МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Нововоронежский политехнический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(НВПИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДЕН:
Педагогическим советом
«17» марта 2023г., протокол № 550

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)»

Направление подготовки: 14.03.01. Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт оборудования АЭС

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Нововоронеж 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ 3
1.1. Модели контролируемых компетенций 4
1.2. Программа оценивания контролируемых компетенций по этапам их формирования 4
1.3. Основные показатели оценивания компетенций 4
1.4. Перечень оценочных средств 6
2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ 8
2.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ 8
2.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 12
2.2.1. Контрольные работы на практическом занятии 12
- Контрольная работа №1 12
- Контрольная работа №2 20
2.2.2. Опросы 26
- Опрос №1 26
- Опрос №2 32
2.2.3. Лабораторные работы 37
- Лабораторные работы по разделу «Механика» 37
- Лабораторные работы по разделу «Молекулярная физика и основы термодинамики» 45
2.2.4. Индивидуальное домашнее задание 51
2.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 60
2.3.1. Оценочные средства для проведения экзамена 60
3. СВЕДЕНИЯ О СОСТАВИТЕЛЯХ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ 91

1. Паспорт
фонда оценочных средств

1.1.Модели контролируемых компетенций:

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенций:

ПК-1 Способен к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

ПК-1 Знать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих
в конкретных технических системах на основе существующих методик

ПК-1 Уметь разрабатывать методы прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

ПК-1 Владеть методами прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик. Взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.

ОПК-1 Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа имоделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Знать базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования

ОПК-1 Уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физикоматематический аппарат

ОПК-1 Владеть математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общефизических законов и принципов

УКЕ-1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах

УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать

основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программнымипродуктами

6.1.2 Программа оценивания контролируемой компетенции.

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции или ее части	Наименование оценочного средства	
			текущий	рубежный
1	Механика	ОПК-1ПК-1УКЕ-1	ПР №1 ЛР № 1, 2, 3 Опрос №1	КИ
2	Молекулярная физика и основы термодинамики	ОПК-1ПК-1УКЕ-1	ПР №2 ЛР № 4, 5 Опрос №2 ИДЗ	КИ

ПР – контрольная работа на практическом занятии; ИДЗ – индивидуальное домашнее задание; ЛР – лабораторная работа; КИ – контроль по итогам.

1.2. Программа оценивания контролируемой компетенции по этапам ее формирования:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции или ее части	Наименование оценочного средства		
			Текущий контроль	Рубежный контроль	Промежуточная аттестация
1	Механика	УКЕ-1, ОПК-1 ПК-1	ПР №1 ЛР №1, 2, 3 Опрос №1	КИ	Экзамен
2	Молекулярная физика и основы термодинамики	УКЕ-1, ОПК-1 ПК-1	ПР №2 ЛР №4, 5 Опрос №2 ИДЗ	КИ	

ПР – контрольная работа на практическом занятии; ЛР – лабораторная работа; ИДЗ – индивидуальное домашнее задание; КИ – контроль по итогам.

1.3. Основные показатели оценивания компетенции:

Соотнесение формируемой компетенции со знаниями, умениями и навыками приведено в следующей таблице:

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины «Общая физика (Механика. Молекулярная физика и	Средства и технологии

	основы термодинамики)» и индикаторы формирования компетенций			оценки
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)	
УКЕ-1, ОПК-1,ПК-1	З1, З2	У1	В1, В2	ПР, ИДЗ, ЛР, опрос

Основные показатели оценивания знаний, умений и навыков, необходимых для формирования компетенции, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты освоения дисциплины «Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)», подлежащие проверке.

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Основные показатели оценки результатов	Формируемые компетенции
З1 – основные физические явления и основные законы физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; З2 – основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы измерения.	Формулировка, запись и пояснение следующих понятий и формул: - путь, перемещение, скорость, ускорение и его составляющие, угловая скорость и угловое ускорение, масса, сила, сила трения, силы упругости, модуль Юнга, деформация твердого тела, импульс, центр масс, работа силы, кинетическая и потенциальная энергия, механическая энергия, упругий и неупругий удар, мощность, момент инерции, кинетическая энергия вращения, момент силы, момент импульса и закон его сохранения, сила тяжести и вес, невесомость, поле тяготения и его напряженность, работа в поле тяготения, потенциал поля тяготения, космические скорости, давление жидкости и газа; - изопроцессы, распределение Больцмана. явления переноса в термодинамически неравновесных системах, число степеней свободы молекулы, работа газа, теплоемкость. адиабатический процесс, круговой процесс (цикл), энтропия. тепловые двигатели и холодильные машины. цикл Карно и его КПД для идеального газа, эффект Джоуля-Томсона, свойства жидкостей, поверхностное натяжение, смачивание, давление под искривленной поверхностью жидкости, капиллярные явления, твердые тела, моно- и поликристаллы, испарение, сублимация, плавление и кристаллизация. Формулировка, запись и пояснение следующих законов, теорем, правил: -законы Ньютона, закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии, закон сохранения момента импульса, закон всемирного тяготения, закон Гука;	УКЕ-1, ОПК-1,ПК-1

	-закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул. первое начало термодинамики, второе начало термодинамики, уравнения переноса.	
У1 – указать, какие законы описывают данное явление или эффект, и записывать уравнения для физических величин. В1 – навыками использования основных общефизических законов и принципов в важнейших практических приложениях.	Применение знаний для решения задач по темам: - кинематика поступательного и вращательного движения, динамика поступательного движения, динамика вращательного движения, работа, энергия, законы сохранения в механике; - распределения Максвелла и Больцмана, средняя энергия молекул, первое начало термодинамики второе начало термодинамики, энтропия, работа при изопроцессах.	УКЕ-1, ОПК-1,ПК-1
В2 – навыками обработки и интерпретирования результатов эксперимента и работы с учебно-методической литературой.	Обладание умением работать с информацией, умением принять правильное решение на основе анализа исходных данных.	УКЕ-1, ОПК-1,ПК-1

