

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
общей физики  
/ Турищев С.Ю. /  
02.06.2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
Б1.О.18 Механика и молекулярная физика**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 12.03.03  
Фотоника и оптоинформатика
2. Профиль подготовки/специализация: Фотоника и оптоинформатика
3. Квалификация выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 0801 кафедра общей физики  
Составители программы: Занин Игорь Евгеньевич, доцент, кандидат физико-математических наук
7. Рекомендована: Научно-методическим советом физического факультета, протокол № 6 от 20.06.2023 г.
8. Учебный год: 2023/2024 Семестр(ы)/Триместр(ы): 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

### Целями освоения учебной дисциплины являются:

- сформировать у студентов научную картину мира и дать им основные понятия о научном методе познания;
- ознакомить студентов с основными положениями механики как науки о движении материальных тел. В результате прохождения курса студент должен получить представление об основных физических явлениях и фундаментальных законах механики, современных методах исследования механических систем. Студент должен научиться самостоятельно решать и ставить задачи исследования механических систем, проводить количественную оценку физических величин, характеризующих состояние механической системы, искать и обмениваться научной информацией и оценивать степень её достоверности.
- привить представления о молекулярной физике – разделе общей физики, изучающей физические явления и законы, обусловленные атомарно-корпускулярным строением вещества на основе простейших абстрактных моделей с использованием математического аппарата;
- освоение студентами классической теории молекулярной физики и термодинамики.

### Задачи учебной дисциплины:

- овладение фундаментальными понятиями классической и релятивистской механики;
- развитие навыков самостоятельного научного исследования физических задач;
- овладение методами постановки и решения задач механики;
- научить умению ставить цели экспериментального исследования;
- освоение методов экспериментального исследования механических систем;
- уметь интерпретировать результаты физического эксперимента и представлять их в наглядном виде.
- обучить студентов основным понятиям, законам и методам молекулярной физики в объёме, достаточном для изучения физических дисциплин на современном научном уровне;
- развить навыки физического мышления;
- сформировать у студентов навыки решения типовых задач молекулярной физики и термодинамики;

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «**Б1.О.18 Механика и молекулярная физика**» относится к дисциплинам базовой части цикла Б1 основной образовательной программы подготовки специалистов по направлению **12.03.03 Фотоника и оптоинформатика**. Для освоения дисциплины «Механика и молекулярная физика» необходимы знания, умения и компетенции, полученные в ходе изучения курса Б1.О.12 «Математический анализ» основной профессиональной образовательной программы подготовки

специалистов по направлению 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика. В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных и профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций А/01.5 «Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований» и А/02.5 «Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок» профессионального стандарта 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам».

Данная дисциплина является предшествующей для общепрофессиональных и профессиональных дисциплин, таких как «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Атомная и ядерная физика», «Электродинамика». Знания, полученные при освоении дисциплины «Механика и молекулярная физика», необходимы при прохождении производственных практик и выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы по физике.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики	ОПК-1.1	Применяет знания естественных наук в инженерной практике	Студент должен: знать основные положения механики и её разделов, таких как: кинематика, динамика частицы и абсолютно твёрдого тела, статика, элементарная теория упругости, основы теории колебаний и волновых процессов, основные положения гидродинамики, основные положения специальной теории относительности; Студент должен: знать основные положения термодинамики: понятие о температуре и температурных шкалах, понятие о термодинамическом равновесии и процессах равновесной термодинамики, первое и второе начала термодинамики, понятие об энтропии; элементарную кинетическую теорию идеального газа и явлений переноса, распределения Максвелла и Больцмана, свойства жидкостей и растворов, понятие о фазовых переходах; уметь: применять законы механики для анализа явлений природы и технических процессов, создавать элементарные модели механических систем и проводить соответствующие оценочные расчёты;

				владеть: методами построения простых математических моделей механических систем, методами качественного анализа механических систем
ОПК-3	Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики измерений в системах и устройствах фотоники и оптоинформатики	ОПК-3.1	Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений	Студент должен: знать методы решения типовых физических задач анализа механических систем; уметь выбирать оптимальные способы решения задач механики, оценивать адекватность найденного решения; владеть методами построения физической модели исследуемого явления.
		ОПК-3.2	Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов	Студент должен: знать: основные принципы современных методов исследования механических систем, их достоинства, недостатки и ограничения; уметь: осуществлять поиск научной информации, оценивать её достоверность; владеть: технологиями поиска научной информации Студент должен: владеть методами аналитического и численного решения алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений математической физики

**12. Объем дисциплины в зачётных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) – 6/216

**Форма промежуточной аттестации** зачёт/экзамен

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			1-ый семестр		
Аудиторные занятия		102	102		
в том числе:	лекции	34	34		
	практические	34	34		
	лабораторные	34	34		
Самостоятельная работа		78	78		
в том числе: курсовая работа (проект)		–	–		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – __ час.)		36	36		
Итого:		216	216		

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК*
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Кинематика	1. Предмет и задачи механики 2. Кинематика материальной точки 3. Разложение ускорения на компоненты. Движение по окружности. 4. Инерциальные системы отсчёта. Преобразования Галилея.	<a href="#">Курс общей физики - Механика (edu.vsu.ru)</a>
1.2	Динамика частицы	5. Масса, импульс. Сила, примеры сил. Законы Ньютона. Центр масс системы тел. 6. Закон сохранения импульса	
1.3	Работа и энергия	7. Работа, мощность. Кинетическая энергия. 8. Потенциальная энергия. 9. Закон сохранения механической энергии. 10. Момент импульса и момент сил. Закон сохранения момента импульса.	
1.4	Механика твёрдого тела	11. Виды движения твёрдого тела 12. Кинематика твёрдого тела. 13. Момент импульса тела при вращении вокруг закреплённой оси. Главные оси и главные моменты инерции. Теорема Гюйгенса-Штейнера. 14. Динамика твёрдого тела Гироскоп, вынужденная прецессия гироскопа.	
1.5	Упругие свойства твёрдых тел	15. Понятие об упругих свойствах тел. Виды деформаций. 16. Закон Гука. 17. Энергия упругой деформации..	
1.7	Колебания и волны	18. Колебательное движение. Гармонический осциллятор. Уравнение и закон гармонических колебаний. 19. Энергия колебаний.	
1.8	Основы механики жидкостей и газов	20. Основные понятия механики сплошных сред. Гидростатика. Течение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли, формула Торричелли. 21. Течение вязкой жидкости. Формула Ньютона. Формула Пуазёйля. Число Рейнольдса.	
1.9	Основы специальной теории относительности	22. Постулаты СТО. 23. Замедление времени и сокращение длины. Преобразования Лоренца, интервал. 24. Релятивистская динамика. Релятивистская энергия. Эквивалентность массы и энергии.	
1.10	Основы термодинамики	1. Предмет и задачи курса молекулярной физики. Аксиомы термодинамики. 2. Термодинамические процессы, работа.	<a href="#">Курс общей физики - Молекулярная</a>

		Первое начало термодинамики. 3. Теплоёмкость. Политропические процессы. Течение газа, скорость звука в газе. 4. Второе начало термодинамики. Теорема Карно, термодинамическая шкала температур. 5. Энтропия и неравенство Клаузиуса.	<a href="http://edu.vsu.ru">физика (edu.vsu.ru)</a>
1.11	Основы статистической механики	6. Статистическое описание систем многих частиц. Основные понятия теории вероятностей. 7. Кинетическая теория идеального газа. Классическая теория теплоёмкости. 8. Распределения Максвелла по скоростям. 9. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. 10. Статистический смысл второго начала термодинамики и энтропия. Формула Больцмана для энтропии.	
1.12	Явления переноса	11. Столкновения молекул, длина свободного пробега. 12. Явления переноса: диффузия, вязкость, теплопроводность. 13. Ультразреженные газы и вакуум.	
1.13	Состояния вещества	14. Реальные газы. Модель газа Ван дер Ваальса. 15. Изотермы газа Ван дер Ваальса. 16. Жидкости, поверхностные явления. 17. Капиллярные явления, формула Лапласа.	
1.5	Фазовые превращения	19. Фазы вещества. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода. Диаграммы состояния. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. 20. Насыщенный пар. Кипение, тройные точки.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Кинематика	1. Равномерное движение. 2. Равноускоренное движение.	<a href="http://edu.vsu.ru">Курс общей физики - Механика (edu.vsu.ru)</a>
2.2	Динамика частицы	3. Движение тел на наклонной плоскости. 4. Движение под действием силы сопротивления, силы трения.	
2.3	Работа и энергия	5. Работа силы. 6. Законы сохранения импульса и энергии	
2.4	Механика твёрдого тела	7. Кинематика твёрдого тела. 8. Динамика твёрдого тела.	
2.5	Колебания и волны	9. Гармонические колебания, затухающие колебания.	
2.6	Основы специальной теории относительности	10. Релятивистская механика. 11. Контрольная работа.	
2.7	Термодинамика	1. Процессы с идеальным газом. 2. Уравнение состояния идеального газа. 3. Теплоёмкость. 4. Круговые процессы. 5. Энтропия	<a href="http://edu.vsu.ru">Курс общей физики - Молекулярная физика</a>
2.8	Молекулярно-кинетическая теория	6. Распределения Максвелла. 7. Распределение Больцмана, барометрическая формула.	
2.9	Фазовые превращения	18. Процессы с насыщенным паром 9. Теплоты плавления, парообразования 10. Контрольная работа	

