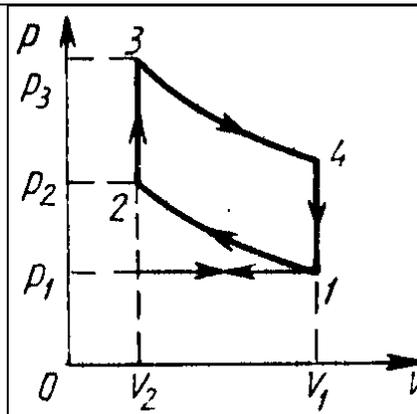
Д7.3. Идеальная тепловая машина Карно за цикл получает от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 2,512$ кДж. Температура нагревателя $T_1 = 400$ К, температура холодильника $T_2 = 300$ К. Найти работу, совершаемую машиной за один цикл, и количество теплоты Q_2 , отдаваемое холодильнику за один цикл.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

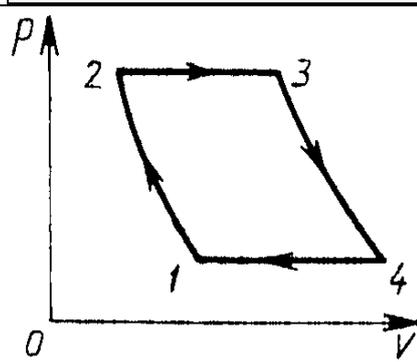
Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

8. Реальные циклы. Холодильные машины.

8.1. На рисунке изображен цикл карбюраторного четырехтактного двигателя внутреннего сгорания, состоящий из двух изохор $1-4$ и $2-3$ и двух адиабат $1-2$ и $3-4$. Степень сжатия горючей смеси, которую можно считать идеальным газом с показателем адиабаты γ , $n = V_1/V_2$. Определить КПД цикла.



8.2. На рисунке изображен цикл прямого воздушнореактивного двигателя, состоящего из двух адиабат $1-2$ и $3-4$ и двух изобар $4-1$ и $2-3$. Степень повышения давления при адиабатном сжатии $\delta = p_2/p_1$. Определить КПД цикла. Рабочее вещество — идеальный газ с показателем адиабаты γ .



8.3. В комнате открыли работающий холодильник. Как изменилась температура в комнате?

8.4. Тепловую машину, работающую по циклу Карно с КПД = 20%, используют при тех же условиях как холодильную машину. Найти ее холодильный коэффициент.

8.5. Холодильник мощностью P за время τ превратил в лед n литров воды, которая первоначально имела температуру $t^\circ\text{C}$. Какое количество теплоты выделилось в комнате за это время?

8.6. В идеальной холодильной машине, работающей по обратному циклу Карно, совершается перенос теплоты от тела с температурой -20°C к воде, имеющей температуру 10°C . Определить, какое количество теплоты будет отнято от охлаждаемого тела за один цикл, если известно, что данная холодильная машина приводится в действие с помощью тепловой машины Карно, которая работает в интервале температур $202-107^\circ\text{C}$ и передает за каждый цикл холодильнику 504 кДж теплоты.

Д8.1. В цикле двигателя внутреннего сгорания, рассмотренном в задаче **8.1**, горючая смесь, которую можно считать двухатомным газом с жесткими молекулами, сжимается до объема 2 л. Ход и диаметр поршня равны соответственно 40 и 15 см. Определить КПД цикла.

Д8.2. Домашний холодильник потребляет ток средней мощностью 40 Вт. Какое количество теплоты выделится в комнате за сутки, если холодильный коэффициент $\varepsilon = 9$?

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

9. Макро- и микросостояния. Энтропия.

9.1. В сосуде содержится 5 молекул. Определить вероятность состояния, при котором в правой половине сосуда находится 2 молекулы. Чему равна вероятность состояния, при котором либо в левой, либо в правой половине сосуда находятся 2 молекулы? Каков статистический вес этого состояния?

9.2. Некоторая термодинамическая система перешла из состояния 1 в состояние 2. Статистический вес второго состояния превосходит статистический вес первого состояния в 2 раза. Чему равно приращение энтропии системы?

9.3. Статистический вес состояния некоторой массы газа равен Ω_1 . Определить статистический вес Ω_2 состояния в γ раз большей массы того же газа. Температура и давление газа в обоих случаях одинаковы.

9.4. Гелий в количестве 1 моль, изобарно расширяясь, увеличил свой объем в 4 раза. Найти приращение энтропии при этом расширении.

9.5. Воздух массой 1,0 кг сжимают адиабатно так, что объем его уменьшается в 6 раз, а затем при постоянном объеме давление возрастает в 1,5 раза. Определить приращение энтропии в этом процессе.

9.6. Определить приращение энтропии углекислого газа массой 1,0 кг в процессе сжатия от давления 0,20 МПа при температуре 40°C до давления 4,5 МПа при температуре 253°C.

9.7. Энтропия термодинамической системы в некотором состоянии равна 3,18 мДж/К. Чему равен статистический вес этого состояния системы?

9.8. Кислород массой 1,0 кг при давлении 0,50 МПа и температуре 127°C, изобарно расширяясь, увеличивает свой объем в 2 раза, а затем сжимается изотермически до давления 4,0 МПа. Определить суммарное приращение энтропии.

9.9. Определить приращение энтропии при смешении азота массой 3,0 кг и углекислого газа массой 2,0 кг. Температуры и давления газов до смешения одинаковы.

9.10. Идеальный газ в количестве 1 моль изотермически расширяется так, что при этом происходит приращение энтропии на 5,75 Дж/К. Определить натуральный логарифм отношения термодинамических вероятностей начального и конечного состояний газа, а также отношение начального и конечного его давлений.

Д9.1. Энтропия термодинамической системы в некотором состоянии равна 3,18 мДж/К. Чему равен статистический вес этого состояния системы?

Д9.2. До какой температуры нужно довести кислород массой 4,0 кг, находящийся при температуре 227°C, не меняя его объема, чтобы уменьшить энтропию кислорода на 1,31 кДж/К?

Д9.3. Найти изменение энтропии ΔS при превращении 1кг воды ($T_1 = 273$ К) в пар ($T_2 = 373$ К).