1.4 Перечень оценочных средств

Характеристика оценочных средств по дисциплине представлена в таблице:

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Опрос	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы и/или тестирование	Вопросы по разделам дисциплины, фонд тестовых заданий
2	Контрольная работа на практическом занятии	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по разделу	Комплект контрольных заданий
3	Лабораторная работа	Конечный продукт, получаемый в результате выполнения комплекса учебных заданий в соответствии с заданным алгоритмом проведения работ. Позволяет оценить: 1)	Комплект лабораторных работ по разделам

		умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач; 2) владения навыками проведения эксперимента. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	
4	Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой регламентированное задание, позволяющее диагностировать: 1) знание теоретического материала (базовые понятия, определения, законы); 2) умение интегрировать знания различных разделов дисциплины; 3) владение навыками практического применения законов физики.	Комплект заданий по вариантам

Распределение баллов представлено в таблице:

Семестр	Контролируемый раздел дисциплины	Оценочные средства	Балл	
			max	min
1	Механика	Контрольная работа №1	10	6
		Лабораторные работы №1, 2, 3	15	9
		Опрос №1	10	6
	Молекулярная физика и основы термодинамики	Контрольная работа №2	12	7
		Лабораторные работы №4, 5	10	6
		Опрос №2	13	8
		ИДЗ	10	6

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
для оценки знаний, умений, навыков по дисциплине

Типовые контрольные задания представлены в соответствии с перечнем оценочных средств по дисциплине в следующей структуре:

методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

сами оценочные средства с выделением правильных ответов (для тестов и контрольных работ);

критерии и шкалы оценивания.

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

Входной контроль знаний по дисциплине «Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)» осуществляется в виде диагностического интернет- тестирования уровня знаний и умений студентов-первокурсников с помощью программы через Федеральный портал интернет-экзамена «ФЭПО» в период с 01 сентября по 31 декабря текущего учебного года.

В таблице 2.1 представлена обобщенная структура измерительных материалов для проведения диагностического тестирования по дисциплине.

В таблице 2.2 приведены результаты тестирования студентов по ВУЗу за 201_ г.

Таблица 2.1 Обобщенная структура измерительных материалов для проведения диагностического тестирования по дисциплине «Общая физика».

№ п/п	Наименование темы	Перечень учебных элементов
1	Прямолинейное равномерное движение. Ускорение. Прямолинейное равноускоренное движение	***знать:*** скорость, путь и перемещение при равномерном движении; ускорение, скорость и перемещение при равнопеременном движении ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
2	Движение точки по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центростремительное ускорение	***знать:*** центростремительное ускорение, скорость и угловое смещение при равномерном движении по окружности ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
3	Сила. Суперпозиция сил. Законы Ньютона	***знать:*** законы Ньютона ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
4	Силы в механике. Гравитационная сила (закон всемирного тяготения)	***знать:*** силу тяжести, вес тела, силу упругости, силу трения ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
5	Момент силы. Условия равновесия твердого тела	***знать:*** условия равновесия твердого тела ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
6	Давление жидкости. Закон Паскаля. Закон Архимеда. Условия плавания тел	***знать:*** закон Паскаля ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
7	Импульс тела. Закон сохранения импульса	***знать:*** закон сохранения импульса ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
8	Работа силы. Мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии	***знать:*** понятия «кинетическая энергия», «потенциальная энергия», «мощность», закон сохранения энергии ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
9	Гармонические колебания (амплитуда, фаза, период, частота). Маятники (математический и пружинный). Энергия	***знать:*** понятия «амплитуда», «фаза», «период», «частота», «энергия» колебаний ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач

	колебаний	
10	Связь между давлением и средней кинетической энергией поступательного движения молекул идеального газа. Связь температуры со средней кинетической энергией атомов вещества	***знать:*** основное уравнение молекулярно-кинетической теории ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
11	Уравнение Клапейрона - Менделеева. Изопроцессы	***знать:*** уравнение Менделеева – Клапейрона ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
12	Внутренняя энергия. Работа в термодинамике. Первый закон термодинамики. КПД тепловой машины	***знать:*** понятие «работа» в термодинамике; формулу для КПД тепловой машины ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
13	Закон сохранения заряда. Закон Кулона	***знать:*** закон Кулона ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
14	Действие электрического поля на электрические заряды. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей	***знать:*** принцип суперпозиции электростатических полей ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
15	Потенциальность электростатического поля. Разность потенциалов	***знать:*** свойства электростатического поля ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
16	Электрическая емкость. Конденсатор. Энергия электрического поля конденсатора	***знать:*** последовательное и параллельное соединение конденсаторов ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
17	Постоянный электрический ток. Сила тока. Напряжение. Закон Ома для участка цепи. Последовательное и параллельное соединение проводников	***знать:*** закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
18	Электродвижущая сила. Внутреннее сопротивление источника тока. Закон Ома для полной электрической цепи	***знать:*** закон Ома для полной электрической цепи ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
19	Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля - Ленца	***знать:*** закон Джоуля–Ленца ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
20	Магнитное поле проводника с током. Сила Ампера. Сила Лоренца	***знать:*** закон Ампера; влияние магнитного поля на движение заряженной частицы ***уметь:*** описывать и объяснять физические явления

		и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
21	Явление электромагнитной индукции. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция. Индуктивность	*уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
22	Свободные электромагнитные колебания. Колебательный контур. Вынужденные электромагнитные колебания. Резонанс	*знать:* уравнение гармонических колебаний *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
23	Прямолинейное распространение света. Закон отражения света. Построение изображений в плоском зеркале. Закон преломления света. Полное внутреннее отражение. Линзы. Оптическая сила линзы. Формула тонкой линзы. Построение изображений в линзах	*знать:* законы отражения и преломления света; формулу тонкой линзы *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
24	Интерференция света. Дифракция света. Дифракционная решетка	*знать:* понятие разности фаз, условия дифракционных минимумов и максимумов *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
25	Гипотеза М. Планка о квантах. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта	*знать:* гипотезу Планка о квантах *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач
26	Радиоактивность. Альфа-распад. Бета-распад. Гамма-распад. Закон радиоактивного распада. Нуклонная модель ядра. Заряд ядра. Массовое число ядра. Ядерные реакции	*знать:* закон смещения при альфа-, бета- и гамма-распадах; закон смещения в ядерных реакциях *уметь:* описывать и объяснять физические явления и свойства тел, результаты экспериментов, применять знания для решения физических задач

Таблица 2.2 Результаты тестирования студентов по ВУЗу за 201_ г.