<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Вводное занятие	Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ по механике, молекулярной физике и термодинамике	<a href="http://edu.vsu.ru">Курс общей физики - Механика (edu.vsu.ru)</a>
3.2	Теория погрешностей	Освоение методики расчёта погрешностей прямых и косвенных измерений на примере определения плотности тела правильной геометрической формы	
3.3.	Лабораторная работа 1	Определение плотности твёрдого тела, имеющего правильную геометрическую форму.	
3.4	Лабораторная работа 2	Измерение скорости пули методом баллистического маятника.	
3.5	Лабораторная работа 3	Изучение движения маятника Максвелла.	
3.6	Лабораторная работа 4	Изучение вращательного движения тела	
3.8	Лабораторная работа 6	Экспериментальная проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера	
3.9	Лабораторная работа 8	Исследование колебательного движения физического и математического маятника.	
3.10	Лабораторная работа 1	Изучение закона нормального распределения	
3.11	Лабораторная работа 3	Определение средней длины пробега молекул воздуха	
3.12	Лабораторная работа 4	Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда	
3.13	Лабораторная работа 5	Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса	
3.14	Лабораторная работа 6	Определение коэффициента внутреннего трения ротационного вискозиметра	
3.15	Лабораторная работа 7	Определение отношений теплоёмкостей газов методом Клемана и Дезорма	
3.16	Лабораторная работа 8	Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений	
3.18	Лабораторная работа 10	Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора-Ребиндера	
3.18	Лабораторная работа 11	Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Кинематика	2	2	2	6	12
2	Динамика частицы	4	4	4	8	20
3	Работа и энергия	4	4	0	8	16
4	Механика твёрдого тела	4	4	4	6	18
5	Центральное поле и закон тяготения	1	1	0	2	4
6	Упругие свойства твёрдых тел	1	1	2	2	6
7	Колебания и волны	2	2	2	6	12
8	Основы механики жидкостей и газов	1	2	2	6	11
9	Основы специальной теории относительности	4	4	0	8	16
1	Основы термодинамики	4	4	10	8	26
2	Основы статистической механики	3	4	10	8	25
3	Явления переноса	2	2	2	6	12
4	Состояния вещества	1	0	0	2	3
5	Фазовые превращения	1	0	0	2	3
	Итого:	34	34	34	78	180
	Итого:	34	34	34	78	180

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Работа с конспектами лекций, чтение литературы по предмету; решение задач по курсу; выполнение и оформление лабораторных работ в течение семестра; постепенное освоение математических пакетов (например, *Maxima* и др.).

Самостоятельная работа студентов в течение семестра включает следующие формы работы и виды контроля:

- подготовка к практическим занятиям;

при подготовке к практическим занятиям необходимо проработать теоретические вопросы занятия с использованием материала лекций и рекомендуемой литературы, подробно разобрать примеры решения задач, разобранных на лекциях, выполнить домашние задания по данной теме;

- подготовка к коллоквиуму по лекционному курсу;

при подготовке к коллоквиуму по лекционному курсу необходимо проработать теоретические вопросы данного модуля с использованием материала лекций и рекомендуемой литературы, подробно разобрать примеры, разобранные на лекциях, выполнить домашние задания по данному модулю;

Показателем успешной текущей работы студента является еженедельное выполнение заданий на практических занятиях. Методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по курсу включает:

- конспект лекций;
- основную литературу;
- дополнительную литературу;
- учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Сивухин Д.В. Общий курс физики : учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов : в 5 т. Т.1: Механика/ Д.В. Сивухин. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 560 с.
2	<a href="#">Паршаков, Александр Николаевич</a> . Физика в ключевых задачах. Механика. Колебания. Акустика : [учебное пособие] / А.Н. Паршаков .— Долгопрудный : Интеллект, 2013 .— 238, [1] с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-91559-133-1.
3	Сивухин, Дмитрий Васильевич. Общий курс физики : учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов : в 5 т. / Д.В.Сивухин .— М. : Физматлит. Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика .— Изд. 5-е, испр. — 2014 .— 543 с. : ил. — Имен. указ., предм. указ. : с.529-537 .— ISBN 5-9221-0601-5.
3	<a href="#">Паршаков, Александр Николаевич</a> . Физика в ключевых задачах. Тепловые явления и молекулярная физика : [учебное пособие] / А.Н. Паршаков .— Долгопрудный : Издательский Дом "Интеллект", 2018 .— 223, [1] с. : ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-91559-243-7.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
1	Иродов И.Е. Задачи по общей физике / И.Е. Иродов. – М.: Лаборатория базовых знаний. 2009 г. 432 с.
2	Клинских А.Ф. Курс общей физики : механика и основы теории относительности : учеб. пособие / А.Ф. Клинских, А.В. Меремьянин, Н.П. Стадная ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. – 241 с.
3	Детлаф А.А. Курс физики : учеб. пособие для студ. вузов / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – Москва : Издательский центр «Академия», 2015. – 719 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1	Электронная библиотека ВГУ <a href="https://lib.vsu.ru">https://lib.vsu.ru</a>
2	Электронный университет ВГУ <a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a>
3	ЭБС «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
4	«Университетская библиотека online» <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>
5	«Консультант студента» <a href="http://www.studmedlib.ru/">http://www.studmedlib.ru/</a>
6	«РУКОНТ» (ИТС Контекстум) <a href="https://lib.rucont.ru/">https://lib.rucont.ru/</a>

### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические

### **указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Лабораторный практикум по курсу общей физики : Механика / О.М. Голицына, И.Е. Занин, А.Ф. Клиньских, А.В. Меремьянин, Н.П. Стадная ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. – 161 с.
2	Стрелков С.П. Сборник задач по общему курсу физики : в 5 кн. Кн. 1: Механика / С.П. Стрелков [и др.]; под ред. И.А. Яковлева – М. : Физматлит : Лань, 2006. – 240 с.
3	Лабораторный практикум по курсу общей физики : Механика / О.М. Голицына, И.Е. Занин; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2019. – 161 с.
4	Иродов И.Е. Механика. Основные законы : учеб. пособие для студ. физ. специальностей вузов / И.Е. Иродов. – М.: Бином. Лаборатория базовых знаний. 2013. – 309 с.

### **17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

Для реализации учебной дисциплины используются следующие информационные технологии: элементы программирования (для обработки результатов экспериментов в лабораторных работах), работа с электронными ресурсами на порталах [www.edu.vsu.ru](http://www.edu.vsu.ru) (лекции на образовательных платформах, выкладывание электронных вариантов задачников, учебных пособий на личных страницах преподавателей в образовательном портале), [www.lib.vsu.ru](http://www.lib.vsu.ru) (работа с электронной базой данных библиотеки ВГУ); использование в подготовке материалов лекций и в работе со студентами различных программных математических продуктов, таких как Matha и др.

### **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекционная аудитория, доска меловая или маркерная 1 шт., столы, стулья в необходимом количестве. Лабораторные работы по механике проводятся в лаборатории кафедры общей физики №145. Лабораторные работы по молекулярной физике и термодинамике проводятся в лаборатории кафедры общей физики №135 (г. Воронеж, Университетская площадь, д.1). Лабораторные проводятся в группе по подгруппам до 15 человек.