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Темы лабораторных работ

- №1. Определение отношения теплоемкостей C_p / C_v воздуха по скорости звука.
- № 2. Проверка закона Шарля.
- № 3. Определение плотности воздуха.
- № 4. Определение удельной теплоёмкости твёрдых тел.
- № 5. Определение отношения теплоемкостей C_p / C_v газа методом Клемана - Дезорма.
- № 6. Определение удельной теплоты парообразования воды.
- № 7. Определение влажности воздуха.
- № 8. Изучение теплового расширения твердых тел.
- № 9. Определение коэффициента вязкости, длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха.
- № 10. Изучение зависимости кинематической вязкости жидкости от температуры.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Раздел. Квантовая физика

Темы лекционных занятий

Введение. Тепловое излучение. АЧТ. Основные понятия. Законы теплового излучения.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Квантовые свойства излучения. Фотон. Тормозное рентгеновское излучение. Фотоэффект. Давление света. опыты Лебедева. Опыт Боте. Эффект Комптона.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Волновые свойства вещества. Волны де Бройля. опыты по дифракции частиц. Соотношение неопределенностей. Волновая функция. Уравнение Шредингера и ее физический смысл. Принцип суперпозиции в квантовой механике. Уравнение Шредингера.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-

у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Строение атомов и молекул. Опыты Резерфорда. Планетарная модель атома. Постулаты Бора. Модель атома водорода по Бору. Спектральные серии излучения атомарного водорода. Квантовомеханическая интерпретация постулатов Бора. Принцип соответствия. Историческая роль модели атома Резерфорда—Бора. Опыты Франка и Герца. Опыты Штерна и Герлаха.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Понятие о химической связи и валентности. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Понятие о квантовых статистиках. Квантовая теория теплоемкости. Фононы. Теплопроводность диэлектрических кристаллов. Теплоемкость металлов. Свойства электронного газа. Теплоемкость электронного газа.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Зонная теория. Образование энергетических зон в кристаллах. Диэлектрики. Валентная зона, зона проводимости, запрещенная зона. Полупроводники. Металлы, зона проводимости металлов, уровень Ферми. Электропроводность металлов и полупроводников. Собственная и примесная проводимость полупроводников, р—n-переход, полупроводниковые приборы. Эффект Холла в полупроводниках.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Квантовые явления при низких температурах. Сверхпроводимость. Сверхтекучесть.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

Физика атомного ядра. Экспериментальные методы ядерной физики. Счетчики частиц, трековые камеры, фотоэмульсии. Масс-спектрометры. Ускорители заряженных частиц.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

<p>Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4</p> <p>Радиоактивность. Закон радиоактивного распада, α-, β-распады, γ-излучение. Правила смещения. Применение радиоактивных изотопов.</p> <p>Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в</p> <p>Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4</p>
<p>Ядерные реакции. Примеры ядерных превращений. Трансурановые элементы. Деление ядер. Цепные реакции деления. Ядерные реакторы на тепловых и быстрых нейтронах. Ядерная энергетика. Реакции синтеза, условия их осуществления. Управляемый термоядерный синтез.</p> <p>Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в</p> <p>Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4</p>
<p>Элементарные частицы. Общие сведения об элементарных частицах. Стандартная модель. Фундаментальные взаимодействия. Частицы — переносчики взаимодействия. Понятие кварках.</p> <p>Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в</p> <p>Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4</p>

Темы и задачи практических занятий

1. Тепловое излучение. Основные понятия.

1.1. Вычислить энергию, излучаемую с поверхности Солнца площадью 1 м^2 за 1 мин , приняв температуру его поверхности равной 5800 К . Считать, что Солнце излучает как абсолютно черное тело.

1.2. Найти мощность, излучаемую абсолютно черным шаром радиусом 10 см , который находится в комнате при температуре 20°С .

1.3. Площадь поверхности вольфрамовой нити накала вакуумной лампы мощностью 25 Вт $0,403 \text{ см}^2$, а ее температура накала 2177°С . Во сколько раз меньше энергии излучает лампа, чем абсолютно черное тело с поверхности такой же площади при той же температуре? Считать, что по установлению равновесия все выделяющееся в нити количество теплоты теряется на излучение

1.4. В какой области спектра лежит длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности излучения Солнца, если температура его поверхности 5800 К ?

1.5. При работе электрической лампы накаливания вольфрамовый волосок нагрелся, в результате чего длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучения, изменилась от $1,4$ до $1,1 \text{ мкм}$. Во сколько раз увеличилась при этом максимальная спектральная плотность излучения, если волосок принять за абсолютно черное тело? На сколько изменилась при этом температура волоска?

1.6. Во сколько раз увеличится мощность излучения абсолютно черного тела, если максимум спектральной плотности излучения переместится от 700 до 600 нм?

1.7. Температура нити обычной лампы накаливания 2700 К. Определить длину волны, на которую приходится максимум излучательной способности. Определить аналогичный параметр для галогенной лампы, температура нити которой 3200 К.

1.8. Железный шар диаметром 10 см, нагретый до температуры 1227°C, остывает на открытом воздухе. Через какое время его температура понизится до 1000 К? При расчете принять, что отношение энергетических светимостей железа и абсолютно черного тела 0,5. Теплопроводностью воздуха пренебречь. Удельная теплоемкость железа 460 Дж/(кг·К)

1.9. Оценить энергию, излучаемую телом человека средней комплекции, считая его абсолютно чёрным телом. Сколько энергии требуется этому человеку для поддержания своей температуры в течении суток, если температура окружающей среды 20°C? Считать, что потери энергии происходят только за счёт излучения.

Д1.1. Какова температура печи, если известно, что из отверстия в ней площадью 4 см² излучается за 1 с энергия 22,7 Дж? Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

Д1.2. Температура абсолютно черного тела изменяется от 727 до 1727°C. Во сколько раз изменится при этом энергия, излучаемая телом?

Д1.3. Сколько энергии излучает абсолютно черное тело за 1 с со светящейся поверхности площадью 1 см², если максимум спектральной плоскости излучения приходится на длину волны 725 нм?

