


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

**УТВЕРЖДАЮ**

 Заведующий кафедрой  
общей физики  
/ Турищев С.Ю. /  
16.06.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.08 Механика, молекулярная физика и термодинамика**

- 1. Код и наименование специальности:** 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
  - 2. Специализация:** Проектирование и эксплуатация атомных станций
  - 3. Квалификация выпускника:** инженер-физик
  - 4. Форма обучения:** очная
  - 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра общей физики
- Составители программы:** Занин Игорь Евгеньевич, доцент, кандидат физико-математических наук
- 7. Рекомендована:** Научно-методическим советом физического факультета, протокол №6 14.06.2023 г.
  - 8. Учебный год:** 2023/2024

**Семестр(ы):** 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- овладение основами, базовыми понятиями и методиками, используемыми в механике, молекулярной физике и термодинамике.

*Задачи учебной дисциплины:*

- овладение фундаментальными понятиями классической и релятивистской механики, а также молекулярной физики и термодинамики;
- развитие навыков самостоятельного научного исследования физических задач;
- овладение методами постановки и решения задач механических и термодинамических систем;
- освоение методов экспериментального исследования механических и термодинамических систем;

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «**Б1.О.08 Механика, молекулярная физика и термодинамика**» относится к дисциплинам базовой части цикла Б1 основной образовательной программы подготовки специалистов **14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.**

## 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 использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1.2	Знает основные понятия и законы механики жидкости и газа, теплообмена; уравнений неразрывности, движения, сохранения энергии применительно к потокам; основные законы технической термодинамики	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; 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,

				<p>распределения Максвелла и Больцмана, свойства жидкостей и растворов, понятие о фазовых переходах;</p> <p>уметь: применять законы механики для анализа явлений природы и технических процессов, создавать элементарные модели механических систем и проводить соответствующие оценочные расчёты;</p> <p>владеть: методами построения простых математических моделей механических систем, методами качественного анализа механических систем</p>
		ОПК-1.5	Оценивает численные значения величин, характерных для различных разделов естествознания	<p>Студент должен:</p> <p>знать методы решения типовых физических задач анализа механических систем;</p> <p>уметь выбирать оптимальные способы решения задач механики, оценивать адекватность найденного решения;</p> <p>владеть методами построения физической модели исследуемого явления.</p>
		ОПК-1.7	Строит математические модели для простейших систем и процессов в естествознании и технике	<p>Студент должен:</p> <p>знать: основные принципы современных методов исследования механических систем, их достоинства, недостатки и ограничения;</p> <p>уметь: осуществлять поиск научной информации, оценивать её достоверность;</p> <p>владеть: технологиями поиска научной информации</p>
		ОПК-1.8	Владеет методами аналитического и численного решения алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений математической физики	<p>Студент должен: владеть методами аналитического и численного решения алгебраических и обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений математической физики</p>
ОПК-2	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять	ОПК-2.3	Выделяет и систематизирует основные результаты экспериментальных и теоретических исследований,	<p>Студент должен:</p> <p>знать элементарную теорию измерений;</p> <p>уметь выявлять источники погрешностей измерений, выбирать оптимальные способы измерений;</p> <p>владеть методами оценки величин погрешностей измерений, методами</p>

	приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики технологии		корректирует план дальнейших научных работ с учетом полученных результатов	наглядного представления результатов измерений
		ОПК-2.4	Выбирает и создает критерии оценки исследований в области ядерной физики, физики реакторов, взаимодействия излучения с веществом	Студент должен самостоятельно выбирать и создавать критерии оценки исследований в области ядерной физики, физики реакторов, взаимодействия излучения с веществом

**12. Объем дисциплины в зачётных единицах/час.** (в соответствии с учебным планом) – 5/180

**Форма промежуточной аттестации** зачёт/экзамен

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			1-ый семестр
Аудиторные занятия		126	126
в том числе:	лекции	54	54
	практические	36	36
	лабораторные	36	36
Самостоятельная работа		18	18
в том числе: курсовая работа (проект)		–	–
Форма промежуточной аттестации		36	Экзамен (36ч)
Итого:		180	180