Процент правильно выполненных заданий	Доля студентов
80% - 100%	
60% - 80%	
40% - 60%	
0% - 40%	
Всего	

2.2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

2.2.1 Контрольные работы на практическом занятии

Контрольная работа №1

Контрольная работа по разделу «Механика».

Задание для контрольной работы включает 2 задачи.

Продолжительность работы 40 минут.

Максимальное количество баллов за работу – 10 баллов, минимальное – 6 баллов.

Ниже представлены типовые задачи с решениями.

1. Первую половину пути тело двигалось со скоростью v_1 = 2 м/с, вторую – со скоростью v_2 = 8 м/с. Определить среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$.

Решение.

Средняя путевая скорость – это отношение всего пути, пройденного телом, ко времени его прохождения:

$\langle v \rangle = S/t$.

Первая половина пути была пройдена за время $t_1 = S_1/v_1$, вторая – за время $t_2 = S_2/v_2$; при этом по условию $S_1 = S_2 = S/2$. Тогда:

$t = t_1 + t_2 = S/(2v_1) + S/(2v_2)$;

$$v = \frac{S}{\frac{S}{2v_1} + \frac{S}{2v_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2v_1} + \frac{1}{2v_2}} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2}.$$

Подставляем численные значения:

$$v = \frac{2 \cdot 2\text{мм/} \cdot 8\text{мм/}}{2\text{мм/} + 8\text{мм/}} = 3.2\text{м.2}.$$

Ответ: $\langle v \rangle$ = 3.2 м/с.

2. Две материальные точки движутся согласно уравнениям:

$x_1 = A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$, $x_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$,

где A_1 = 4 м/с, B_1 = 8 м/с^2, C_1 = –16 м/с^3; A_2 = 2 м/с, B_2 = –4 м/с^2, C_2 = 1 м/с^3.

В какой момент времени t ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости v_1 и v_2 точек в этот момент.

Решение.

Определим скорость каждой точки как производную координаты по времени:

$v = dx/dt$; $v_1 = A_1 + 2B_1t + 3C_1t^2$, $v_2 = A_2 + 2B_2t + 3C_2t^2$.

Ускорение каждой точки определим как производную скорости (вторую производную координаты) по времени:

$a = dv/dt$; $a_1 = 2B_1 + 6C_1t$; $a_2 = 2B_2 + 6C_2t$.
В искомый момент времени ускорения одинаковы: $a_1 = a_2$, или
$2B_1 + 6C_1t = 2B_2 + 6C_2t$;
$2(B_1 - B_2) = 6(C_2 - C_1)t$;

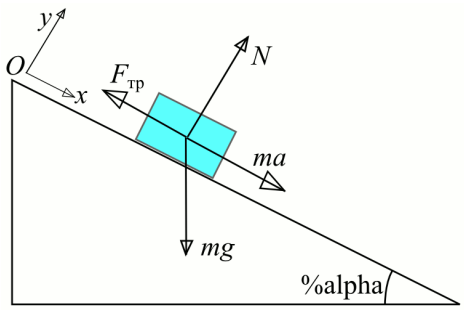
$$t = \frac{B_1 - B_2}{3(C_2 - C_1)}.$$

Подставляем численные значения:

$$t = \frac{(8-(-4))\text{м/с}^2}{3(1-(-16))\text{м/с}^3} = \frac{4}{17}\text{с} = 0.235\text{ с}.$$

Определим скорости точек в момент времени t:
$v_1 = 4\text{м/с} + 2\cdot 8\text{м/с}^2\cdot 0.235\text{с} - 3\cdot 16\text{м/с}^3\cdot(0.235\text{с})^2 = (4 + 3.84 - 3)$ м/с ≈ 5.1 м/с;
$v_2 = 2\text{м/с} - 2\cdot 4\text{м/с}^2\cdot 0.24\text{с} + 3\cdot 1\text{м/с}^3\cdot(0.24\text{с})^2 \approx (2 - 1.92 + 0.18)$ м/с ≈ 0.286 м/с.

Ответ: t = 0.235 с, $v_1 = 5.1$ м/с, $v_2 = 0.286$ м/с.



3. Наклонная плоскость, образующая угол α = 25° с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время t = 2с. Определить коэффициент трения f тела о плоскость.
Решение.
Изобразим рисунок и отметим все силы, действующие на тело. Запишем второй закон Ньютона в векторной форме:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{тр},$$