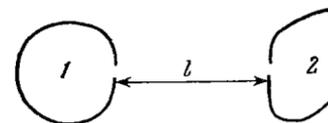
Д1.4. Пренебрегая потерями на теплопроводность, найти мощность электрического тока, необходимую для накаливания нити диаметром 1 мм и длиной 20 см до температуры 2500 К. Считать, что нить излучает как абсолютно черное тело и по установлении равновесия все выделяющееся в нити количество теплоты теряется на излучение.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

2. Тепловое излучение. Законы теплового излучения. Формула Планка.

2.1. Имеются две полости с малыми отверстиями одинаковых диаметров $d = 1,0$ см и абсолютно отражающими наружными поверхностями. Расстояние между отверстиями $l = 10$ см. В полости поддерживается постоянная температура 1700 К. Вычислить установившуюся температуру в полости 2. *Указание.* Иметь в виду, что абсолютно черное тело является косинусным излучателем.



2.2. Получить с помощью формулы Планка приближенные выражения для

объемной спектральной плотности излучения r_ω :

а) в области, где $\hbar\omega \ll kT$ (формула Рэлея - Джинса);

б) в области, где $\hbar\omega \gg kT$ (формула Вина).

2.3. Найти с помощью формулы Планка мощность излучения единицы поверхности абсолютно черного тела, приходящегося на узкий интервал длин волн $\Delta\lambda = 1,0 \text{ нм}$ вблизи максимума спектральной плотности излучения, при температуре тела $T=3000 \text{ К}$.

2.4. На рисунке показан график функции $y(x)$, которая характеризует относительную долю общей мощности теплового излучения, приходящуюся на спектральный интервал от 0 до x . Здесь $x = \lambda/\lambda_m$ (λ_m — длина волны, отвечающая максимальной спектральной плотности излучения). Найти с помощью этого графика:

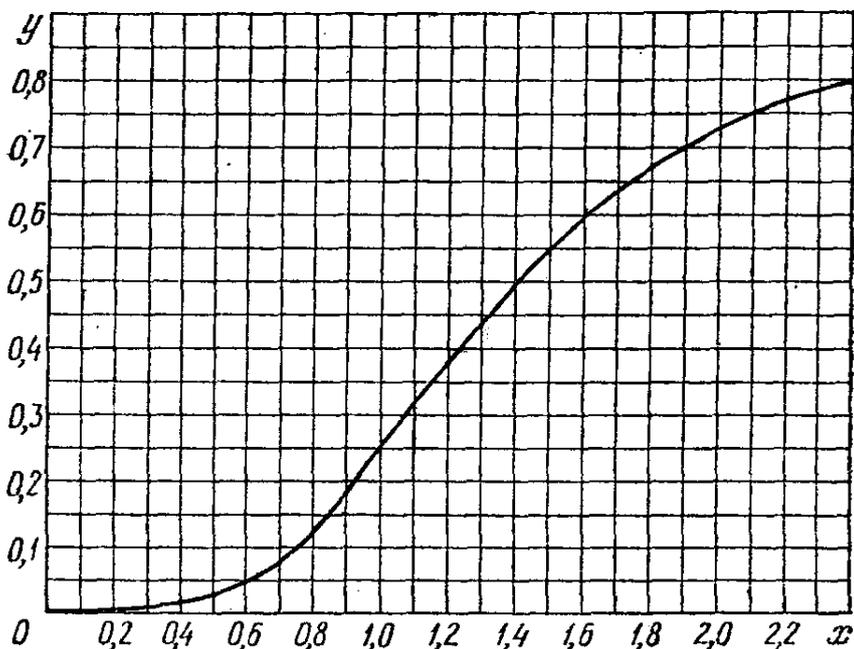
а) длину волны, которая делит спектр излучения на две энергетически равные части при температуре 3700 К ;

б) долю общей мощности излучения, которая приходится на видимую часть спектра ($0,40—0,76 \text{ мкм}$) при температуре 5000 К ;

в) во сколько раз увеличится мощность излучения в области видимого света при возрастании температуры от 3000 до 5000 К ;

г) энергетический КПД обычной лампы накаливания (температура нити 2700 К , считаем нить абсолютно черным телом);

д) энергетический КПД галогенной лампы накаливания (температура нити 3200 К , считаем нить абсолютно черным телом).



Д2.1. Земля вследствие излучения в среднем ежеминутно теряет с поверхности площадью 1 м^2 энергию $5,4 \text{ кДж}$. При какой температуре абсолютно черное тело излучало бы такую же энергию?

Д2.2. Температура абсолютно черного тела изменилась при нагревании от 1327 до 1727°С . На сколько изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности излучения, и во сколько раз

увеличилась максимальная спектральная плотность излучения?

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

3. Квантовые свойства излучения. Фотоэффект. Световое давление.

3.1. Во сколько раз энергия фотона ($\lambda = 550 \text{ нм}$) больше средней кинетической энергии поступательного движения молекулы кислорода при комнатной температуре (17°C)?

3.2. Определить длину волны, если соответствующий ей фотон обладает энергией 10^{-19} Дж . К какой части спектра принадлежит эта длина волны?

3.3. Какая длина волны соответствует фотону, релятивистская масса которого $1,66 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$?

3.4. Оценить, сколько фотонов испускает лазерная указка ($\lambda = 690 \text{ нм}$, мощность 1 мВт) за 1 с.

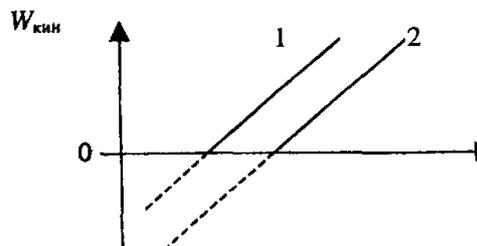
3.5. Считая, что мощность лампы рассеивается во все стороны в виде излучения и что средняя длина волны $0,5 \text{ мкм}$, найти число фотонов, которые падают за 1 с на поверхность площадью 1 см^2 , расположенную перпендикулярно лучам на расстоянии 50 см от лампы. Мощность лампы 25 Вт .

3.6. Какова максимальная скорость электронов, вылетающих с поверхности молибдена при освещении его лучами с длиной волны 200 нм ? Работа выхода для молибдена $4,2 \text{ эВ}$.