Лаборатории оснащена необходимым количеством рабочих мест (28 столов, из них стол для преподавателя, стол для лаборанта, 4 стола без оборудования, 22 стола с оборудованием для выполнения лабораторных работ по курсу «Механика, молекулярная физика и термодинамика», 45 стульев), компьютером для обработки результатов вычислений, комплектами для выполнения лабораторных работ по механике (ауд. 145):

- комплект физических приборов КФП (маятник Обербека, Гироскоп, Универсальный маятник, Крутильный маятник, маятник Максвелла);
- баллистический маятник;
- установка для определения моментов инерции тел и проверки теоремы Гюйгенса-Штейнера (трифилярный подвес, электронный секундомер) – 2 установки;
- крутильный маятник;
- установка для определения моментов инерции твёрдых тел;
- установка для определения модуля упругости;
- штангенциркули (5 инструментов), весы рычажные с разновесами (3 прибора);

- модульный учебный комплекс МУК-М1-ПО «Механика 1» (2 шт.);
- модульный учебный комплекс МУК-М2-ПО «Механика 2» (2 шт.);
- установка для изучения биений (колебаний связанных систем);
- установка для исследования затухающих колебаний.

Комплекты для выполнения лабораторных работ по молекулярной физике и термодинамике (ауд. 135) :

- установка для определения длины свободного пробега молекул воздуха (2 шт.);
- вискозиметр Оствальда;
- установка для определения коэффициента внутреннего трения методом Стокса;
- ротационный вискозиметр;
- установка для определения поверхностного натяжения воды;
- установка для определения зависимости поверхностного натяжения воды от температуры (2 шт.);
- установка для определения коэффициент объёмного расширения жидкостей;
- установка для определения скорости звука интерференционным методом;
- ТКО для лаб. «Молекул.физ. и термодинам.»: ФПТ1-1, ФПТ1-3, ФПТ1-6, ФПТ1-8, ФПТ1-10, ФПТ1-11;
- Компьютер HP ProDesk 400 G5 DM с монитором ЖК 22" BenQ BL2283 и колонками (1 шт.).

*Аудитория для самостоятельной работы студентов кафедры общей физики №134 (г. Воронеж, Университетская площадь, д.1). Компьютеры DELL – 4 шт., Подключение к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019.*

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.1	Кинематика	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2, ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практические занятия 1.
1.2	Динамика частицы	ОПК-1, ОПК-3	ОПК-1.2, ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практические занятия 1. Отчёт по лабораторной работе 2
1.3	Работа и энергия	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2, ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практические занятия 2. Отчёт по лабораторной работе 2,3.
1.4	Механика твёрдого тела	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2, ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практические занятия 3. Отчёт по лабораторной работе

				1,2,3,4,5,6,7.
1.5	Центральное поле и закон тяготения	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2,ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практическое занятие 4.
1.6	Упругие свойства твёрдых тел	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2,ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практическое занятие 4. Отчёт по лабораторной работе 9,10.
1.7	Колебания и волны	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2,ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практические занятия 5. Отчёт по лабораторной работе 8,11,12.
1.8	Основы механики жидкостей и газов	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2,ОПК-3.1, ОПК-3.2	Отчёт по лабораторной работе 1-5
1.9	Основы специальной теории относительности	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2,ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практическое занятие 6.
1.10	Основы термодинамики	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2,ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практические занятия 7.. Отчёт по лабораторной работе 7,11
1.11	Основы статистической механики	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2,ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практические занятия -8. Контрольная работа 1. Коллоквиум 1.Отчёт по лабораторной работе 1-5.
1.12	Явления переноса	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.2,ОПК-3.1, ОПК-3.2	Вопросы к зачёту по лабораторному практикуму. Отчёт по лабораторной работе 1-5.
Текущая аттестация форма контроля — зачёт				Перечень вопросов
Промежуточная форма контроля — экзамен				Комплект КИМ

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

контрольные работы.

#### Типовые задания для контрольных работ:

##### Контрольная работа 1

Тема: Кинематика и динамика частицы и системы частиц

##### **Вариант 1**

Задание 1 Точка движется по окружности радиуса  $R = 20$  см с постоянным тангенциальным ускорением  $a_t = 5$  см/с<sup>2</sup>. Через сколько времени после начала движения нормальное ускорение  $a_n$  точки будет: 1) равно тангенциальному, 2) вдвое больше тангенциального?

Задание 2 Камень брошен горизонтально. Через 0,5 с после начала движения численное

значение скорости камня стало в 1,5 раза больше его начальной скорости. Найти начальную скорость камня. Сопротивление воздуха не учитывать.

Задание 3 Точка движется по плоскости так, что ее тангенциальное ускорение  $a_t = \alpha$ , нормальное ускорение  $a_n = \beta t^4$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  - положительные постоянные. В момент  $t=0$  точка покоилась. Найти радиус кривизны  $R$  траектории точки как функцию пройденного пути  $S$ .

### Вариант 2

Задание 1 Колесо радиусом  $R=10$  см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе колеса, от времени движения дается уравнением  $v=At+Bt^2$ ,  $A=3$  см/с<sup>2</sup> и  $B=1$  см/с<sup>3</sup>. Найти угол, составляемый вектором полного ускорения с радиусом колеса в моменты времени  $t=0, 1, 2, 3, 4$  и  $5$  с после начала движения.

Задание 2 Радиус-вектор частицы меняется со временем по закону  $r = bt(1-\alpha t)$ , где  $b$  - постоянный вектор,  $\alpha$  - положительная постоянная. Найти:

- скорость частицы и ускорение как функцию  $t$ ;
- время, через которое частица вернется в исходную точку, и пройденный при этом путь.

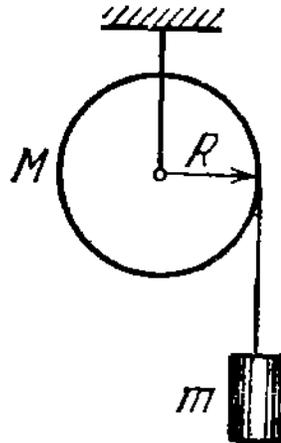
Задание 3 Под каким углом к горизонту надо бросить шарик, чтобы:

- радиус кривизны начала его траектории был в  $\eta = 8,0$  раз больше, чем в вершине;
- центр кривизны вершины траектории находился на земной поверхности?

Тема: Динамика материальной точки и абсолютно твёрдого тела

### Вариант 1

Задание 1. На однородный сплошной цилиндр массы  $M=1,0$  кг и радиуса  $R=10$  см плотно намотана легкая нить, к концу которой прикреплен груз массы  $m=0,3$  кг. В момент  $t=0$  система пришла в движение. Пренебрегая трением в оси цилиндра, найти зависимость от времени модуля угловой скорости цилиндра и кинетическую энергию всей системы.



Задание 2. Найти момент инерции тонкой однородной пластинки массой  $m=200$  г, имеющей форму равнобедренного прямоугольного треугольника, относительно оси, совпадающей с одним из катетов, длина которого  $a=200$  мм.

Задание 3. Частица совершает гармонические колебания вдоль оси  $x$  около положения равновесия  $x=0$ . Частота колебаний  $\omega=4,00$  с<sup>-1</sup>. В некоторый момент времени координата

частицы  $x_0=25,0$  см и её скорость  $v_{x0}=100$  см/с. Найти координату  $x$  и проекцию скорости  $v_x$  частицы через  $t=2,40$  с после этого момента.

Задание 4. Через какое время от начала движения точка, совершающая гармонические колебания, будет иметь смещение от положения равновесия, равное половине амплитуды? Период колебаний 24 с, начальная фаза отсутствует.

Задание 5. На какое расстояние надо отвести от положения равновесия груз массой 640 г, закрепленный на пружине жёсткостью 0,4 кН/м, чтобы он проходил положение равновесия со скоростью 1 м/с.

## **Вариант 2**

Задание 1. Найти момент инерции тонкой однородной прямоугольной пластинки относительно оси, проходящей через одну из вершин пластинки перпендикулярно к её плоскости, если стороны пластинки равны  $a = 5$  мм и  $b = 7$  мм, а её масса  $m = 100$  г. Задание 2. Найти угловую частоту и амплитуду гармонических колебаний частицы, если на расстояниях  $x_1$  и  $x_2$  от положения равновесия её скорость равна соответственно  $v_1$  и  $v_2$ .

Задание 3. Спустя какую часть периода после прохождения колеблющейся точки через положение равновесия её скорость равна  $1/2$  от максимальной? На каком расстоянии от положения равновесия будет находиться точка в этот момент?

Амплитуда колебаний 6 см.

Задание 4. Груз, подвешенный к пружине, колеблется с амплитудой 2 см. Жесткость пружины 10 кН/м. Чему равна максимальная кинетическая энергия груза?