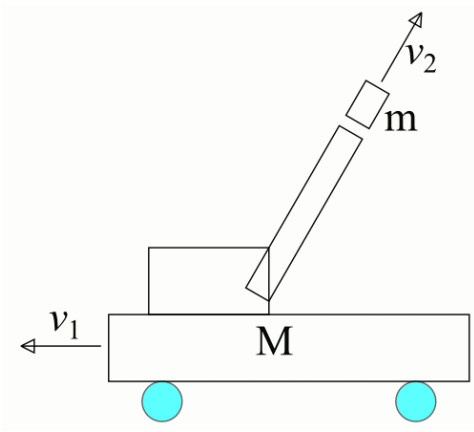
и в проекциях на оси координат (ось Ox параллельна, а ось Oy перпендикулярна направлению движения):
Ox: $ma = mg\sin\alpha - F_{тр}$, (1)
Oy: $0 = N - mg\cos\alpha$. (2)
Сила трения связана с силой реакции опоры соотношением: $F_{тр} = fN$. Тогда с учетом уравнения (2) имеем: $F_{тр} = f\,mg\cos\alpha$ (3).
Подставим (3) в (1):
$a = g\sin\alpha - f\,g\cos\alpha$. Отсюда выразим f: $f = \mathrm{tg}\,\alpha - a/(g\cos\alpha)$.
Ускорение выразим из кинематического уравнения: $s = at^2/2 \rightarrow a = 2s/t^2$, где s – длина плоскости. Окончательно для f получаем:

$$f = \mathrm{tg}\,\alpha - 2s/(g\,t^2\cos\alpha).$$

$F = 0.46 - 2\cdot 2\text{м}/(9.81\text{м/с}^2\cdot 4\text{с}^2\cdot 0.9) = 0.46 - 0.11 = 0.35$.
Ответ: f = 0.35.

4. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием M = 15 т. Орудие стреляет вверх под углом φ = 60° к горизонту в

направлении пути. С какой скоростью v_1 покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда m = 20 кг и он вылетает со скоростью v_2 = 600 м/с?
Решение.



На систему действуют две внешние силы – сила тяжести и сила реакции опоры (ж/д путей на земле); эти силы компенсируют друг друга. Поэтому данную систему можно считать замкнутой и применять к ней закон сохранения импульса. Начальный импульс системы равен нулю:

$m\vec{v}_2 + M\vec{v}_1 = 0$.

Определим ось Ox направленной горизонтально вдоль пути по направлению полета снаряда (вправо по рисунку) и запишем закон сохранения импульса в проекциях на эту ось:

$m v_2 \cos\alpha - M v_1 = 0$.

Отсюда:

$M v_1 = m v_2 \cos\alpha$, $v_1 = (m/M) v_2 \cos\alpha$.

Подставляем численные значения:

$v_1 = \frac{20к0}{1.5\cdot 10^4 кг}\cdot 600м00\cdot \cos 60° = \frac{2\cdot 6}{15}\cdot 0.5м.5 = 0.4м.4$.

Ответ: v_2 = 0.4 м/с.

5. Автомобиль идет по закруглению шоссе, радиус R кривизны которого равен 200 м. Коэффициент трения f колес о покрытие дороги равен 0.1 (гололед). При какой скорости v автомобиля начнется его занос?
Решение.
На автомобиль действует сила тяжести, скомпенсированная силой реакции опоры (дороги): mg = N. При движении автомобиля по закруглению нормальное ускорение придает сила трения скольжения, определяемая по закону Амонтона – Кулона:
$F_{тр} = fN = fmg$.
Величина нормального ускорения: $a_n = v^2/R$. Данное ускорение сообщается центростремительной силой $F_ц = ma_n = mv^2/R$.
Занос начинается, когда величина силы трения оказывается недостаточной для сообщения требуемого нормального ускорения. В предельном случае:
$F_{тр} = F_ц \rightarrow fmg = mv^2/R$, откуда
$v = \sqrt{fgR}$.
Подставим численные значения:
$v = \sqrt{0.1\cdot 9.81м.8^2\cdot 200м} = 14м4м = 50.4к0.4$.

Ответ: занос начнется при скорости v = 14 м/с = 50.4 км/ч.

6. Мотоциклист едет по горизонтальной дороге. Какую наименьшую скорость v_{min} он должен развить, чтобы, выключив мотор, проехать по треку, имеющему форму

«мертвой петли» радиусом R = 4 м? Трением и сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение.
В системе отсчета, связанной с мотоциклистом, проезжающим мертвую петлю, имеется центробежная сила инерции:
$F = mv^2/R$.
Для прохождения мертвой петли эта сила должна скомпенсировать силу тяжести:
$mv^2/R = mg$.
Отсюда выразим скорость в верхней части петли:
$v_в = \sqrt{2gR}$. (1)
По условию, мотоциклист въезжает в петлю с выключенным мотором, при этом его кинетическая энергия составляет:
$E_0 = mv_{min}^2/2$. (2)
Часть этой энергии переходит в потенциальную, величина которой в верхней части петли составляет:
$П = mgh = 2mgR$. (3)
Запишем закон сохранения энергии:
$E_0 = П + \frac{mv_в^2}{2}$, или с учетом (1)-(3):
$\frac{mv_{min}^2}{2} = 2mgR + \frac{m \cdot 2gR}{2}$,
откуда выразим искомую скорость:
$v_{min} = \sqrt{6gR}$.
Подставим численные значения:
$v_{min} = \sqrt{6 \cdot 9.81м.8^2 \cdot 4м} = 15.3м5. = 55.2к5.2$.
Ответ: v_{min} = 15.3 м/с = 55.2 км/ч.

7. Молот массой m_1 = 5 кг ударяет небольшой кусок железа, лежащий на наковальне. Масса m_2 наковальни равна 100 кг. Массой куска железа пренебречь. Удар неупругий. Определить КПД η удара молота при данных условиях.
(Полезной считать работу по деформации куска железа)

Решение.
В момент удара в системе «молот-заготовка-наковальня» возникают большие внутренние силы, так что внешними силами можно пренебречь, и считать систему замкнутой, и применять к ней закон сохранения импульса. Поскольку удар неупругий, после удара все тела движутся как единое целое. В пренебрежении массой заготовки, закон сохранения импульса имеет вид:
$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_2$. (1)
При неупругом ударе часть начальной кинетической энергии молота превращается в полезную работу по деформации заготовки. Закон сохранения и превращения энергии для данной системы имеет вид:

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = A + \frac{(m_1 + m_2) v_2^2}{2}. \quad (2)$$