3.7. Красная граница фотоэффекта для платины около 198 нм . Если платину прокалить при высокой температуре, то красная граница фотоэффекта станет равной 220 нм . На сколько электрон-вольт прокаливание уменьшает работу выхода электронов?

3.8. Красная граница фотоэффекта рубидия 810 нм . Какое задерживающее напряжение нужно приложить к фотоэлементу, чтобы ни одному из электронов, испускаемых рубидием под действием ультрафиолетовых лучей с длиной волны 100 нм , не удалось преодолеть задерживающее поле?

3.9. На графике представлены зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты. Какой из материалов фотокатода имеет меньшую работу выхода.



3.10. Изолированная металлическая пластинка освещается светом с длиной волны 450 нм . Работа выхода электронов из металла 2 эВ . До какого потенциала зарядится пластинка при непрерывном действии света?

3.11. Фотоэлектроны, вырываемые с поверхности некоторого металла светом с частотой $2,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$, полностью задерживаются потенциалом $6,6 \text{ В}$, а вырываемые светом с частотой $4,6 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$ — потенциалом $16,5 \text{ В}$. Найти постоянную Планка (этот метод измерения постоянной Планка был предложен

П. И. Лукирским).

3.12. В классических опытах П. Н. Лебедева по экспериментальному определению светового давления поток лучистой энергии направляется на крылышки весьма чувствительных крутильных весов. Вычислить давление, которое испытывали зачерненные и зеркальные крылышки измерительной установки, если поток падающей световой энергии равен $1,05 \text{ кВт/м}^2$.

3.13. Найти силу, действующую на космический корабль, оборудованный солнечным парусом, и сообщаемое ему ускорение. Масса корабля 1000 кг , площадь паруса $100 \times 100 \text{ м}^2$, коэффициент отражения равен 1. Солнечная постоянная на орбите Земли $1,4 \text{ кВт/м}^2$.

ДЗ.1. Определить энергию, релятивистские массу и импульс фотонов рентгеновских лучей с длинами волн 100 и 2 нм . Сравнить их релятивистскую массу с массой электрона.

ДЗ.2. На поверхность никеля падает монохроматический свет ($\lambda = 200 \text{ нм}$). Красная граница фотоэффекта для никеля 248 нм . Определить энергию падающих фотонов, работу выхода электронов, максимальную кинетическую энергию электронов и их скорость.

ДЗ.3. Световой поток мощностью 9 Вт нормально падает на поверхность площадью 10 см^2 , коэффициент отражения которой $0,8$. Какое давление испытывает при этом данная поверхность?

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

4. Квантовые свойства излучения. Тормозное рентгеновское излучение. Эффект Комптона.

4.1. Определить скорость электрона в рентгеновской трубке, прошедшего разность потенциалов 10 кВ .

4.2. Антикатоде рентгеновской трубки бомбардируется электронами, скорость которых 100 Мм/с . Определить максимальную частоту излучения в сплошном рентгеновском спектре с учетом зависимости релятивистской массы электрона от скорости его движения.

4.3. Рентгеновская трубка работает при напряжении 30 кВ . Найти максимальную скорость электрона и наименьшее значение длины волны тормозного рентгеновского излучения.

4.4. Увеличение напряжения на рентгеновской трубке в $\eta = 2$ раза сопровождается изменением длины волны, отвечающей коротковолновой границе рентгеновского спектра, на $\Delta\lambda = 0,025 \text{ нм}$. Определить первоначальное напряжение, приложенное к трубке.

4.5. Вычислить комптоновское смещение и относительное изменение длины волны для видимого света ($\lambda = 500 \text{ нм}$) и γ -лучей ($\lambda = 5 \text{ нм}$) при рассеянии на первоначально покоившихся свободных электронах. Угол рассеяния 90° .

4.6. Найти изменение длины волны света при рассеянии его под углом 90° на свободных первоначально покоившихся протонах.

4.7. Фотон с энергией $0,75 \text{ МэВ}$ рассеялся на свободном электроне под углом 60° . Найти энергию рассеянного фотона, кинетическую энергию и импульс электрона отдачи. Кинетической энергией электрона до соударения пренебречь.

4.8. Рентгеновское излучение с длиной волны $56,3 \text{ пм}$ рассеивается плиткой графита. Определить длину волны лучей, рассеянных под углом 120° к первоначальному направлению рентгеновских лучей.

Д4.1. Наименьшая длина волны сплошного спектра рентгеновских лучей, полученного в результате торможения электронов на антикатоде рентгеновской трубки, $0,5 \text{ нм}$. Какова наибольшая скорость электронов?

Д4.2. Определить максимальные комптоновские изменения длины волны при рассеянии фотонов на свободных первоначально покоившихся электронах и ядрах атомов водорода.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

5. Волна де Бройля. Соотношение неопределенностей.

5.1. Скорость так называемых тепловых нейтронов, средняя кинетическая энергия которых близка к средней энергии атомов газа при комнатной температуре, $2,5 \text{ км/с}$. Найти длину волны де Бройля для таких нейтронов.

5.2. На грань кристалла никеля падает под углом 64° к поверхности грани параллельный пучок электронов, движущихся с одинаковой скоростью. Принять расстояние между соответствующими плоскостями, параллельными грани кристалла, $d = 200 \text{ пм}$. Пользуясь уравнением Вульфа — Брегга, найти скорость электронов, если они испытывают интерференционное отражение 1-го порядка.

5.3. Поток летящих параллельно друг другу электронов, имеющих скорость 10^5 м/с , проходит через щель ширины $b = 0,01 \text{ мм}$. Найти ширину Δx центрального дифракционного максимума, наблюдаемого на экране, отстоящем от щели на расстояние 1 м . Сравнить Δx с шириной щели b .

5.4. Вычислить длину волны де Бройля для протона с кинетической энергией 100 эВ .

5.5. Неопределенность скорости электронов, движущихся вдоль оси абсцисс, составляет $\Delta v = 10^2 \text{ м/с}$. Какова при этом неопределенность координаты x , определяющей местоположение электрона?