#### 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="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
1.2	Динамика частицы	5. Масса, импульс. Сила, примеры сил. Законы Ньютона. Центр масс	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>

		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.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
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.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
1.5	Упругие свойства твёрдых тел	15. Понятие об упругих свойствах тел. Виды деформаций. 16. Закон Гука. 17. Энергия упругой деформации..	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
1.7	Колебания и волны	18. Колебательное движение. Гармонический осциллятор. Уравнение и закон гармонических колебаний. 19. Энергия колебаний.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
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.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
1.9	Основы специальной теории относительности	22. Постулаты СТО. 23. Замедление времени и сокращение длины. Преобразования Лоренца, интервал. 24. Релятивистская динамика. Релятивистская	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>

		энергия. Эквивалентность массы и энергии.	
1.10	Основы термодинамики	1. Предмет и задачи курса молекулярной физики. Аксиомы термодинамики. 2. Термодинамические процессы, работа. 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="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</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.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
1.12	Явления переноса	11. Столкновения молекул, длина свободного пробега. 12. Явления переноса: диффузия, вязкость, теплопроводность. 13. Ультразреженные газы и вакуум.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
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.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
1.14	Фазовые превращения	19. Фазы вещества. Фазовые переходы 1-го и 2-го рода. Диаграммы состояния. Уравнение	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>

		Клапейрона-Клаузиуса. 20. Насыщенный пар. Кипение, тройные точки.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Кинематика	1. Равномерное движение. 2. Равноускоренное движение.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
2.2	Динамика частицы	3. Движение тел на наклонной плоскости. 4. Движение под действием силы сопротивления, силы трения.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
2.3	Работа и энергия	5. Работа силы. 6. Законы сохранения импульса и энергии	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
2.4	Механика твёрдого тела	7. Кинематика твёрдого тела. 8. Динамика твёрдого тела.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
2.5	Колебания и волны	9. Гармонические колебания, затухающие колебания.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
2.6	Основы специальной теории относительности	10. Релятивистская механика. 11. Контрольная работа.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
2.7	Термодинамика	1. Процессы с идеальным газом. 2. Уравнение состояния идеального газа. 3. Теплоёмкость. 4. Круговые процессы. 5. Энтропия	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
2.8	Молекулярно-кинетическая теория	6. Распределения Максвелла. 7. Распределение Больцмана, барометрическая формула.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
2.9	Фазовые превращения	18. Процессы с насыщенным паром 9. Теплоты плавления, парообразования 10. Контрольная работа	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Вводное занятие	Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ по механике, молекулярной физике и термодинамике	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27509">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27509</a>
3.2	Теория погрешностей	Освоение методики расчёта погрешностей прямых и косвенных измерений на примере определения плотности	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>

		тела правильной геометрической формы	
3.3.	Кинематика	Определение плотности твёрдого тела, имеющего правильную геометрическую форму.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.4	Динамика частицы	Измерение скорости пули методом баллистического маятника.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.5	Работа и энергия	Изучение движения маятника Максвелла.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.6	Механика твёрдого тела	Изучение вращательного движения тела Экспериментальная проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.8	Упругие свойства твёрдых тел	Определение модуля упругости Определение модуля сдвига	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.9	Колебания и волны	Исследование колебательного движения физического и математического маятника.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.10	Основы механики жидкостей и газов	Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора-Ребиндера	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.11	Основы специальной теории относительности	Определение средней длины пробега молекул воздуха	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.12	Основы термодинамики	Определение отношений теплоёмкостей газов методом Клемана и Дезорма	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.13	Основы статистической механики	Изучение закона нормального распределения	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>
3.14	Явления переноса	Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса Определение коэффициента внутреннего трения ротационного	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>