КПД – это отношение полезной работы к затраченной энергии, в данном случае – отношение работы А к начальной кинетической энергии молота. Выразим КПД из (2):

$$\eta = \left(\frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{(m_1 + m_2) v_2^2}{2} \right) \cdot \frac{2}{m_1 v_1^2} = 1 - \frac{m_1 + m_2}{m_1} \cdot \frac{v_2^2}{v_1^2}. \quad (3)$$

Выразим отношение скоростей из (1):

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{m_1}{m_1 + m_2}. \quad (4)$$

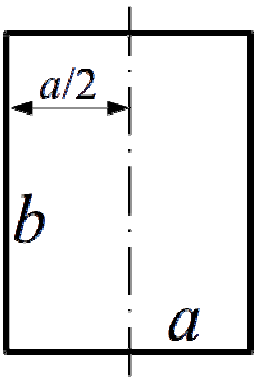
Подставим (4) в (3):

$$\eta = 1 - \frac{m_1 + m_2}{m_1} \cdot \frac{m_1^2}{(m_1 + m_2)^2} = 1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}.$$

Подставим численные значения:

$$\eta = 1 - \frac{5\,\text{кг}}{(5 + 100)\,\text{кг}} = 0.95 = 95\,\%.$$

Ответ: η = 95 %.



8. Вычислить момент инерции J проволочного прямоугольника со сторонами a = 12 см и b = 16 см относительно оси, лежащей в плоскости прямоугольника и проходящей через середины малых сторон. Масса равномерно распределена по длине проволоки с линейной плотностью τ = 0.1 кг/м.

Решение.

Момент инерции рассматриваемого тела можно определить как сумму моментов инерции его составляющих: 2 сторон *a* и 2 сторон *b*. Ось вращения проходит через середину стороны *a*, и ее момент инерции составляет:

$$J_a = \frac{m_a a^2}{12} = \frac{\tau a^3}{12}.$$

Сторону *b* можно разбить на множество материальных точек, причем радиус вращения для каждой из них равен *a*/2. Поэтому момент инерции стороны *b* определяется как для материальной точки с массой $m_b = \tau b$ и радиусом вращения *a*/2:

$$J_b = \frac{\tau b a^2}{4}.$$

Тогда момент инерции тела составляет:

$$J = 2(J_a + J_b) = \frac{\tau a^3}{6} + \frac{\tau a^2 b}{2} = \frac{\tau a^2}{2} \cdot \left(\frac{a}{3} + b \right).$$

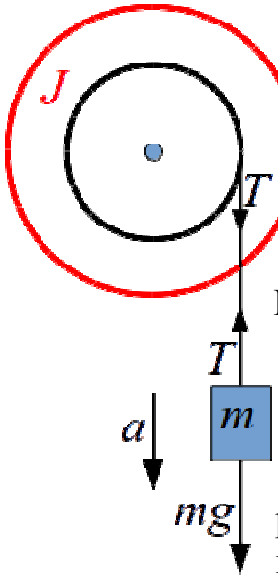
Переведем все величины в СИ, запишем их численные значения в стандартном виде и подставим в конечную формулу:

$$J = \frac{10^{-1}\,\text{кг/м}\cdot\left(1.2\cdot10^{-1}\,\text{м}\right)^2}{2}\cdot\left(\frac{1.2\cdot10^{-1}\,\text{м}}{3}+1.6\cdot10^{-1}\,\text{м}\right) = 0.72\cdot10^{-3}\,\text{кг}\cdot\text{м}\cdot2\cdot10^{-1}\,\text{м} = 1.44\cdot10^{-4}\,\text{кг}\cdot\text{м}^2$$

Ответ: J = $1.44\cdot10^{-4}$ кг·м^2.

9. На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом R = 5 см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой m = 0.4 кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь s = 1.8 м за время t = 3 с. Определить момент инерции J маховика. Массу шкива считать пренебрежимо малой.

Решение.



Момент инерции маховика выразим из основного закона динамики вращательного движения:J = M/ε. (1)

J = M/ε. (1)

Вращение маховику придает сила натяжения шнура T, которая по третьему закону Ньютона «передается» от груза к краю шкива. Момент этой силы составляет:

M = TR. (2)

Величину T определим из второго закона Ньютона для груза (проецируем силы на вертикальную ось, направленную вниз):

ma = mg – T; T = m(g – a). (3)

Ускорение выразим из кинематического уравнения равноускоренного движения, принимая начальную координату и начальную скорость груза равными нулю:

s = $at^2/2$; $a = 2s/t^2$. (4)

Связь углового и линейного ускорения выражается соотнрошением:

ε = a/R.

С учетом (4): ε = $2s/(t^2R)$. (5)

Подставив (2)-(5) в (1), получим конечную формулу:

$$J = \frac{m(g-2s/t^2)R}{2s/(t^2R)} = \frac{mR^2(g-2s/t^2)t^2}{2s} = mR^2\left(\frac{gt^2}{2s}-1\right).$$

Выразим все величины в СИ и поставим их численные значения:

$$J = 0.4\cdot25\cdot10^{-4}\cdot\left(\frac{9.81\cdot9}{2\cdot1.8}-1\right) = 2.35\cdot10^{-2}.$$

Проверим размерность конечной величины:

$$[J] = \text{кг}\cdot\text{м}^2\cdot\left(\frac{\text{м}\cdot\text{с}^2}{\text{с}^2\cdot\text{м}}-1\right) = \text{кг}\cdot\text{м}^2.$$

Ответ: $J = 2.35\cdot10^{-2}$ кг·м^2.

10. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом R = 2 м, стоит человек массой m_1 = 80 кг. Масса m_2 платформы равна 240 кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью ω будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью v = 2 м/с

относительно платформы.
(Момент инерции человека определять как для материальной точки)

Решение.
На систему «человек – платформа» действуют сила тяжести и сила реакции опор, компенсирующие друг друга. Поэтому данную систему можно считать замкнутой и применять к ней закон сохранения момента импульса. Суммарный момент импульса системы равен нулю.
Человек, идущий по краю платформы, имеет момент импульса:
$L_1 = m_1 v R$.
При этом платформа поворачивается вместе с человеком на ней. Поэтому момент импульса человека компенсируется моментом импульса системы «человек – платформа», т. е.
$m_1 v R = (J_1 + J_2)\omega$.
Моменты инерции человека (материальной точки, J_1) и платформы (диска, J_2) определяются по формулам:
$J_1 = m_1 R^2$, $J_2 = m_2 R^2/2$.
Тогда закон сохранения момента импульса примет вид:
$m_1 v R = (m_1 + m_2/2)R^2\omega$, или $m_1 v = (m_1 + m_2/2)R\omega$.
Отсюда выразим угловую скорость:

$$\omega = \frac{m_1 v}{(m_1 + m_2/2)R}.$$

Подставим значения:

$$\omega = \frac{80\text{к}0 \cdot 2\text{мм}/}{(80 + 240/2)\text{кг} \cdot 2\text{м}} = 0.4\text{р}.4\text{ра}.$$

Ответ: $\omega = 0.4$ рад/с.

11. Якорь мотора вращается с частотой n = 1500 об/мин. Определить вращающий момент M, если мотор развивает мощность N = 500 Вт.
Решение.
По определению, мощность – это работа в единицу времени:
$N = dA/dt$.
Элементарная работа силы:
$dA = Fds$.
При вращательном движении путь ds – это дуга с радиусом R и центральным углом $d\varphi$, т. е. $ds = Rd\varphi$. С учетом этого получим элементарную работу крутящего момента:
$dA = FRd\varphi = Md\varphi$.
Тогда выражение для мощности примет вид:
$N = dA/dt = Md\varphi/dt = M\omega = M \cdot 2\pi n$.
Отсюда крутящий момент равен:
$M = N/(2\pi n)$.
Подставим значения:
$M = 500\text{Вт}/(2 \cdot 3.14 \cdot 25\text{об/с}) = 3.18$ Н·м.

Проверим размерность:

$[M] = \frac{\text{Вт}}{1/\text{с}} = \frac{\text{Н}\cdot\text{м}}{\text{с}\cdot 1/\text{с}} = \text{Н}\cdot\text{м}$.

Ответ: M = 3.18 Н·м.

12. Определить линейную скорость *v* центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой h = 1 м.

Решение.

При скатывании тела с наклонной плоскости его исходная потенциальная энергия превращается в кинетическую энергию поступательного движения и кинетическую энергию вращения; закон сохранения энергии имеет вид:

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} \quad . (1)$$

Момент инерции шара J = (2/5)mR^2, угловая скорость связана с линейной соотношением ω = *v*/R. С учетом этого выражение (1) примет вид:

$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{2}{5}mR^2 \cdot \frac{v^2}{2R^2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{5} = \frac{7mv^2}{10}$, или $gh = 0.7\,v^2$.

Отсюда выразим скорость:

$v = \sqrt{10gh/7}$.

Подставим значения:

$v = \sqrt{10\cdot 9.81\text{м}.8^2 \cdot 1\text{м}/7} = 3.74\text{м}.7$.

Ответ: *v* = 3.74 м/с.

Критерии и шкалы оценивания.

9-10 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно и качественно, с подробным пояснением вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

7-9 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины.

6-7 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но без пояснений вывода конечной формулы и/или без проверки размерности конечной величины.

Менее 6 баллов выставляется, если студент не решил или решил неправильно хотя бы одну задачу.

Контрольная работа № 2

Контрольная работа по разделу «Молекулярная физика и основы термодинамики».

Задание для контрольной работы включает 2 задачи.

Продолжительность работы 40 минут.

Максимальное количество баллов за работу – 12 баллов, минимальное – 7 баллов.

Ниже представлены типовые задачи с решениями.

1. В баллоне содержится газ при температуре t_1 = 100 °С. До какой температуры t_2 (по Цельсию) нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в 2 раза?

Решение.
Газ находится в закрытом баллоне, т. е. процесс – изохорный.
Искомую температуру выразим из закона Шарля:

$$\frac{p_1}{T_1}=\frac{p_2}{T_2}, \quad T_2=\frac{p_2}{p_1}\cdot T_1, \quad \text{или} \quad t_2=\frac{p_2}{p_1}\cdot(t_1+273)-273.$$

Подставим значения:

$$t_2=\frac{2p_1}{p_1}\cdot(100+273)°C-273°C=473°C.$$

Ответ: t_2 = 473 °С.

2. Баллон объемом V = 12 л содержит углекислый газ. Давление p газа равно 1 МПа, температура T = 300 К. Определить массу m газа в баллоне.

Решение.
Выразим массу из уравнения состояния идеального газа:

$$pV=\frac{m}{M}RT \Rightarrow m=\frac{pVM}{RT}.$$

Молярная масса углекислого газа M = 44 г/моль.
Выразим все величины в СИ и подставим численные значения в формулу:

$$m=\frac{10^6\cdot 12\cdot 10^{-3}}{8.314\cdot 300}\cdot 44\cdot 10^{-3}=0.212.$$

Проверим размерность конечной величины:

$$[m]=\frac{\text{Па}\cdot\text{м}^3\cdot\text{кг}}{\text{Дж}/(\text{моль К})\cdot\text{К}\cdot\text{моль}}=\frac{\text{Па}\cdot\text{м}^3\cdot\text{кг}}{\text{Дж}}=\frac{\text{Н}/\text{м}^2\cdot\text{м}^3\cdot\text{кг}}{\text{Дж}}=\frac{\text{Н}\cdot\text{м}\cdot\text{кг}}{\text{Дж}}=\frac{\text{Дж}\cdot\text{кг}}{\text{Дж}}=\text{кг}.$$

Ответ: m = 0.212 кг.