5.6. Наименьшая неточность, с которой можно найти координату электрона в атоме водорода, порядка 10^{-10} м . Найти неопределенность средней кинетической энергии электрона в невозбужденном атоме водорода.

5.7. Длительность возбужденного состояния атома водорода соответствует примерно $\Delta t = 10^{-7} \text{ с}$. Какова неопределенность энергии в этом состоянии? Каково естественное уширение спектральной линии, если её длина волны $656,3 \text{ нм}$?

5.8. Считая, что погрешность определения координаты электрона в

невозбужденном атоме водорода того же порядка, что и диаметр самого атома (10^{-10} м), оценить длину волны электрона (считая, что скорость электрона того же порядка, что и ее погрешность).

Д5.1. Электронный пучок с постоянной скоростью падает на поверхность фторида лития LiF. Найти ускоряющую разность потенциалов, при которой наблюдается второй дифракционный максимум под углом $\theta = 1^\circ 30'$. Считать расстояние между соответствующими атомными плоскостями $d = 380$ нм.

Д5.2. Молекулы водорода участвуют в тепловом движении при $T \sim 300$ К. Найти неопределенность координаты Δx молекул водорода.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

6. Простейшие задачи квантовой механики

6.1. Электрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной 10^{-9} м с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти его наименьшее значение энергии, разность энергии между 1 и 2 уровнями, значение квантового числа, при котором разность энергий соседних уровней равна 1% от энергии, которой обладает электрон на нижнем уровне из этих двух.

6.2. Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме ширины l с абсолютно непроницаемыми стенками ($0 < x < l$). Найти вероятность пребывания частицы в области $l/3 < x < 2l/3$.

6.3. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Ширина ямы l такова, что энергетические уровни расположены весьма густо. Найти плотность уровней dN/dE , т. е. их число на единичный интервал энергии, в зависимости от E . Вычислить dN/dE для $E = 1$ эВ, если $l = 1$ см.

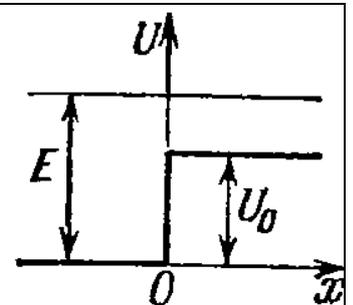
6.4. Найти для электрона с энергией $E = 4$ эВ вероятность D прохождения потенциального барьера, ширина которого 1 нм и высота $U = 6$ эВ, если барьер имеет прямоугольную форму.

6.5. Частицы с массой m и энергией E движутся слева на потенциальный барьер. Найти:

а) коэффициент отражения R этого барьера при $E > U_0$;

б) эффективную глубину проникновения частиц в область $x > 0$ при $E < U_0$, т. е. расстояние от границы барьера

до точки, где плотность вероятности нахождения частицы уменьшается в e раз.



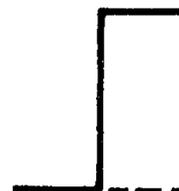
6.6. Частица массы m находится в двумерной прямоугольной потенциальной яме с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти:

а) возможные значения энергии частицы, если стороны ямы равны l_1 и l_2 ;

б) значения энергии частицы на первых четырех уровнях, если яма квадратная со стороной l .

Д6.1. Нейтрон находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме шириной 10^{-14} м с абсолютно непроницаемыми стенками. Найти наименьшую разность двух соседних энергетических уровней нейтрона.

Д6.2. Электроны, обладающие энергией $E = 16$ эВ, на своем пути встречают прямоугольный потенциальный барьер высотой $U = 4$ эВ. Найти коэффициент отражения R и коэффициент пропускания D волн де Бройля для данного барьера.



Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

7. Водородоподобные атомы. Спектр атома водорода.

7.1. Электрон движется по второй орбите атома водорода. Найти длину волны де Бройля. Сколько раз укладывается эта длина волны на длину этой боровской орбиты?

7.2. Во сколько раз увеличится радиус орбиты электрона у атома водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его фотоном энергией $12,09$ эВ?

7.3. Определить энергию фотона, соответствующего наименьшей длине волны, в ультрафиолетовой серии водорода.

7.4. Экспериментально установлено, что вторая спектральная линия водородной серии Бреккета соответствует длине волны $2,63$ мкм. На основании этих данных установить приближенное значение постоянной Ридберга.

7.5. Какую работу нужно совершить, чтобы удалить электрон со второй орбиты атома водорода за пределы притяжения его ядром?

7.6. Покоящийся ион He^+ испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Этот фотон вырвал фотоэлектрон из покоящегося атома водорода, который находился в основном состоянии. Найти скорость фотоэлектрона.

7.7. Покоившийся атом водорода испустил фотон, соответствующий головной линии серии Лаймана. Какую скорость приобрел атом?

7.8. Найти скорость фотоэлектронов, вырывааемых электромагнитным излучением с длиной волны 18 нм из ионов He^+ , которые находятся в основном состоянии и покоятся.

7.9. С помощью условий квантования вывести формулу центростремительного ускорения электрона на орбите. Найти их ускорения на двух первых орбитах в атоме водорода.

7.10. Найти длины волн первой, второй и третьей линий видимой серии водорода (серия Бальмера).

Д7.1. Переход электрона в атоме водорода с n -й на k -ю орбиту ($k = 1$) сопровождается излучением фотона с длиной волны $\lambda = 102,6$ нм. Найти радиус n -й орбиты.

Д7.2. Атом водорода переведен из нормального состояния в возбужденное, характеризующееся главным квантовым числом 2. Найти энергию, необходимую для перевода атома водорода в указанное возбужденное состояние.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

8. Квантовые числа атомов. Правило отбора. Спектры щелочных металлов.

8.1. Энергия связи валентного электрона атома лития в состояниях $2s$ и $2p$ равна соответственно 5,39 и 3,54 эВ. Вычислить ридберговские поправки для S- и P-термов этого атома.

8.2. Найти ридберговскую поправку для $3P$ -терма атома натрия, первый потенциал возбуждения которого 2,10 В, а энергия связи валентного электрона в основном $3s$ -состоянии 5,14 эВ.