		вискозиметра Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда	
3.15	Состояния вещества	Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=27506</a>

### 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	0	4	8
2	Динамика частицы	2	2	0	5	9
3	Работа и энергия	2	2	0	5	9
4	Механика твёрдого тела	4	2	10	2	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	4	2	2	6	14
8	Основы механики жидкостей и газов	2	0	2	2	6
9	Основы специальной теории относительности	4	2	0	6	12
1	Основы термодинамики	5	2	10	6	21
2	Основы статистической механики	4	2	10	6	22
3	Явления переноса	2	0	0	2	4
4	Состояния вещества	1	0	0	2	3
5	Фазовые превращения	2	0	0	4	6
	Итого:	36	18	36	54	144

### 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. <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+6371+default+45+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+6371+default+45+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>
2	<u>Паршаков, Александр Николаевич.</u> 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. <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+6428+default+4+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+6428+default+4+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>
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. <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+6371+default+46+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+6371+default+46+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>
4	<u>Паршаков, Александр Николаевич.</u> 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. <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+6445+default+6+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+6445+default+6+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>

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. <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+6451+default+43+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+6451+default+43+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>
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.

	<a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+6483+default+2+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+6483+default+2+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>
3	Детлаф А.А. Курс физики : учеб. пособие для студ. вузов / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – Москва : Издательский центр «Академия», 2015. – 719 с. <a href="https://lib.vsu.ru/zgate?present+6490+default+1+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus">https://lib.vsu.ru/zgate?present+6490+default+1+1+F+1.2.840.10003.5.102+rus</a>

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>

## 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), (работа с электронной базой данных библиотеки ВГУ); использование в подготовке материалов лекций и в работе со студентами различных программных математических продуктов, таких как Maxima 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. 145,135):

- 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 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;
- 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.).

Компьютерный класс, помещение для самостоятельной работы

Специализированная мебель, компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета

Microsoft Windows 10, LibreOffice, Adobe Reader

### 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-1.2, ОПК-1.5, ОПК-1.7	Отчёт по лабораторной работе 1-8 Контрольная работа 1. Коллоквиум 1
1.2	Динамика частицы	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1, ОПК-2.4	
1.3	Работа и энергия	ОПК-1	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-1.7	

1.4	Механика твёрдого тела	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.2,ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1,ОПК-2.4	
1.5	Центральное поле и закон тяготения	ОПК-1	ОПК-1.2,ОПК-1.5, ОПК-1.8	
1.6	Упругие свойства твёрдых тел	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.2,ОПК-1.5, ОПК-1.8, ОПК-2.1,ОПК-2.4	
1.7	Колебания и волны	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.2,ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1,ОПК-2.4	
1.8	Основы механики жидкостей и газов	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.2,ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1,ОПК-2.4	Отчёт по лабораторной работе 9-17 Контрольная работа 2. Коллоквиум 2
1.9	Основы специальной теории относительности	ОПК-1	ОПК-1.2,ОПК-1.5, ОПК-1.7	
1.10	Основы термодинамики	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1,ОПК-2.4	
1.11	Основы статистической механики	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.2, ОПК-1.5, ОПК-1.7, ОПК-2.1,ОПК-2.4	
1.12	Явления переноса	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-2.1,ОПК-2.4	
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, коллоквиумы.

#### Контрольная работа 1

##### Вариант 1

Задание 1 В каких системах отсчета выполняются законы динамики Ньютона?

а) в любых , б) в инерциальных , в) в системах отсчета, движущихся поступательно.

Задание 2 Энергия гармонических колебаний пропорциональна:

а) квадрату амплитуды, б) амплитуде, в) частоте колебаний.

Задание 3 Тело прошло половину пути с  $v=4$  м/с; вторую половину пути с  $v=6$  м/с; его средняя скорость...

Задание 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 –  $\mu_2 = 0,5$ .

### Вариант 2

Задание 1 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.