Задание 5. За одно и то же время один математический маятник делает 50 колебаний, а другой 30 колебаний. Найти их длины, если один из маятников на 32 см короче другого.

## **Контрольная работа № 2.**

### **Вариант 1.**

Задание 1. Азот первоначально занимал объём 1 л при давлении 100 кПа. Затем его адиабатически сжали и изохорно охладили до начальной температуры, а его давление стало 200 кПа. Определите работу, совершённую над газом, и отданное газом количество теплоты.

Задание 2. Вычислить К.П.Д. цикла, состоящего из изобарного, адиабатного и изотермического процессов, если в результате изобарного процесса газ нагревается от  $T_1 = 300$  К до  $T_2 = 600$  К.

Задание 3. Найти изменение энтропии при следующих процессах: а) при нагревании 100 г воды от  $0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$  и последующем превращении воды в пар той же температуры; б) при изотермическом расширении 10 г кислорода от объёма 25 л до объёма 100 л.

Задание 4. Плотность смеси азота и водорода при температуре  $t = 470^\circ\text{C}$  и давлении  $P = 2 \cdot 10^5$  Па равна 0,3 г/л. Найти концентрации молекул азота ( $n_1$ ) и водорода ( $n_2$ ) в смеси.

### **Вариант 2.**

Задание 1. Гелий массой 16 г, находящийся при температуре 300 К, сначала изотермически расширяется, в результате чего его давление понижается в три раза. Затем газ адиабатически сжимается до первоначального давления. Определите работу, совершённую газом, и полученное газом количество теплоты.

Задание 2. Идеальный двухатомный газ в количестве  $\nu = 0,001$  кмоль совершает цикл, состоящий из двух изохор и двух изобар. Наименьший объём газа 10 л, наибольший – 20 л, наименьшее давление  $2,46 \cdot 10^5$  Па, наибольшее –  $4,1 \cdot 10^5$  Па. Начертить график цикла. Определить температуры газа для характерных точек цикла и его КПД. Задание 3. Найти изменение энтропии при следующих процессах: а) при превращении 1 кг воды при  $0^\circ\text{C}$  в пар при  $100^\circ\text{C}$ ; б) при превращении 30 г льда в пар при  $100^\circ\text{C}$ , если начальная температура льда  $-40^\circ\text{C}$ .

Задание 4. В баллоне ёмкостью  $2 \text{ дм}^3$  содержится смесь азота  $\text{N}_2$  и окиси азота  $\text{NO}$ . Определить массу окиси азота, если масса смеси равна 14 г, температура 300 К и давление  $0,6 \cdot 10^6$  Па.

### **Вариант 1.**

Задание 1. Сколько молекул азота находится в сосуде объёмом в 1 л, если температура азота  $27^\circ\text{C}$ , а давление равно  $10^{-6}$  мм рт ст.?

Задание 2. Вычислить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул водорода при  $0^\circ\text{C}$ .

Задание 3. Восемь граммов кислорода занимают объём  $V = 560$  л. Определить давление этого газа в том же объёме при температуре  $T = 820$  К.

Задание 4. Найти среднее число столкновений в 1 с молекул некоторого газа, если средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна 5 мкм, а средняя квадратичная скорость его молекул равна 500 м/с.

### **Вариант 2.**

Задание 1. Сколько молекул находится в одном грамме воды?

Задание 2. Вычислить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул азота при  $0^\circ\text{C}$ .

Задание 3. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7,0$  г азота и  $m_2 = 11$  г углекислого газа при температуре  $T = 290$  К и давлении  $P_0 = 1,0$  атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.

Задание 4. Найти среднюю длину свободного пробега молекул азота при температуре 290 К и давлении 10 кПа.

### **Вариант 3.**

Задание 1. Сколько молекул находится в одном кубическом сантиметре воздуха при нормальном давлении и температуре  $0^\circ\text{C}$ ?

Задание 2. Вычислить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул кислорода при  $0^\circ\text{C}$ .

Задание 3. Требуется найти коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна 0,16 мкм.

Задание 4. Найти коэффициент теплопроводности воздуха при температуре 283 К и давлении 0,1 МПа. Диаметр молекулы воздуха принять равным 0,3 нм.

#### **Вариант 4.**

Задание 1. Сколько молекул находится в одном грамме воды?

Задание 2. Вычислить среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул азота при  $0^{\circ}\text{C}$ .

Задание 3. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7,0$  г азота и  $m_2 = 11$  г углекислого газа при температуре  $T = 290$  К и давлении  $P_0 = 1,0$  атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.

Задание 4. Найти коэффициент теплопроводности водорода, если известно, что коэффициент внутреннего трения для него при этих условиях равен  $8,6$  мкПа·с.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он верно решил все задачи, указав и пояснив решения с помощью соответствующих законов и зависимостей.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он верно решил все задачи, но допустил неточности, либо если он верно решил и пояснил решение двух задач.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он решил задачи, но не пояснил решение, либо же если он верно решил одну задачу с указанием и пояснением решения.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту в случае, если ни одна задача не решена верно

### **Коллоквиумы**

#### Коллоквиум 1. Механика.

#### Список вопросов

- Предмет и задачи механики
- Кинематика материальной точки
- Разложение ускорения на компоненты.
- Движение по окружности.
- Инерциальные системы отсчёта. Преобразования Галилея, их инварианты.
- Масса, импульс. Сила, примеры сил.
- Законы Ньютона.
- Задача двух тел, центр масс системы тел.
- Закон сохранения импульса.
- Работа, мощность. Работа равнодействующей силы и кинетическая энергия.
- Классификация сил.
- Потенциальная энергия и градиент.
- Закон сохранения механической энергии.
- Момент импульса и момент сил.
- Закон сохранения момента импульса.
- Кинематика твёрдого тела. Виды движения твёрдого тела.
- Момент импульса тела при вращении вокруг закреплённой оси. Главные оси и главные моменты инерции. Работа момента сил. Теорема Гюйгенса-Штейнера.

- Динамика твёрдого тела Гироскоп, вынужденная прецессия гироскопа.
- Понятие об упругих свойствах тел. Виды деформаций.
- Закон Гука. Растяжение и сжатие стержней.
- Энергия упругой деформации.
- Модуль всестороннего сжатия. Сдвиг, модуль кручения.
- Колебательное движение.
- Гармонический осциллятор. Уравнение и закон гармонических колебаний.
- Энергия колебаний.
- Затухающие колебания.
- Вынужденные колебания, резонанс.

## Коллоквиум 2. Молекулярная физика и термодинамика

### Список вопросов

- Предмет и задачи курса молекулярной физики. Аксиомы термодинамики.
- Термодинамические процессы, работа.
- Первое начало термодинамики.
- Теплоёмкость. Политропические процессы.
- Течение газа, скорость звука в газе.
- Второе начало термодинамики.
- Теорема Карно, термодинамическая шкала температур.
- Энтропия и неравенство Клаузиуса.
- Метод циклов.
- Термодинамические потенциалы, соотношения Максвелла.
- Статистическое описание систем многих частиц. Основные понятия теории вероятностей.
- Кинетическая теория идеального газа. Классическая теория теплоёмкости.
- Распределения Максвелла по скоростям.

- Распределение Больцмана. Барометрическая формула, атмосферы планет.
- 10. Статистический смысл второго начала термодинамики и энтропия. Формула Больцмана для энтропии.

Критерии оценки:

Оценка «отлично»: даны полные, развёрнутые ответы на четыре вопроса коллоквиума. Ответы должны отличаться логической последовательностью, чёткостью, умением делать выводы. Ответ структурирован. Допускаются незначительные недочёты со стороны обучающегося, исправленные им в процессе ответа.

Оценка «хорошо»: дан полный аргументированный ответ на три вопроса коллоквиума, при ответе на один вопрос имеются существенные недочёты. Возможны некоторые упущения в ответах, однако в целом содержание вопроса раскрыто полно.

Оценка «удовлетворительно»: даны неполные ответы на вопросы коллоквиума, либо дан ответ лишь на два вопроса из четырёх. Слабо аргументированный ответ, свидетельствующий об элементарных знаниях по дисциплине.

Оценка «неудовлетворительно»: отмечено незнание и непонимание поставленных вопросов, слабые ответы на вопросы из предоставленных обучающемуся. Отсутствие аргументации при ответе.

## Лабораторные работы

### Перечень лабораторных работ

(Механика - 12 лабораторных работ)

Лабораторная работа 1. Освоение методики расчета погрешностей прямых и косвенных измерений на примере определения плотности тела правильной геометрической формы

Лабораторная работа 2. Измерение скорости пули методом баллистического маятника.