8.3. Найти энергию связи валентного электрона в основном состоянии атома лития, если известно, что длина волны головной линии резкой серии $\lambda_1 = 813$ нм и длина волны коротковолновой границы этой серии $\lambda_2 = 350$ нм.

8.4. Определите, возможны ли излучательные переходы: $1s-2p$; $1s-3p$; $1s-3s$; $1s-3d$; $3d-2p$; $2p-4f$; $2s-2p$. Определите энергии и длины волн для разрешенных переходов в атоме водорода.

8.5. Заполненная электронная оболочка характеризуется квантовым числом $n = 3$. Укажите число электронов на этой оболочке, которые имеют одинаковыми следующие квантовые числа: 1) $m_s = +1/2$; 2) $m_l = +1$; 3) $m_l = -2$; 4) $m_s = -1/2$ и $m_l = 0$;

5) $m_s = +1/2$ и $l = 2$.

8.6. В атоме K , L и M - оболочки заполнены полностью. Определите: а) общее число электронов в атоме; б) число s -, p - и d -электронов; в) сколько p -электронов имеют квантовое число $m_l = 0$?

8.7. Сколько и какие значения квантового числа J может иметь атом в состоянии с квантовыми числами S и L , равными соответственно: а) 2 и 3; б) 3 и 3; в) $5/2$ и 2?

8.8. Найти возможные значения полных механических моментов атомов, находящихся в состояниях 4P и 5D .

8.9. Найти максимально возможный полный механический момент и соответствующее спектральное обозначение терма атома:

а) натрия, валентный электрон которого имеет главное квантовое число $n = 4$;

б) с электронной конфигурацией $1s^2 2p 3d$.

Д8.1. Определить длины волн спектральных линий, возникающих при

переходе возбужденных атомов лития из состояния $3s$ в основное состояние $2s$. Ридберговские поправки для S - и P -термов равны $-0,41$ и $-0,04$.

Д8.2. Используя принцип Паули, укажите, какое максимальное число электронов в атоме могут иметь одинаковыми следующие квантовые числа: 1) n, l, m_l, m_s ; 2) n, l, m_l ; 3) n, l ; 4) n .

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

9. Характеристическое рентгеновское излучение. Спектры молекул.

9.1. Определить длину волны K_α -линии элемента периодической системы, начиная с которого следует ожидать появления L -серии характеристического рентгеновского излучения.

9.2. Найти энергию связи L – электронов титана, если известно, что разность длин волн между головной линией K -серии и её коротковолновой границей $\Delta\lambda = 0,26 \text{ \AA}$.

9.3. Определить напряжение на рентгеновской трубке с никелевым антикатодом, если разность длин волн K_α -линии и коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра равна $0,84 \text{ \AA}$.

9.4. Найти кинетическую энергию электронов, вырываемых из K оболочки атомов молибдена K_α излучением серебра.

9.5. При увеличении напряжения на рентгеновской трубке от 10 до 20 кВ интервал длин волн между K_α -линией и коротковолновой границей увеличивается в 3 раза. Из какого металла сделан антикатод трубки?

9.6. Определите угловую скорость вращения молекулы S_2 , находящейся на первом возбужденном вращательном уровне, если расстояние между её ядрами $d = 189 \text{ пм}$.

9.7. Вычислите расстояние d между ядрами молекулы $HC1$ исходя из того, что некоторые из линий ее вращательного спектра имеют длины волн $120,3 \text{ мкм}$; $96,0 \text{ мкм}$; $80,4 \text{ мкм}$; $68,9 \text{ мкм}$; $60,4 \text{ мкм}$.

Д9.1. Принимая для молибдена поправку $\sigma = 1$, найти, при каком наименьшем напряжении на рентгеновской трубке с молибденовым катодом проявятся линии серии K_α .

Д9.2. Собственная круговая частота колебаний молекулы HF равна $7,79 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$. Между нулевым и первым возбужденным колебательными уровнями располагается 13 вращательных уровней. Определите расстояние d между центрами ядер в этой молекуле.

Д9.3. К/р задача №7

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

10. Зонная теория. Электропроводность полупроводников и металлов.

10.1. В серебре объемом 1 м^3 находится приблизительно $5,8 \cdot 10^{28}$ электронов проводимости. Найти среднюю скорость дрейфа электронов при наложении напряженности электрического поля вдоль проводника $E = 1 \text{ В/см}$.

10.2. Нарисовать схематически зависимость логарифма проводимости от $1/T$ для Si ($\Delta E = 1,08 \text{ эВ}$) и Ge ($\Delta E = 0,66 \text{ эВ}$). Ответ обосновать.

10.3. Нарисовать схематически зависимость удельного сопротивления для никеля ($\alpha = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$) и для нихрома ($\alpha = 0,13 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$) от температуры. Ответ обосновать.

10.4. Германиевый образец нагревают от 0 до 17° С . Определить, во сколько раз уменьшается его удельное сопротивление, если ширина запрещенной зоны $0,72 \text{ эВ}$.

10.5. Определите концентрацию свободных электронов в металле при температуре $T = 0 \text{ К}$, если энергия Ферми равна $E_f = 1 \text{ эВ}$.

10.6. Вычислите энергию Ферми E_f свободных электронов в кристалле меди при температуре $T = 0 \text{ К}$. Принять, что на каждый атом меди приходится по одному свободному электрону. Плотность меди $\rho_{\text{Cu}} = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

10.7. Концентрация свободных носителей заряда в кремнии $n = 5 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$, подвижность электронов $\mu_n = 0,15 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, а дырок $\mu_p = 0,05 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Определите сопротивление кремниевого стержня длиной 5 см и площадью поперечного сечения 2 мм^2 .

10.8. Во сколько раз концентрация носителей тока в чистом сплаве InSb при температуре 400 К больше концентрации при 300 К ? Ширина запрещенной зоны для InSb $0,18 \text{ эВ}$.

Д10.1. Кремниевый образец нагревается от температуры $t_1 = 0^\circ \text{ С}$ до $t_2 = 10^\circ \text{ С}$. Как и во сколько раз изменится его электропроводность? Ширина запрещенной зоны кремния $\Delta E = 1,1 \text{ эВ}$.