Задание 2 При равномерном движении частицы по окружности вектор её ускорения а) равен нулю, б) направлен по касательной к траектории, в) направлен к центру.

Задание 3 Колесо радиусом  $R = 10$  см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободке колеса, от времени движения дается уравнением  $v = At + dBt^2$ ,  $A = 3$  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.

Задание 4 Частица движется на плоскости по закону  $x(t)=at$ ,  $y(t)=\beta t^2$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  - некоторые постоянные. В какой момент времени угол между вектором скорости частицы и осями  $x$  и  $y$  будет равен  $45^\circ$ ?

### Вариант 3

Задание 1 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.

Задание 2 Тангенциальное ускорение – ...

а) касательная составляющая вектора ускорения; б) нормальная составляющая вектора ускорения; в) ортогональная составляющая вектора скорости; г) коллинеарная составляющая вектора ускорения

Задание 3 Пушка и цель находятся на одном уровне на расстоянии 5,1 км друг от друга. Через сколько времени снаряд с начальной скоростью 240 м/с достигнет цели?

Задание 4 Частица движется на плоскости по закону  $x(t)=at$ ,  $y(t)=\beta t^2$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  - некоторые постоянные. Найти радиус кривизны траектории в точке с координатами (0;0).

### Вариант 4

4. Задание 1 Свободные гармонические колебания совершаются под действием:

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

Задание 2 Мгновенная скорость материальной точки - ...

а) векторная величина первой производной радиус-вектора по времени, б) скалярная величина первой производной пути по времени, в) векторная величина второй производной пути по времени; г) 4. скалярная величина второй производной

радиус–вектора по времени

Задание 3 На гладкой горизонтальной поверхности находятся два бруска массами  $m_1$  и  $m_2$ , которые соединены нитью. К брускам в момент  $t = 0$  приложили силы, противоположно направленные и зависящие от времени как  $F_1 = \alpha_1 t$  и  $F_2 = \alpha_2 t$ . Найти, через сколько времени нить порвётся, если сила натяжения на разрыв равна  $F$ .

Задание 4 Вычислить осевой момент инерции тонкого однородного диска радиуса  $R$  массой  $m$ . Ось проходит через центр диска перпендикулярно его плоскости.

## **Контрольная работа № 2.**

### **Вариант 1.**

Задание 1. Каким способом можно изменить внутреннюю энергию тела?

а) Только совершением работы. б) Только теплопередачей. в) Совершением работы и теплопередачей. г) Внутреннюю энергию тела изменить нельзя.

Задание 2. Температура нагревателя реальной тепловой машины равна  $427^\circ\text{C}$ , температура холодильника  $127^\circ\text{C}$ . Тепловая машина за один цикл получает от нагревателя тепловую энергию  $600$  Дж и отдает холодильнику  $400$  Дж. Какую часть от КПД идеальной машины составляет КПД данной реальной машины?

а)  $7/9$ ; б)  $6/7$ ; в)  $1/2$ ; г)  $7/8$

Задание 3. С противоположных сторон широкого вертикального сосуда, наполненного водой, открыли два одинаковых отверстия, каждое площадью  $S = 0,50$  см<sup>2</sup>. Расстояние между ними по высоте  $\Delta h = 51$  см. Найти результирующую силу реакции вытекающей воды.

Задание 4. Давление  $p$  насыщенного пара ртути зависит от температуры  $T$  по закону  $\ln p = -a/T - b \ln T + c$ , где  $a, b, c$  – постоянные. Найти молярную теплоту испарения ртути как функцию температуры  $q(T)$ .

### **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. Объём 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  $\Delta T$ .

Задание 4. 13. Современные вакуумные насосы позволяют получать давления до  $p = 4 \cdot 10^{-10}$  Па (при комнатной температуре). Найти число молекул газа в  $1$  см<sup>3</sup> и среднее расстояние между ними при этом давлении.