Лабораторная работа 3. Изучение движения маятника Максвелла.

Лабораторная работа 4. Изучение вращательного движения тела.

Лабораторная работа 5. Определение осевых и центробежных моментов инерции твёрдого тела.

Лабораторная работа 6. Экспериментальная проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера

Лабораторная работа 7. Изучение гироскопа.

Лабораторная работа 8. Исследование колебательного движения физического и математического маятника.

Лабораторная работа 9. Определение модуля упругости методом изгиба.

Лабораторная работа 10. Определение модуля сдвига методом крутильных колебаний.

Лабораторная работа 11. Изучение колебаний связанных систем.

Лабораторная работа 12. Изучение затухающих колебаний.

Комплект вопросов к работам лабораторного практикума.

Лабораторная работа № 1 Освоение методики расчета погрешностей прямых и косвенных измерений на примере определения плотности тела правильной геометрической формы

1. Что называется измерением? Какие виды измерений Вам известны?
2. Перечислите основные характеристики измерений.
3. Что называется систематической погрешностью?
4. Что называется гистограммой? От чего зависит ширина гистограммы: от точности измерительного прибора или от совершенства метода? Ответ обосновать.
5. Как влияет точность измерительного прибора на форму гистограммы? Что называется вероятностью и плотностью вероятности? Как точность метода влияет на ширину доверительного интервала?
6. Изложить методику оценки случайной погрешности при прямых равноточных измерениях.
7. Как оценить и учесть инструментальную погрешность?
8. Изложить методику оценки случайной погрешности косвенных измерений. Привести примеры. Вывести формулу для расчёта случайной погрешности (для указанной преподавателем формулы).
9. Что называется промахом? Как выявляют промахи?
10. Как устроен нониус? Изложить методику его расчёта.
11. Как устроен штангенциркуль? Изложить методику измерений с помощью штангенциркуля.
12. Как устроен микрометр? Изложить методику измерений с помощью микрометра.
13. Что называется случайной погрешностью и как оценить случайную погрешность прямых равноточных измерений?
14. Изложить методику оценки и учёта инструментальной погрешности.
15. Изложить устройство и правила определения массы тела на рычажных весах.
16. Вывести формулу расчёта случайной погрешности косвенного определения плотности цилиндра и прямоугольного параллелепипеда методом точного измерения массы и объёма тела.
17. Изложить правила построения графиков.

Лабораторная работа № 3. Измерение скорости пули методом баллистического маятника.

1. Какие силы называются консервативными? Приведите примеры таких сил. Какое поле называется потенциальным?
2. Получить и сформулировать закон сохранения механической энергии. Обосновать возможность его применения в данной работе.
3. Какая система называется изолированной? Получить закон сохранения импульса, исходя из свойств однородности пространства.
4. Сформулировать и записать закон сохранения импульса для вектора импульса и отдельных его проекций. Получить законы сохранения импульса и механической энергии как первые интегралы движения.
5. Рассмотреть виды удара, особенности неупругого удара.
6. Вывести рабочую формулу для определения скорости пули.

Лабораторная работа № 4. Изучение вращательного движения тела.

1. Основное уравнение динамики вращательного движения для тела, вращающегося вокруг закрепленной оси.
2. Дать определение момента инерции тела относительно оси.
3. Описание экспериментальной установки. Методика определения осевых моментов инерции твердого тела при помощи крутильного маятника.

Лабораторная работа № 5. Изучение движения маятника Максвелла.

1. Что называется абсолютно твёрдым телом, числом степеней свободы? Сколькостепеней свободы имеет абсолютно твёрдое тело?
2. Охарактеризуйте плоское движение тела абсолютно твёрдого тела. Сформулируйте и докажите теорему Эйлера для плоского движения.
3. Получите выражение кинетической энергии твёрдого тела при плоском движении.
4. Выведите рабочую формулу для определения момента инерции маятника Максвелла, используя закон сохранения механической энергии.
5. Выведите рабочую формулу для определения момента инерции маятника Максвелла, используя уравнения движения системы.
6. Каковы возможные погрешности при определении момента инерции маятника Максвелла?
7. Выведите формулу для расчёта погрешности определения момента инерции маятника Максвелла.

Лабораторная работа № 5. Определение осевых и центробежных моментов инерции твёрдого тела.

1. Получить выражение вектора момента импульса  $L$  твёрдого тела относительно произвольной точки. Сопоставить в общем случае направление вектора  $L$  и угловой скорости.
2. Вывести выражение осевых и центробежных моментов инерции твёрдого тела.
3. Дать определение главных осей инерции и главных центральных осей инерции твёрдого тела.
4. Найти главные центральные оси инерции симметричных тел: а) однородного прямоугольного параллелепипеда; б) цилиндра; в) шара.
5. Установить связь между величинами моментов инерции твёрдого тела относительно осей вращения, пересекающихся в одной точке.

Лабораторная работа № 6. Экспериментальная проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера

1. Что называется моментом импульса? Как он направлен? В каких единицах он измеряется?
2. Вывести уравнение моментов.
3. Получить выражение импульса момента силы.
4. Что называется моментом силы? Как он направлен? В каких единицах он измеряется?
5. Вывести основное уравнение динамики вращательного движения.
6. Привести описание прибора. Вывести рабочие формулы.

7. Вывести формулы для расчёта погрешностей результатов измерений, выполненных в данной работе.

Лабораторная работа № 7. Изучение гироскопа.

1. Дать определение гироскопа. Какой гироскоп называется уравновешенным?
2. Сформулировать свойства гироскопа. При каких условиях они выполняются?
3. Как устроен гироскоп? Начертить карданов подвес.
4. На примере волчка проанализировать свойства гироскопа.
5. Что называется прецессией? Вывести формулу угловой скорости прецессии. От чего она зависит?
6. Начертить экспериментальную установку. С помощью векторных построений объяснить возникновение прецессии.

Лабораторная работа № 8 Исследование колебательного движения физического и математического маятника.

1. Что такое физический маятник?
2. Составьте уравнение движения физического маятника, запишите закон движения, подстановкой докажете, что он является решением уравнения движения.
3. Что называется приведённой длиной физического маятника?
4. Докажите, что приведённая длина всегда больше расстояния между центром масс и точкой подвеса.
5. В чём состоит свойство обратимости физического маятника? Докажите его.
6. Как определить ускорение свободного падения при помощи оборотного маятника?
7. Как зависит ускорение свободного падения от широты местности и высоты над уровнем моря?

Лабораторная работа № 9. Определение модуля упругости методом изгиба.

1. Дать определение момента инерции относительно оси вращения: а) материальной точки; б) системы материальных точек; в) сплошного твёрдого тела.
2. Установить связь моментов инерции тела относительно оси и относительно точки.
3. Вывести формулу момента инерции тонкого сплошного диска относительно оси вращения, проходящей через его центр: а) перпендикулярно плоскости диска; б) расположенной в плоскости диска.
4. Доказать теорему Гюйгенса-Штейнера. Как проверить её экспериментально?
5. Вывести формулу момента инерции тонкого стержня относительно оси, перпендикулярной оси симметрии стержня, проходящей: а) через его центр; б) через один из его концов.
6. Какие физические законы применяются при выводе рабочей формулы для определения момента инерции? Обосновать возможность их применения.
7. Вывести рабочие формулы для расчёта момента инерции.
8. Вывести формулы для вычисления погрешностей определения момента инерции.

Лабораторная работа № 10 Определение модуля сдвига методом крутильных колебаний.

1. Что называется деформацией, упругой, остаточной деформацией?
2. Записать и сформулировать закон Гука. От чего зависит модуль Юнга?

Сформулировать его физический смысл и указать размерность.

3. Изобразить график зависимости напряжения, возникающего в твёрдом теле, от относительной деформации твёрдого тела. Отметить характерные точки этой зависимости и пояснить их смысл.

4. Построить график зависимости  $\sigma(\epsilon)$  при постепенном сжатии напряжения с образца, предварительно деформированного до напряжения, превышающего предел пропорциональности.

5. Что называется коэффициентом Пуассона?

6. Проанализировать природу упругой и пластической деформации монокристалла.

7. Вывести расчётную формулу для определения модуля упругости по изгибу стержня.

8. Вывести формулу для расчёта погрешности модуля Юнга. Какие величины следует измерять наиболее точно и почему?