3. Одна треть молекул азота массой m = 10 г распалась на атомы. Определить полное число N частиц, находящихся в таком газе.

Решение.
Исходное число молекул:
$N_0 = (m/M)N_A$.
Молярная масса азота M = 28 г/моль.
После распада 1/3 молекул их осталось $N_{мол} = (2/3)N_0$; при этом возникло число одиночных атомов, равное $N_{ат} = 2\cdot(1/3)N_0 = (2/3)N_0$.
Полное число частиц составляет:
$N = N_{мол} + N_{ат} = (4/3)\ (m/M)N_A$.
Подставляем значения:

$$N = \frac{4}{3}\cdot\frac{10^{-2}\text{ кг}}{2.8\cdot10^{-2}\text{ кг/моль}}\cdot6.02\cdot10^{23}\text{ моль}^{-1} = 2.85\cdot10^{23}.$$

Ответ: $N = 2.85\cdot10^{23}$ частиц.

4. Определить концентрацию n молекул идеального газа при температуре T = 300 К и давлении p = 1 мПа.

Решение.
Уравнение состояния идеального газа:

$$pV = \nu RT = \frac{N}{N_A}RT = NkT, \text{ или } p = \frac{N}{V}kT = nkT.$$

Отсюда: $n = \frac{p}{kT}$.
Подставляем значения:

$$n = \frac{10^{-3}}{300\cdot1.38\cdot10^{-23}} = 2.41\cdot10^{17}.$$

Проверим размерность конечной величины:

$$[n] = \frac{\text{Па}}{\text{К}\cdot\text{Дж/К}} = \frac{\text{Па}}{\text{Дж}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}^2\cdot\text{Н}\cdot\text{м}} = \text{м}^{-3}.$$

Ответ: $n = 2.41\cdot10^{17}$ м$^{-3}$.

5. Определить силу F, действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношение n_1/n_2 концентраций частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на Δz = 1 м, равно e. Температуру T считать везде одинаковой и равной 300 К.

Решение.
Зависимость концентрации частиц от высоты выражается барометрической формулой:

$$n = n_0\exp(-mgh/kT),$$

где n_0 – концентрация частиц на определенной высоте, принятой за начало отсчета.
Сила, действующая на частицу, составляет F = mg. Отношение концентраций частиц на уровнях, отстоящих на Δz друг от друга, имеет вид:

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{n_0\exp(-Fz_1/kT)}{n_0\exp(-Fz_2/kT)}=\exp(F\Delta z/kT)$$

Отсюда:

$$\frac{F\Delta z}{kT}=\ln\frac{n_1}{n_2}\ ,\quad F=\frac{kT}{\Delta z}\ln\frac{n_1}{n_2}$$

Подставляем значения:

$$F=\frac{1.38\cdot10^{-23}\text{ Дж/К}\cdot300\text{ К}}{1\text{ м}}\cdot1=4.14\cdot10^{-21}\text{ Н}$$

Ответ: F = $4.14\cdot10^{-21}$ Н.

6. Каковы удельные теплоемкости c_V и c_p смеси газов, содержащей кислород массой m_1 = 10 г и азот массой m_2 = 20 г?

Решение.

Удельные теплоемкости газов определяются по формулам:

$$c_V=\frac{i}{2}\frac{R}{M}\ ,\quad c_p=\frac{i+2}{2}\frac{R}{M}$$

Кислород и азот – двухатомные газы, для них число степеней свободы теплового движения молекул составляет i = 5. Молярные массы этих газов равны 32 и 28 г/моль соответственно.

Молярная масса смеси газов:

$$M=\frac{m_1+m_2}{\nu_1+\nu_2}=\frac{m_1+m_2}{m_1/M_1+m_2/M_2}$$

Произведем вычисления:

$$M=\frac{10\text{ г}+20\text{ г}}{\frac{10\text{ г}}{32\text{ г/моль}}+\frac{20\text{ г}}{28\text{ г/моль}}}=29.2\text{ г/моль}=2.92\cdot10^{-2}\text{ кг/моль}$$

$$\frac{R}{M}=\frac{8.314\text{ Дж/моль К}}{2.92\cdot10^{-2}\text{ кг/моль}}=284.7\text{ Дж/(кг К)}$$

$$c_V=\frac{5}{2}\frac{R}{M}=711.8\text{ Дж/(кг К)}\ ,\quad c_p=\frac{7}{2}\frac{R}{M}=996.5\text{ Дж/(кг К)}$$

Ответ: c_V = 711.8 Дж/(кг К), c_p = 996.5 Дж/(кг К).

7. При изохорическом нагревании кислорода объемом V = 50 л давление газа изменилось на Δp = 0.5 МПа. Найти количество теплоты Q, сообщенное газу.

Решение.

При изохорном процессе газ не совершает работы, и по первому началу термодинамики вся сообщаемая газу теплота идет на увеличение внутренней энергии:

$$Q=\Delta U=\nu C_V\Delta T\ .\ (1)$$

Молярная изохорная теплоемкость:

$$C_V = \frac{i}{2} R \quad . (2)$$

Уравнения начального и конечного состояний:

$$pV = \nu RT$$

$$(p + \Delta p) V = \nu R(T + \Delta T) \quad .$$

Эти уравнения образуют систему. При вычитании первого уравнения из второго получаем уравнение для разности состояний:

$\Delta p V = \nu R \Delta T$, откуда $\nu \Delta T = V \Delta p / R$. (3)

Подставим (3) и (2) в (1):

$$Q = \frac{i}{2} \frac{R \cdot V \Delta p}{R} = \frac{i}{2} V \Delta p \quad .$$

Подставим значения:

$$Q = \frac{5}{2} \cdot 5 \cdot 10^{-2}\,\text{м}^3 \cdot 5 \cdot 10^5\,\text{Па} = 62.5 \cdot 10^3\,\text{м}^3 \cdot \text{Н}/\text{м}^2 = 62.5\,\text{кДж} \quad .$$

Ответ: Q = 62.5 кДж.