### **Вариант 3.**

Задание 1. 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

Задание 2. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа в некотором процессе, если концентрацию молекул уменьшить в 10 раз, а температуру увеличить в 2 раза?

а) уменьшится в 10 раз; б) увеличится в 2 раза; в) уменьшится в 5 раз; г) увеличится в 5 раз

Задание 3. Шар массой 198 г наполнен азотом и находится неподвижно в воде на глубине 73 м, где температура воды  $C$ . Найти массу азота в шаре. Атмосферное давление равно 100 кПа. Молярная масса азота 28 г/моль, универсальная газовая постоянная 8300 Дж/(кмоль · К).

Задание 4. Найти КПД цикла, состоящего из двух изобар и двух адиабат, если в пределах цикла давление идеального газа изменяется в  $n = 10$  раз. Рабочее вещество – идеальный газ с показателем адиабаты  $\gamma$ .

#### **Вариант 4.**

Задание 1. При температуре выше критической:

а) твёрдую фазу нельзя перевести в жидкое состояние, б) жидкую фазу нельзя перевести в твёрдое состояние, в) вещество может существовать только в газовой фазе.

Задание 2. Плавление льда сопровождается

Ответ: а) поглощением теплоты, б) выделением теплоты, в) теплота не выделяется и не поглощается.

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  $p = 1,0$  атм. Найти плотность этой смеси, считая газы идеальными.

Задание 4. Найти капиллярное давление в капельках ртути диаметра  $d = 1,5$  мкм ( $\sigma = 487$  мН/м).

Форма проведения:

Каждый вариант контрольной работы содержит 4 задания. При выполнении контрольных работ обучающийся свой ответ фиксирует на Листе ответа, который затем сдается преподавателю. Преподаватель вправе задавать уточняющие вопросы в рамках контрольной работы, а также дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Ограничение по времени выполнения: 1 час 30 минут.

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.

#### 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.

#### 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.
- Статистический смысл второго начала термодинамики и энтропия. Формула Больцмана для энтропии.

Форма проведения:

Каждый вариант коллоквиума содержит 4 вопроса. Обучающийся фиксирует свои ответы на Листе ответа, который затем сдается преподавателю. Преподаватель вправе задавать уточняющие вопросы в рамках пройденного материала. Ограничение по времени выполнения: 1 час 30 минут.

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

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 модуля сдвига методом крутильных колебаний.

Лабораторная работа 6. Исследование колебательного движения физического и

математического маятника.

Лабораторная работа 7. Определение модуля упругости методом изгиба.

Лабораторная работа 8. Экспериментальная проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера

Лабораторная работа 9. Изучение закона нормального распределения.

Лабораторная работа 10. Определение средней длины пробега молекул воздуха.

Лабораторная работа 11. Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда.

Лабораторная работа 12. Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса.

Лабораторная работа 13. Определение коэффициента внутреннего трения ротационного вискозиметра.

Лабораторная работа 14. Определение отношения теплоёмкостей газов по способу Клемана и Дезорма.

Лабораторная работа 15. Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений.

Лабораторная работа 16. Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора- Ребиндера.

Лабораторная работа 17. Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей.

### **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 № 2. 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 № 3. Изучение движения маятника Максвелла.

- 1 Что называется абсолютно твёрдым телом, числом степеней свободы? Сколько степеней 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 № 4. Изучение вращательного движения тела.

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

Лабораторная работа № 5 Определение модуля сдвига методом крутильных колебаний.

- 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.

Лабораторная работа № 6 Исследование колебательного движения физического и математического маятника.

- 1 Что такое физический маятник?
- 2 Составьте уравнение движения физического маятника, запишите закон движения, подстановкой докажите, 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 № 7. Определение модуля упругости методом изгиба.