#### Лабораторная работа № 11. Изучение колебаний связанных систем.

1. Дать определение сдвига и относительного сдвига. Как связан относительный сдвиг с касательным напряжением?

2. Изложить физический смысл модуля сдвига.

3. Рассмотрев деформацию кручения, вывести формулу, связывающую модуль сдвига и модуль кручения.

4. Изложить теорию метода и вывести формулы для расчёта модуля кручения и модуля сдвига.

5. Изобразить график зависимости напряжения, возникающего в твёрдом теле, от относительной деформации твёрдого тела. Отметить характерные точки этой зависимости и пояснить их смысл.

6. Построить график зависимости  $\sigma(\epsilon)$  при постепенном сжатии напряжения с образца, предварительно деформированного до напряжения, превышающего предел пропорциональности.

7. Что называется коэффициентом Пуассона?

8. Проанализировать природу упругой и пластической деформации монокристалла.

9. Вывести расчётную формулу для определения модуля упругости по изгибу стержня.

10. Вывести формулу для расчёта погрешности модуля Юнга. Какие величины следует измерять наиболее точно и почему?

#### Лабораторная работа 12. Изучение затухающих колебаний.

1. Колебания при наличии сил вязкого трения.

2. Частота и период затухающих колебаний.

3. Записать уравнение затухающих колебаний в вязкой среде и его решение.

4. Основные величины, характеризующие процесс затухания. Физический смысл коэффициента затухания и логарифмического декремента затухания.

5. Методика выполнения лабораторной работы.

Молекулярная физика и термодинамика - 11 лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Изучение закона нормального распределения.  
Лабораторная работа 2. Броуновское движение в жидкости.  
Лабораторная работа 3. Определение средней длины пробега молекул воздуха.  
Лабораторная работа 4. Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда.  
Лабораторная работа 5. Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса.  
Лабораторная работа 6. Определение коэффициента внутреннего трения ротационного вискозиметра.  
Лабораторная работа 7. Определение отношения теплоёмкостей газов по способу Клемана и Дезорма.  
Лабораторная работа 8. Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений.  
Лабораторная работа 9. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей по методу отрыва кольца.  
Лабораторная работа 10. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора- Ребиндера.  
Лабораторная работа 11. Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей.

### **Комплект вопросов к работам лабораторного практикума.**

#### **Лабораторная работа № 1 Изучение закона нормального распределения**

- Понятие случайного явления, вероятности случайного явления, статистического закона.
- Для каких случайных величин справедлив нормальный закон распределения?
- Что такое плотность вероятности?
- Гауссов закон распределения вероятностей случайных погрешностей.
- Понятие дисперсии. Как практически оценивается дисперсия для конечного числа измерений?
- Экспериментальная проверка закона нормального распределения случайных погрешностей на механической модели Гальтона.

#### **Лабораторная работа № 2 Броуновское движение в жидкости**

- В чём заключается броуновское движение?
- Запишите уравнение Эйнштейна-Смолуховского. От каких параметров зависит движение броуновской частицы?
- Как изменится картина броуновского движения при увеличении температуры?
- Как изменится картина броуновского движения, если водную эмульсию заменить эмульсией на глицерине?

#### **Лабораторная работа № 3 Определение средней длины пробега молекул воздуха**

- Средняя длина свободного пробега молекул газа, основная формула,

- зависимость от параметров состояния газа.
- Внутреннее трение в газах, формула Ньютона.
- Коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность, зависимость от параметров состояния газа.
- Формула Пуазейля.
- Устройство капиллярного вискозиметра, ход работы, особенности метода. Обработка результатов измерений.

#### Лабораторная работа № 4 Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда

- Механизм внутреннего трения в жидкостях. Физический смысл и размерность коэффициента внутреннего трения.
- Температурная зависимость коэффициента вязкости жидкости, отличие ее от аналогичной зависимости для газов.
- Вывод формулы Пуазейля.
- Устройство и принцип действия вискозиметра Оствальда, методика работы с прибором.

#### Лабораторная работа № 5 Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса

- Внутреннее трение в жидкостях. Формула Ньютона.
- Коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность, зависимость от температуры жидкости.
- Падение шарика в вязкой среде, предельная скорость падения, время установления предельной скорости.
- Метод Стокса, его особенности.
- Как обрабатывают результаты измерений, если условия опыта не воспроизводятся?

#### Лабораторная работа № 6 Определение коэффициента внутреннего трения ротационного вискозиметра

- Сила внутреннего трения, коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность.
- Устройство ротационного вискозиметра, физические основы его работы.
- Вывод рабочей формулы для определения коэффициента вязкости.

#### Лабораторная работа № 7 Определение отношения теплоемкостей газов по способу Клемана и Дезорма

- Первое начало термодинамики.
- Теплоемкость газа. Удельная и молярная теплоемкости.
- Теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме. Связь их с числом степеней свободы молекул газа.
- Вывести уравнение Майера.
- Адиабатный процесс. Уравнение этого процесса в переменных  $P - V$  (уравнение Пуассона),  $P - T$ ,  $V - T$ . График адиабаты.
- Метод Клемана и Дезорма для определения отношения  $C_p/C_v$ .

Лабораторная работа № 8 Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений

- Природа сил поверхностного натяжения.
- Поверхностное натяжение и связанные с ним явления: капиллярность, смачивание, несмачивание.
- Вывод формулы Лапласа.
- Метод определения коэффициента поверхностного натяжения.
- Точность данного метода.
- 

Лабораторная работа № 9 Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкостей по методу отрыва кольца

- Природа сил поверхностного натяжения.
- Поверхностное натяжение и связанные с ним явления: капиллярность, смачивание, несмачивание.
- Какие силы действуют на кольцо, находящееся в контакте с поверхностью жидкости?
- Почему в отсутствие внешних сил капли жидкости принимают форму шара?
- Как зависит от температуры поверхностное натяжение жидкости? Как и почему коэффициент поверхностного натяжения жидкости становится равным нулю?

Лабораторная работа № 10 Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора- Ребиндера

- Термодинамика поверхностного натяжения.
- Зависимость коэффициента поверхностного натяжения от температуры.
- Метод Кантора – Ребиндера: основа метода, его точность.

Лабораторная работа № 11 Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей

- Причина теплового расширения твердых тел с точки зрения их молекулярного строения.
- Коэффициент линейного расширения, его физический смысл, размерность, зависимость от температуры.
- Связь коэффициентов линейного и объёмного расширения для изотропных кристаллов.
- Какую из величин –  $\Delta L$  или  $L_1$  – следует измерять точнее, почему и примерно во сколько раз?

Почему в качестве  $L_0$  может быть взята длина  $L_1$  стержня, измеренная при комнатной температуре?

Критерии оценки- сдача лабораторных работ

«Зачтено»: лабораторная работа выполнена. К ней оформлен отчёт. При ответе на вопросы к лабораторной работе обучающийся даёт содержательные ответы, которые отличаются логической последовательностью, чёткостью и умением делать выводы. Обучающийся демонстрирует знания принципа действия и устройства оборудования, на котором выполнялась лабораторная работа.

«Незачтено»: лабораторная работа не выполнена, либо при выполнении работы

не оформлен отчёт. В случае выполнения работы и готового отчёта работа не зачитывается, если обучающийся не способен рассказать о методике выполнения работы и принципе работы оборудования.

### **Перечень вопросов к текущей аттестации (зачет):**

1. Кинематика материальной точки; кинематика твердого тела.
2. Динамика частицы. Законы Ньютона.
3. Динамика системы частиц
4. Работа. Энергия. Импульс. Законы сохранения.
5. Динамика твердого тела.
6. Колебательное движение.
7. Основы механики деформируемых тел.
8. Молекулы и межмолекулярные взаимодействия. Статистическое описание системы многих частиц. Идеальный газ как простейшая модель статистической системы.
9. Температура как мера средней кинетической энергии молекул. Броуновское движение. Распределение молекул по скоростям.
10. Уравнение состояния идеального газа. Основные газовые законы.
11. Распределение молекул по длинам пробегов, опыты по измерению средней длины пробегов молекул.
12. Релаксационные процессы в газах: законы Фурье, Ньютона- Стокса, Фика. Явления переноса.
13. Разреженные газы.
14. Применение первого начала термодинамики к идеальному газу.
15. Вычисление работы газа по расширению в изопроцессах. Уравнение адиабаты. Политропические процессы.