Д10.2. Удельное сопротивление кремния с примесью равно $\rho = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Определите концентрацию дырок p и их подвижность μ_p . Принять, что полупроводник обладает только дырочной проводимостью.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

11. Квантовая теория теплоемкости. Фононы.

11.1. Определить молярную теплоемкость свинца при $T = 20 \text{ К}$. Характеристическая температура Дебая $\theta_d = 90 \text{ К}$.

11.2. Оценить энергию нулевых колебаний моля алюминия, если межатомное расстояние $0,3 \text{ нм}$ и скорость распространения акустических

колебаний 4 км/с .

11.3. Характеристическая температура Дебая для хлорида калия $\theta_D = 230 \text{ K}$, а для хлорида натрия $\theta_D = 280 \text{ K}$. Во сколько раз удельная теплоемкость КС1 больше удельной теплоемкости NaCl при температуре 40 K ?

11.4. Оценить максимальные значения энергии и импульса фонона (звукового кванта) в меди, дебаевская температура которой равна 330 K .

11.5. Определите теплоту, необходимую для нагревания двух молей никеля от 20 до 30 K . Принять характеристическую температуру Дебая θ_D для никеля равной 450 K и условие $T \ll \theta_D$ считать выполненным.

11.6. При нагревании кристалла меди массы $m=25 \text{ г}$ от $T_1 = 10 \text{ K}$ до $T_2 = 20 \text{ K}$ ему было сообщено количество тепла $0,80 \text{ Дж}$. Найти дебаевскую температуру для меди, если $\theta \ll T_1$ и T_2 .

11.7. Найти теплоемкость электронов проводимости для натрия при 2 K и 1000 K . Концентрация свободных электронов $2,5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. Энергия Ферми $E_f = 7 \text{ эВ}$.

11.8. Дебаевская температура свинца $\theta_D = 95 \text{ K}$. Используя данное значение для θ_D , найдите при температуре $T = 5 \text{ K}$ отношение теплоемкости свинца к теплоемкости, даваемой законом Дюлонга-Пти.

Д11.1. Найдите характеристическую температуру Дебая для железа, если максимальная частота упругих колебаний атомов в кристаллической решетке $\nu_{\text{max}} = 8,75 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$.

Д11.2. Экспериментально установлено, что при температуре $T_1 = 4 \text{ K}$ молярная теплоемкость аргона $c_V = 0,174 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$. Определите молярную теплоемкость аргона при $T_2 = 2 \text{ K}$.

Планируемые результаты обучения: ПК-12.Б1.В.23-з, ПК-12.Б1.В.23-у, ПК-12.Б1.В.23-в

Ресурсы, необходимые для освоения: 4.1-4.4

12. Радиоактивность.

12.1. Образец содержит 1000 радиоактивных атомов с периодом полураспада T . Сколько атомов останется через промежуток времени $T/2$?

12.2. Определить период полураспада висмута ${}_{83}^{209}\text{Bi}$, если известно, что висмут массой 1 г выбрасывает $4,58 \cdot 10^{15}$ β -частиц за 1 с .

12.3. Сколько α -частиц выбрасывает торий ${}_{90}^{232}\text{Th}$ массой 1 г за 1 с ? Период полураспада тория $1,39 \cdot 10^{11} \text{ лет}$.

12.4. Элемент торий ${}_{90}^{232}\text{Th}$ в результате радиоактивного распада превращается в изотоп свинца ${}_{82}^{208}\text{Pb}$. Сколько α - и β -частиц выбрасывает при этом каждый атом?

12.5. Радиоактивный изотоп кремния ${}_{14}^{27}\text{Si}$ распадается, превращаясь в

алюминий ${}_{13}^{27}Al$. Какая частица при этом выбрасывается?

12.6. а) Какие ядра образуются из α -активного ${}_{88}^{226}Ra$ в результате пяти α -распадов и четырех β -распадов?

б) Сколько α - и β -распадов испытывает ${}^{238}U$, превращаясь в конечном счете в стабильный ${}^{206}Pb$?

12.7. Радий массой 1 г испускает за 1 с $3,7 \cdot 10^{10}$ α -частиц, обладающих скоростью 15 Мм/с. Найти полную энергию, выделяющуюся при α -распаде за 1 ч.

12.8. При изучении β -распада ${}^{23}Mg$ в момент $t = 0$ был включен счетчик. К моменту $t = 2$ с он зарегистрировал N_1 β -частиц, а к моменту $t_2 = 3t_1$ в 2,66 раза больше. Найти среднее время жизни данных ядер.

12.9. Активность некоторого радиоизотопа уменьшается в 2,5 раза за 7 сут. Найти его период полураспада.

12.10. Радиоактивные ядра ${}^{210}Bi$ распадаются по цепочке:



где постоянные распада $\lambda_1 = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ и $\lambda_2 = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ с}^{-1}$. Вычислить α - и β -активности препарата ${}^{210}Bi$ массы 1 мг через месяц после его изготовления.

12.11. Радиоизотоп ${}^{32}P$, период полураспада которого $T = 14,3$ сут, образуется в ядерном реакторе со скоростью $q = 2,7 \cdot 10^9$ ядер/с. Через сколько времени после начала образования этого радиоизотопа его активность станет $A = 10^9$ Бк?

Д12.1. За какое время произойдет распад полония ${}_{84}^{240}Po$ массой 2 мг, если в начальный момент его масса 0,2 г? Период полураспада полония 138 сут.

Д12.2. Радиоактивный элемент нептуний ${}_{93}^{241}Np$, являющийся родоначальником искусственно полученного радиоактивного семейства нептуния, в результате распада превращается в стабильный изотоп висмута ${}_{83}^{209}Bi$. Найти число α - и β -распадов.

Типовые расчетные задачи для проведения текущего контроля

9.6.2 Примерный перечень вопросов итоговой аттестации по дисциплине

1-й вопрос

1. Предмет механики. Понятие материальной точки. Радиус-вектор, векторы перемещения, скорости, ускорения.

2. Криволинейное движение, тангенциальная и нормальная составляющие ускорения. Виды поступательного движения.