- 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 № 8. Экспериментальная проверка теоремы Гюйгенса-Штейнера

- 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 центров; 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 № 9 Изучение закона нормального распределения

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

#### Лабораторная работа № 10 Определение средней длины пробега молекул воздуха

1. Средняя длина свободного пробега молекул газа, основная формула, зависимость от параметров состояния газа.
2. Внутреннее трение в газах, формула Ньютона.
3. Коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность, зависимость от параметров состояния газа.
4. Формула Пуазейля.
5. Устройство капиллярного вискозиметра, ход работы, особенности метода. Обработка результатов измерений.

#### Лабораторная работа № 11 Изучение зависимости коэффициента вязкости от температуры на вискозиметре Оствальда

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

#### Лабораторная работа № 12 Определение коэффициента внутреннего трения методом Стокса

1. Внутреннее трение в жидкостях. Формула Ньютона.
2. Коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность, зависимость от температуры жидкости.
3. Падение шарика в вязкой среде, предельная скорость падения, время

установления предельной скорости.

4. Метод Стокса, его особенности.
5. Как обрабатывают результаты измерений, если условия опыта не воспроизводятся?

Лабораторная работа № 13 Определение коэффициента внутреннего трения ротационного вискозиметра

1. Сила внутреннего трения, коэффициент внутреннего трения, его физический смысл, размерность.
2. Устройство ротационного вискозиметра, физические основы его работы.
3. Вывод рабочей формула для определения коэффициента вязкости.

Лабораторная работа № 14 Определение отношения теплоёмкостей газов по способу Клемана и Дезорма

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

Лабораторная работа № 15 Определение коэффициента поверхностного натяжения методом компенсации разности давлений

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

Лабораторная работа № 16 Изучение зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры методом Кантора- Ребиндера

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

Лабораторная работа № 17 Определение коэффициента объёмного расширения жидкостей

1. Причина теплового расширения твердых тел с точки зрения их молекулярного строения.
2. Коэффициент линейного расширения, его физический смысл, размерность, зависимость от температуры.
3. Связь коэффициентов линейного и объёмного расширения для изотропных кристаллов.
4. Какую из величин –  $\Delta L$  или  $L_1$  – следует измерять точнее, почему и примерно во сколько раз?
5. Почему в качестве  $L_0$  может быть взята длина  $L_1$  стержня, измеренная при

комнатной температуре?

Форма проведения:

К каждой лабораторной работе имеется набор вопросов. При сдаче лабораторных работ обучающемуся задаются вопросы, касающиеся сделанной лабораторной работы, на которые обучающийся должен ответить устно, либо письменно если это предусмотрено вопросом. Преподаватель вправе задавать уточняющие вопросы в рамках лабораторной работы, а также дополнительные вопросы в рамках темы лабораторной работы. Ограничение по времени выполнения: 20 минут.

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.

Форма проведения:

Каждый билет к зачету содержит 2 вопроса. Обучающийся фиксирует свои ответы на Листе ответа, который затем сдается преподавателю. Преподаватель вправе задавать уточняющие вопросы в рамках пройденного материала. Ограничение по времени выполнения: 1 час 30 минут.

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

«Зачтено»: сдано не менее 90% лабораторных работ по курсу. Оформлены отчёты по работам. При ответе на вопросы обучающийся даёт содержательные ответы на вопросы к зачету, которые отличаются логической последовательностью, чёткостью и умением делать выводы.

«Незачтено»: сдано менее 90% лабораторных работ по курсу. Обучающийся не способен дать содержательные ответы на вопросы к зачету.

## Пример контрольно-измерительного материала (КИМ)

УТВЕРЖДАЮ

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

Направление подготовки: 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Дисциплина: Б1.О.08 Механика, молекулярная физика и термодинамика

Форма обучения: очная

Вид контроля: экзамен

Вид аттестации: промежуточная

### Контрольно-измерительный материал № 1

1. Траектория, радиус-вектор, вектор перемещения, длина пути. Кинематические уравнения
2. Параметры термодинамической системы. Идеальный газ. Законы идеального газа.