### **Критерии оценки обучающихся на текущей аттестации (зачёт)**

«Зачтено»: сдано не менее 90% лабораторных работ по курсу. Оформлены отчёты по работам. При ответе на вопросы к лабораторной работе обучающийся даёт содержательные ответы, которые отличаются логической последовательностью, чёткостью и умением делать выводы. Обучающийся демонстрирует знания принципа действия и устройства оборудования, на котором выполнялась лабораторная работа.

«Незачтено»: сдано менее 90% лабораторных работ по курсу. В случае выполнения работы и готового отчёта работа не зачитывается, если обучающийся не способен рассказать о методике выполнения работы и принципе работы оборудования.

**Пример контрольно-измерительных материалов**  
**к промежуточной аттестации (экзамен)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей физики  
\_\_\_\_\_ (Турищев С.Ю.)

Направление подготовки 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Дисциплина Б1.О.18 Механика и молекулярная физика

Форма обучения очная

Вид контроля экзамен

Вид аттестации промежуточная

**Контрольно-измерительный материал**

1. Уравнение динамики вращательного движения.
2. Удельная теплоемкость газа, смеси газов. Молярная теплоемкость газа.  
Уравнение Майера.

Составитель \_\_\_\_\_ Занин И.Е.  
*подпись* *расшифровка подписи*

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета.

Критерии оценки (экзамен по теоретическому курсу «Механика и молекулярная физика»):

Оценка *«отлично»*: уровень сформированности компетенций – высокий (углубленный). Полное соответствие ответа студента на предлагаемый вопрос четырём вышеуказанным показателям и осваиваемым компетенциям. Компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объёме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень.

Оценка *«хорошо»*: уровень сформированности компетенций – повышенный (продвинутый). Ответ студента выявляет недостаточное владение необходимыми теоретическими и практическими навыками. Компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объёме, что выражается в отдельных неточностях (несущественных ошибках) при ответе. Ответ отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой, чем при высоком (углублённом) уровне сформированности компетенций. Однако допущенные ошибки исправляются самим студентом после дополнительных вопросов преподавателя.

Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень.

Оценка *«удовлетворительно»*: ответ студента отличается непоследовательностью, неумением делать выводы, слабым освоением теоретических и практических навыков. Компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично, что выражается в допускаемых неточностях и существенных ошибках при ответе, нарушении логики изложения, неумении аргументировать и обосновывать суждения и профессиональную позицию. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу.

Оценка *«неудовлетворительно»*: компетенции не сформированы, что выражается в разрозненных, бессистемных, отрывочных знаниях, допускаемых грубых профессиональных ошибках, неумении выделять главное и второстепенное, связывать теорию с практикой, устанавливать межпредметные связи, формулировать выводы по ответу, отсутствии собственной профессиональной позиции.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объёме и в сроки, определённые графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Механика и молекулярная физика» и отражённых в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

**Код и наименование компетенции: ОПК-1.1**

**Применяет знания естественных наук в инженерной практике**

**Период окончания формирования компетенции:** 1 семестр

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

– Дисциплины (модули) (блок 1):

- Б1.О.18 Механика и молекулярная физика (1 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

1) тестовые задания:

1. Выберите правильный вариант ответа: Как зависит от температуры энергия  $E$ , излучаемая в равновесных условиях абсолютно чёрным телом? (Закон Стефана-Больцмана).

- а)  $E \sim T^2$
- б)  $E \sim T^3$
- в)  $E \sim T^4$**

2. Выберите правильный вариант ответа: В каких системах отсчета выполняются законы динамики Ньютона?

- а) в любых
- б) в инерциальных**
- в) в системах отсчета, движущихся поступательно

3. Выберите правильный вариант ответа:

Закон сохранения импульса  $P = \text{const}$  выполняется:

- а) для замкнутой системы тел в инерциальных системах отсчета**
- б) для любой системы тел в инерциальных системах отсчета
- в) для замкнутой системы тел в любых системах отсчета
- г) для любой системы тел в любых системах отсчета

4. Выберите правильный вариант ответа:

Свободные гармонические колебания совершаются под действием:

- а) постоянной силы  $F = \text{const}$
- б) упругой (квазиупругой) силы  $F = -kr$**
- в) силы, изменяющейся по гармоническому закону  $F = F_0 \cos \omega t$

5. Выберите правильный вариант ответа:

В состоянии термодинамического равновесия температура системы

- а) может меняться
- б) всюду постоянна**
- в) уменьшается

6. Выберите правильный вариант ответа:

Первое начало термодинамики. Теплота, сообщаемая системе идет на:

- а) совершение работы против внешних сил и изменение внутренней энергии**
- б) нагревание

- в) охлаждение
- г) перемещение системы

7. Моментом инерции материальной точки относительно неподвижной оси вращения называется...

- 1) Произведение массы материальной точки на ее расстояние от оси вращения.
- 2) Произведение массы материальной точки на квадрат ее расстояния от оси вращения.
- 3) Произведение силы на плечо.
- 4) Кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы

8. Силы называются потенциальными, если:

- а) их работа на замкнутом пути равна нулю,
- б) их работа всегда равна постоянной величине,
- в) их работа не зависит от траектории, по которой перемещается тело из одной точки силового поля в другую.**

9. Кинетической энергией называется...

- 1) энергия, зависящая от взаимного расположения тел или частей тела.
- 2) энергия тела, поднятого над Землей.
- 3) энергия падающего тела.
- 4) энергия, обусловленная механическим движением тел.**

10. Кинетическая энергия вращательного движения зависит от ...

- 1) только момента инерции
- 2) вращающего момента
- 3) момента инерции и угловой скорости**
- 4) только угловой скорости

2) расчетные задачи:

1. Колесо радиусом  $R = 10$  см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе колеса, от времени движения дается уравнением  $v = At + Bt^2$ ,  $A = 3$  см/с<sup>2</sup> и  $B = 1$  см/с<sup>3</sup>. Найти угол, составляемый вектором полного ускорения с радиусом колеса в моменты времени  $t = 1$  с после начала движения.

Ответ:  $\text{tg } \alpha = a_t/a_n$ ;  $\text{tg } \alpha = 3,13$

2. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7,0$  г азота и  $m_2 = 11$  г углекислого газа при температуре  $T = 290$  К и давлении  $p = 1,0$  атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.

Ответ:  $m_1/m_2 = (1 - a/M_2)/(a/M_1 - 1) = 0,50$ ,  $a = mRT/(pV)$ .

3. Какой объем при нормальных условиях занимают 5 моль углекислого газа?

Ответ: 112 л

4. На столе лежит доска массой  $M = 1$  кг, а на доске – груз массой  $m = 2$  кг. Какую силу  $F$  нужно приложить к доске, чтобы она выскользнула из-под груза?

Коэффициент трения между грузом и доской равен  $\mu_1 = 0,25$ , а между доской и столом –  $\mu_2 = 0,5$ .

Ответ:  $F \geq F_0 = 22,5$  Н .

5. На неподвижном клине с углом при основании  $\alpha = 30^\circ$  находится тело массой  $m_1$ , к которому прикреплена легкая нерастяжимая нить, перекинутая через невесомый блок, жестко связанный с клином. К другому концу нити прикреплено тело массой  $m_2$ , не касающееся клина. Отношение масс тел  $\eta = m_2 / m_1 = 2 / 3$ . Коэффициент трения между первым телом и плоскостью равен  $\mu = 0.1$ . Найти величину и направление ускорения второго тела.

*Ответ:* ускорение второго тела направлено вниз и равно:

$$a_2 = g(\eta - \sin \alpha - \mu \cos \alpha) / (\eta + 1) = 0.05g.$$

6. В сосуде находится смесь  $m_1 = 7,0$  г азота и  $m_2 = 11$  г углекислого газа при температуре  $T = 290$  К и давлении  $p = 1,0$  атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.

*Ответ:*  $m_1/m_2 = (1 - a/M_2) / (a/M_1 - 1) = 0,50$ ,  $a = mRT/(pV)$ .

7. Объем моля идеального газа с показателем адиабаты  $\gamma$  изменяют по закону  $V = \alpha/T$ , где  $\alpha$  – постоянная. Найти количество тепла, полученное газом в этом процессе, если его температура испытала приращение  $\Delta T$ .

*Ответ:*  $Q = R\Delta T (2 - \gamma) / (\gamma - 1)$ .

8. Найти капиллярное давление в капельках ртути диаметра  $d = 1,5$  мкм ( $\sigma = 487$  мН/м).

*Ответ:*  $\Delta p = 4\sigma/d = 13$  атм.