3. Расчет скорости и пути. Уравнение движения. Прямая и обратная задачи кинематики. 4. Движение по окружности. Угловое перемещение, угловая скорость и угловое ускорение. Кинематические формулы для движения по окружности. Связь линейных и угловых величин. Частота и период вращения.

5. Масса. Аксиоматическое построение механики. Понятие силы. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.
6. Второй закон Ньютона. Импульс. Принцип независимости действия сил. Роль начальных условий.
7. Третий закон Ньютона. Границы применимости законов Ньютона.
8. Принцип относительности Галилея. Преобразование координат. Сложение скоростей.
9. Закон сохранения импульса. Однородность пространства.
10. Система материальных точек, внешние и внутренние силы. Теорема о движении центра масс.
11. Движение тела переменной массы. Уравнение Мещерского.
12. Реактивное движение. Формула Циолковского.
13. Сила трения покоя, скольжения качения.
14. Сила тяжести и вес тела. Невесомость.
15. Виды деформаций твердого тела. Закон Гука в интегральной форме.
16. Дифференциальный закон Гука. Модуль упругости. Коэффициент Пуассона. Деформация сдвига.
17. Результат действия силы. Элементарная работа. Работа переменной силы. Мощность.
18. Понятие энергии. Кинетическая энергия. Работа как изменение кинетической энергии. Теорема Кёнига.
19. Поле сил. Консервативные и неконсервативные силы. Диссипативные силы.
20. Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Связь работы и потенциальной энергии.
21. Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести. Связь силы и потенциальной энергии.
22. Изолированная система с диссипативными силами. Общефизический закон сохранения энергии.
23. Применение законов сохранения к расчёту центрального удара шаров – абсолютно упругий и абсолютно неупругий удар.
24. Равновесие механической системы. Устойчивое и неустойчивое равновесие.

Типовые расчетные задачи для проведения промежуточной аттестации

Задача 1. Во сколько раз энергия фотона ($\lambda = 550 \text{ нм}$) больше средней кинетической энергии поступательного движения молекулы кислорода при комнатной температуре (17°C)?

Задача 2. Определить длину волны, если соответствующий ей фотон обладает энергией 10^{-19} Дж . К какой части спектра принадлежит эта длина волны?

Задача 3. Какая длина волны соответствует фотону, релятивистская масса которого $1,66 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$?

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методика преподавания дисциплины «Физика» характеризуется совокупностью методов, приемов и средств обучения.

Учебные занятия начинаются и заканчиваются по времени в соответствии с утвержденным режимом проведения занятий, согласно семестровым расписаниям теоретических занятий. На занятиях, предусмотренных расписанием, обязаны присутствовать все обучающиеся.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся по дисциплинам. Лекция имеет целью дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрыть состояние и перспективы прогресса конкретной области науки и экономики, сконцентрировать внимание на наиболее сложных и узловых вопросах. Эта цель определяет дидактическое назначение лекции, которое заключается в том, чтобы ознакомить обучающихся с основным содержанием, категориями, принципами и закономерностями изучаемой темы и предмета обучения в целом, его главными идеями и направлениями развития. Именно на лекции формируется научное мировоззрение обучающегося, закладываются теоретические основы фундаментальных знаний будущего управленца, стимулируется его активная познавательная деятельность, решается целый ряд вопросов воспитательного характера.

Каждая лекция должна представлять собой устное изложение лектором основных теоретических положений изучаемой дисциплины или отдельной темы как логически законченное целое и иметь конкретную целевую установку. Особое место в лекционном курсе по дисциплине занимают вводная и заключительная лекции.

Вводная лекция должна давать общую характеристику изучаемой дисциплины, подчеркивать новизну проблем, указывать ее роль и место в системе изучения других дисциплин, раскрывать учебные и воспитательные цели и кратко знакомить обучающихся с содержанием и структурой курса, а также с организацией учебной работы по нему. Заключительная лекция должна давать научно-практическое обобщение изученной дисциплины, показывать перспективы развития изучаемой области знаний, навыков и практических умений.

Практические занятия проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков при решении управленческих задач. Основным содержанием этих занятий является практическая работа каждого обучающегося. Назначение практических занятий – закрепление, углубление и комплексное применение на практике теоретических знаний, выработка умений и навыков обучающихся в решении практических задач. Вместе с тем, на этих занятиях, осуществляется активное формирование и развитие навыков и качеств, необходимых для последующей профессиональной деятельности. Практические занятия проводятся по наиболее сложным вопросам дисциплины и имеют целью

углубленно изучить ее содержание, привить обучающимся навыки самостоятельного поиска и анализа информации, умение делать обоснованные выводы, аргументировано излагать и отстаивать свое мнение. Также в качестве элемента практической подготовки применяется разбор конкретной ситуации. Каждое практическое занятие заканчивается, как правило, кратким подведением итогов, указаниями преподавателя о последующей самостоятельной работе.

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется для оценки уровня остаточных знаний путём проведения устных опросов, решения расчетных и ситуационных задач, проведения контрольной работы в виде теста.

В современных условиях перед студентом стоит важная задача – научиться работать с массивами информации. Обучающимся необходимо развивать в себе способность и потребность использовать доступные информационные возможности и ресурсы для поиска нового знания и его распространения. Обучающимся необходимо научиться управлять своей познавательной деятельностью в системе «информация – знание – информация». Прежде всего, для достижения этой цели, в вузе организуется самостоятельная работа обучающихся. Кроме того, современное обучение предполагает, что существенную часть времени в освоении учебной дисциплины обучающийся проводит самостоятельно. Принято считать, что такой метод обучения должен способствовать творческому овладению обучающимися специальными знаниями и навыками.

Самостоятельная работа обучающегося весьма многообразна и содержательна. Она включает следующие виды занятий: самостоятельный поиск, анализ информации и проработка учебного материала; подготовку к устному опросу; решению расчётных задач.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета в 1 семестре и экзамена во 2 семестре. К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 25.05.05 Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 5 «Физика и химия» « ____ » _____ 202__ года, протокол № _____.

Разработчики:

К.т.н. _____ Павлова Я.В.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

Заведующий кафедрой № 5 «Физики и химии»

д. ф.-м.н , профессор _____ Арбузов В.И.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета « ____ » _____ 202__ года, протокол № _____.