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.

Форма проведения:

При сдаче экзамена каждый КИМ включает 2 вопроса. При подготовке к ответу обучающийся конспект своего ответа фиксирует на Листе ответа, который затем сдается экзаменатору. Экзаменатор вправе задавать уточняющие вопросы в рамках билета, а также дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины. Ограничение по времени выполнения: 1 час 30 минут.

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

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он верно ответил на все вопросы, дополнив и пояснив ответ с помощью соответствующих законов и зависимостей, а также успешно прошел текущие аттестации (написал 2 контрольные и 2 коллоквиума на оценки не ниже чем «хорошо»)

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он верно ответил на все вопросы, но допустил неточности, либо если он верно ответил на все вопросы, дополнив и пояснив только один из ответов с помощью соответствующих законов и зависимостей, а также успешно прошел текущие аттестации (написал 2 контрольные и 2 коллоквиума на оценки не ниже чем «хорошо»)

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он ответил на все вопросы, дополнив и пояснив ответ с помощью соответствующих законов и зависимостей, но не пояснил ответ, либо же если он верно ответил на один из вопросов дополнив и пояснив ответ с помощью соответствующих законов и зависимостей, а также если студент неуспешно прошел текущие аттестации (написал 2 контрольные и 2 коллоквиума на оценки ниже чем «хорошо»)

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту в случае, если студент не ответил ни на один вопрос, а также если студент неуспешно прошел текущие аттестации (написал 2 контрольные и 2 коллоквиума на оценки ниже чем «хорошо»)

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

## 21. Фонд оценочных средств

### 1) тестовые задания (жирным шрифтом выделен правильный ответ):

1. В каких системах отсчета выполняются законы динамики Ньютона?  
а) в любых; **б) в инерциальных**, в) в системах отсчета, движущихся поступательно.
2. Закон сохранения импульса  $\mathbf{P} = \text{const}$  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.
3. 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.
4. Свободные гармонические колебания совершаются под действием:  
а) постоянной силы  $\mathbf{F} = \text{const}$ ; **б) упругой (квазиупругой) силы  $\mathbf{F} = -k\mathbf{r}$** ; в) силы, изменяющейся по гармоническому закону  $F = F_0 \cos \omega t$
5. Мгновенная скорость материальной точки - ...  
а) векторная величина первой производной радиус–вектора по времени; б) скалярная величина первой производной пути по времени; в) векторная величина второй производной пути по времени; г) скалярная величина второй производной радиус–вектора по времени
6. Тангенциальное ускорение – ...  
а) **касательная составляющая вектора ускорения**; б) нормальная составляющая вектора ускорения; в) ортогональная составляющая вектора скорости; г) коллинеарная составляющая вектора ускорения
7. При равномерном движении частицы по окружности вектор её ускорения:  
а) равен нулю, б) направлен по касательной к траектории, **в) направлен к центру**.
8. Энергия гармонических колебаний пропорциональна:  
а) **квадрату амплитуды**, б) амплитуде, в) частоте колебаний.
9. Каким способом можно изменить внутреннюю энергию тела?  
а) Только совершением работы. б) Только теплопередачей. **в) Совершением работы и теплопередачей**. г) Внутреннюю энергию тела изменить нельзя.
10. 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
11. В состоянии термодинамического равновесия температура системы  
а) может меняться, **б) всюду постоянна**, в) уменьшается.
12. При температуре выше критической  
а) твёрдую фазу нельзя перевести в жидкое состояние, б) жидкую фазу нельзя перевести в твёрдое состояние, **в) вещество может существовать только в газовой фазе**.
13. Плавление льда сопровождается  
а) поглощением теплоты, б) выделением теплоты, в) теплота не выделяется и не поглощается.
14. При использовании газа, находящегося в металлическом баллоне его давление уменьшилось на 75%. Во сколько раз уменьшилась масса газа? Считать, что  $T = \text{const}$ .