9. Сравните средние кинетические энергии атомов гелия ( $M=4$  г/моль) при температуре  $T(E1)$  и неона ( $M=20$ г/моль) при температуре  $2,5T(E2)$ .

- 1)  $E1=2,5E2$
- 2)  $E2=2,5E1$**
- 3)  $E1=E2$
- 4)  $E2=5E1$

10. Частица движется вдоль оси  $X$  по закону  $x = \alpha t^2 - \beta t^3$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  – положительные постоянные. В момент времени  $t = 0$  сила, действующая на частицу, равна  $F_0$ . Найти модули силы в точке поворота и в момент, когда частица опять окажется в точке  $x = 0$

*Ответ:*  $- F_0$ ,  $- 2F_0$ .

### Код и наименование компетенции: ОПК-3.1

**Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений**

**Период окончания формирования компетенции: 1 семестр**

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

– Дисциплины (модули) (блок 1):

- Б1.О.18 Механика и молекулярная физика (1 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

1) тестовые задания:

1. Выберите правильный вариант ответа:

От чего зависит величина ускорения свободного падения?

**а) от широты,**

б) от долготы,

в) не зависит от географического положения.

2. Выберите правильный вариант ответа:

Когда сила Кориолиса обращается в ноль?

**а) при нулевой скорости тела,**

б) в неинерциальной системе отсчёта,

в) когда скорость тела перпендикулярна оси вращения системы отсчёта.

3. Выберите правильный вариант ответа:

Угловая скорость вращения твёрдого тела увеличилась в два раза. Во сколько раз изменилась кинетическая энергия вращения?

**а) увеличилась в четыре раза,**

б) не изменилась,

в) увеличилась в два раза.

4. Выберите правильный вариант ответа:

Какую величину можно измерить с помощью метода Клемана и Дезорма?

**а) отношение теплоёмкостей,**

б) удельную теплоёмкость,

в) коэффициент теплового расширения.

5. Выберите правильный вариант ответа:

Где используют эффект Джоуля-Томсона?

**а) в холодильных установках,**

б) в нагревательных элементах,

2) расчетные задачи:

1. Сила всемирного тяготения между двумя телами при увеличении расстояния между ними в 10 раз...

Ответ: уменьшится в 100 раз (2 балла)

2. Частица движется на плоскости по закону  $x(t)=\alpha t$ ,  $y(t)=\beta t^2$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  - некоторые постоянные. В какой момент времени угол между вектором скорости частицы и осями  $x$  и  $y$  будет равен  $45^\circ$ ?

Ответ:  $t = \alpha/(2\beta)$ . (2 балла)

3. Современные вакуумные насосы позволяют получать давления до  $p = 4 \cdot 10^{-10}$  Па (при комнатной температуре). Найти число молекул газа в  $1 \text{ см}^3$  и среднее расстояние между ними при этом давлении.

Ответ:  $n = p/kT = 10^5 \text{ см}^{-3}$ ,  $\langle l \rangle = 0,2 \text{ мм}$ . (2 балла)

4. В каком случае КПД цикла Карно повышается больше – при увеличении температуры нагревателя или при уменьшении температуры холодильника?

Ответ: при уменьшении температуры холодильника. (2 балла)

5. Сколько теплоты выделилось в спирали сопротивлением  $R = 75 \text{ Ом}$  при прохождении через нее количества электричества  $q = 100 \text{ Кл}$ , если ток в спирали линейно убывал до нуля в течение  $\Delta t = 50 \text{ с}$ .

Ответ:  $Q = 4q^2 R/3\Delta t = 20 \text{ кДж}$ .

6. По круговому витку радиуса  $R = 100 \text{ мм}$  из тонкого провода циркулирует ток  $I = 1,00 \text{ А}$ . Найти магнитную индукцию в центре витка.

Ответ:  $B = \mu_0 I/2R = 6,3 \text{ мкТл}$ .

7. Оценить значение плотности воздуха при  $0^\circ \text{ С}$  и давлении 2 атм.

Ответ:  $2,6 \text{ кг/м}^3$ .

8. Свет с длиной волны  $535 \text{ нм}$  падает нормально на дифракционную решётку. Найти ее период, если одному из френгоферовых максимумов соответствует угол дифракции  $35^\circ$  и наибольший порядок спектра равен пяти.

Ответ:  $d = 2,8 \text{ мкм}$ .

9. Идеальный газ, показатель адиабаты которого  $\gamma$ , расширяют так, что сообщаемое газу тепло равно убыли его внутренней энергии. Найти молярную теплоёмкость газа в этом процессе.

Ответ:  $C = -R/(\gamma - 1)$ .

### Код и наименование компетенции: ОПК-3.2

**Обработывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов**

**Период окончания формирования компетенции: 1 семестр**

Перечень дисциплин (модулей), практик, участвующих в формировании компетенции:

– Дисциплины (модули) (блок 1):

- Б1.О.18 Механика и молекулярная физика (1 семестр)

**Перечень заданий для проверки сформированности компетенции:**

1) тестовые задания:

1. Выберите правильный вариант ответа:

От чего зависит величина ускорения свободного падения?

- а) от широты,  
б) от долготы,  
в) не зависит от географического положения.
2. Выберите правильный вариант ответа:  
Когда сила Кориолиса обращается в ноль?  
а) при нулевой скорости тела,  
б) в неинерциальной системе отсчёта,  
в) когда скорость тела перпендикулярна оси вращения системы отсчёта.
3. Выберите правильный вариант ответа:  
Угловая скорость вращения твёрдого тела увеличилась в два раза. Во сколько раз изменилась кинетическая энергия вращения?  
а) увеличилась в четыре раза,  
б) не изменилась,  
в) увеличилась в два раза.
4. Выберите правильный вариант ответа:  
Какую величину можно измерить с помощью метода Клемана и Дезорма?  
а) отношение теплоёмкостей,  
б) удельную теплоёмкость,  
в) коэффициент теплового расширения.
5. Выберите правильный вариант ответа:  
Где используют эффект Джоуля-Томсона?  
а) в холодильных установках,  
б) в нагревательных элементах,

2) расчетные задачи:

1. Сила всемирного тяготения между двумя телами при увеличении расстояния между ними в 10 раз...

Ответ: уменьшится в 100 раз (2 балла)

2. Частица движется на плоскости по закону  $x(t)=\alpha t$ ,  $y(t)=\beta t^2$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  - некоторые постоянные. В какой момент времени угол между вектором скорости частицы и осями  $x$  и  $y$  будет равен  $45^\circ$ ?

Ответ:  $t = \alpha/(2\beta)$ . (2 балла)

3. Современные вакуумные насосы позволяют получать давления до  $p = 4 \cdot 10^{-10}$  Па (при комнатной температуре). Найти число молекул газа в  $1 \text{ см}^3$  и среднее расстояние между ними при этом давлении.

Ответ:  $n = p/kT = 10^5 \text{ см}^{-3}$ ,  $\langle l \rangle = 0,2 \text{ мм}$ . (2 балла)

4. В каком случае КПД цикла Карно повышается больше – при увеличении температуры нагревателя или при уменьшении температуры холодильника?

Ответ: при уменьшении температуры холодильника. (2 балла)

5. Сколько теплоты выделилось в спирали сопротивлением  $R = 75 \text{ Ом}$  при прохождении через нее количества электричества  $q = 100 \text{ Кл}$ , если ток в спирали линейно убывал до нуля в течение  $\Delta t = 50 \text{ с}$ .

Ответ:  $Q = 4q^2 R/3\Delta t = 20 \text{ кДж}$ .

6. По круговому витку радиуса  $R = 100 \text{ мм}$  из тонкого провода циркулирует ток  $I = 1,00 \text{ А}$ . Найти магнитную индукцию в центре витка.

Ответ:  $B = \mu_0 I/2R = 6,3 \text{ мкТл}$ .

7. Оценить значение плотности воздуха при  $0^\circ \text{ С}$  и давлении 2 атм.

*Ответ:* 2,6 кг/м<sup>3</sup>.

8. Свет с длиной волны 535 нм падает нормально на дифракционную решётку. Найти ее период, если одному из фраунгоферовых максимумов соответствует угол дифракции 35° и наибольший порядок спектра равен пяти.

*Ответ:*  $d = 2,8$  мкм.

9. Идеальный газ, показатель адиабаты которого  $\gamma$ , расширяют так, что сообщаемое газу тепло равно убыли его внутренней энергии. Найти молярную теплоёмкость газа в этом процессе.

*Ответ:*  $C = -R/(\gamma - 1)$ .