а) 4; б) 1,33; в) 14; г) 2

15. Как изменится средняя кинетическая энергия теплового движения молекул идеального газа в некотором процессе, если концентрацию молекул уменьшить в 10 раз, а температуру увеличить в 2 раза?

а) уменьшится в 10 раз; б) **увеличится в 2 раза**; в) уменьшится в 5 раз; г) увеличится в 5 раз

16. Температура нагревателя реальной тепловой машины равна  $427^{\circ}\text{C}$ , температура холодильника  $127^{\circ}\text{C}$ . Тепловая машина за один цикл получает от нагревателя тепловую энергию 600 Дж и отдает холодильнику 400 Дж. Какую часть от КПД идеальной машины составляет КПД данной реальной машины?

а) **7/9**; б) 6/7; в) 1/2; г) 7/8

## 2) расчётные задачи:

1. Тело прошло половину пути с  $v=4$  м/с; вторую половину пути с  $v=6$  м/с; его средняя скорость...

*Ответ:* 4,8 м/с

2. 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:*  $\text{tg } \alpha = a_{\tau}/a_n$ ;  $\text{tg } \alpha = 3,13$ .

3. Пушка и цель находятся на одном уровне на расстоянии 5,1 км друг от друга. Через сколько времени снаряд с начальной скоростью 240 м/с достигнет цели?

*Ответ:* Через 0,41 мин.

4. На гладкой горизонтальной поверхности находятся два бруска массами  $m_1$  и  $m_2$ , которые соединены нитью. К брускам в момент  $t = 0$  приложили силы, противоположно направленные и зависящие от времени как  $F_1 = \alpha_1 t$  и  $F_2 = \alpha_2 t$ . Найти, через сколько времени нить порвётся, если сила натяжения на разрыв равна  $F$ .

*Ответ:*  $t = F(m_1 + m_2)/(m_1 \alpha_1 + m_2 \alpha_2)$ .

5. Вычислить осевой момент инерции тонкого однородного диска радиуса  $R$  массой  $m$ . Ось проходит через центр диска перпендикулярно его плоскости.

*Ответ:*  $I = mR^2/2$ .

6. Частица движется на плоскости по закону  $x(t) = \alpha t$ ,  $y(t) = \beta t^2$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  - некоторые постоянные. Найти радиус кривизны траектории в точке с координатами (0;0).

*Ответ:*  $R = \alpha^2/(2\beta)$ .

7. 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:*  $t = \alpha/(2\beta)$ .

8. 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.

9. С противоположных сторон широкого вертикального сосуда, наполненного водой, открыли два одинаковых отверстия, каждое площадью  $S = 0,50$  см<sup>2</sup>. Расстояние между ними по высоте  $\Delta h = 51$  см. Найти результирующую силу реакции вытекающей воды.

*Ответ:*  $F = 2\rho g S \Delta h = 0,50$  Н.

10. Шар массой 198 г наполнен азотом и находится неподвижно в воде на глубине 73 м, где температура воды  $\theta$ . Найти массу азота в шаре. Атмосферное давление равно 100 кПа. Молярная масса азота 28 г/моль, универсальная газовая постоянная 8300 Дж/(кмоль · К).

*Ответ:* 2 г.

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

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

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

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

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

15. Найти КПД цикла, состоящего из двух изобар и двух адиабат, если в пределах цикла давление идеального газа изменяется в  $n = 10$  раз. Рабочее вещество – идеальный газ с показателем адиабаты  $\gamma$ .

*Ответ:*  $\eta = 1 - n^{-(\gamma-1)/\gamma}$ .

16. Давление  $p$  насыщенного пара ртути зависит от температуры  $T$  по закону  $\ln p = -a/T - b \ln T + c$ , где  $a, b, c$  – постоянные. Найти молярную теплоту испарения ртути как функцию температуры  $q(T)$ .

*Ответ:*  $q = R(a - bT)$ .