8. Водород массой m = 10 г нагрели на ΔT = 200 К, причем газу было передано количество теплоты Q = 40 кДж. Найти изменение ΔU внутренней энергии водорода и совершенную им работу A.

Решение.

Первое начало термодинамики:

$$Q = \Delta U + A \quad .$$

Изменение внутренней энергии:

$$\Delta U = \nu C_V \Delta T = \frac{m}{M} \cdot \frac{i}{2} R \Delta T \quad .$$

Работа расширения:

$$A = Q - \Delta U \quad .$$

Произведем вычисления:

$$\Delta U = \frac{10^{-2}\,\text{кг}}{2 \cdot 10^{-3}\,\text{кг/моль}} \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314\,\text{Дж/(моль К)} \cdot 200\,\text{К} = 2.08 \cdot 10^4\,\text{Дж} = 20.8\,\text{кДж} \quad .$$

$$A = (40 - 20.8)\,\text{кДж} = 19.2\,\text{кДж} \quad .$$

Ответ: ΔU = 20.8 кДж, A = 19.2 кДж.

9. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_2 охладителя равна 290 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от $T_1' = 400$ К до $T_1'' = 600$ К?

Решение.

КПД цикла Карно:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1},$$

где T_1 – температура нагревателя, T_2 – температура холодильника.
При $T_1 = T_1'$ КПД составляет:

$$\eta_1 = 1 - \frac{290\,K}{400\,K} = 0.275.$$

При $T_1 = T_1''$ КПД составляет:

$$\eta_2 = 1 - \frac{290\,K}{600\,K} = 0.516.$$

Отношение величин КПД:
$\eta_2/\eta_1 = 0.516/0.275 = 1.87$.
Ответ: КПД увеличится в 1.87 раза.

10. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя в четыре раза выше температуры T_2 охладителя. Какую долю w количества теплоты, получаемого за один цикл от нагревателя, газ отдает охладителю?

Решение.
Совершая цикл Карно, газ получает теплоту Q_1 при изотермическом расширении с температурой T_1, причем вся эта теплота переходит в работу расширения. При изотермическом сжатии с температурой T_2 над газом совершается работа сжатия, равная отдаваемому количеству теплоты Q_2. КПД выражает ту часть полученной теплоты, которая преобразовывается в работу, и составляет:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

Остальная часть исходной теплоты отдается охладителю:

$$w = 1 - \eta.$$

С учетом выражения для КПД цикла Карно величина w составляет:

$$w = 1 - \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = \frac{T_2}{T_1}.$$

Подставив значения, получаем: w = 1/4 = 0.25.
Ответ: w = 0.25.

11. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа A_1 изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определить работу A_2 изотермического сжатия, если термический КПД цикла равен 0.2.

Решение.
По первому началу термодинамики, при изотермическом процессе вся теплота идет на совершение работы, поэтому в цикле Карно работа изотермического расширения равна теплоте, потребляемой за цикл, а работа изотермического сжатия равна теплоте, отдаваемой за цикл.

В цикле Карно положительная работа адиабатного расширения равна по модулю отрицательной работе адиабатного сжатия. Поэтому полезная работа равна разности работ расширения и сжатия при изотермических процессах.
С учетом вышесказанного, КПД цикла Карно можно определить как отношение полезной работы к работе расширения:

$$\eta = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = 1 - \frac{A_2}{A_1}.$$

Отсюда выразим работу изотермического сжатия:

$$A_2 = (1 - \eta) A_1.$$

Подставим значения:

$$A_2 = (1 - 0.2) \cdot 5ДД = 4ДД.$$

Ответ: A_2 = 4 Дж.

Критерии и шкалы оценивания.

11-12 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно и качественно, с подробным пояснением вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

8-11 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины.

7-8 баллов выставляется, если студент решил обе задачи правильно, но без пояснений вывода конечной формулы и/или без проверки размерности конечной величины.

Менее 7 баллов выставляется, если студент не решил или решил неправильно хотя бы одну задачу.

2.2.2 Опросы.

Опрос № 1

Опрос по разделу «Механика»

- включает в себя:
  - аудиторное занятие в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы, выполняется 60 минут;
  - тестирование, выполняется 30 минут;
- из приведенных вопросов формируются индивидуальные задания (варианты) по 2 вопроса;
- вариант теста содержит 8 заданий;
- оценивается:
  - ответ на каждый вопрос, максимальный балл – 7 баллов;
  - количество правильно выполненных тестовых заданий, максимальный балл – 3 балла.

Вопросы.

1. Кинематические характеристики поступательного движения: путь, перемещение, скорость, ускорение.
2. Криволинейное движение, нормальное и тангенциальное ускорения, полное ускорение.
3. Сила. Масса как мера инертности тел. Законы Ньютона.
4. Трение покоя и трение скольжения.
5. Деформации тел. Силы упругости. Закон Гука.
6. Тяготение. Закон всемирного тяготения.
7. Импульс. Закон сохранения импульса.
8. Работа силы.
9. Энергия. Кинетическая и потенциальная энергия. Закон сохранения энергии.
10. Упругие и неупругие столкновения. Теория удара.
11. Вращательное движение. Угловая скорость, угловое ускорение.
12. Момент инерции. Теорема Штейнера.
13. Момент силы относительно точки и оси.
14. Момент импульса относительно точки и оси.
15. Основное уравнение динамики вращательного движения.
16. Закон сохранения момента импульса.
17. Давление в жидкости и в газе.
18. Неразрывность струи.
19. Уравнение Бернулли. Истечение жидкости из отверстия.
20. Силы внутреннего трения. Ламинарное и турбулентное течения.
21. Течение жидкости в круглой трубе.
22. Движение тел в жидкостях и газах.

Типовые тесты.

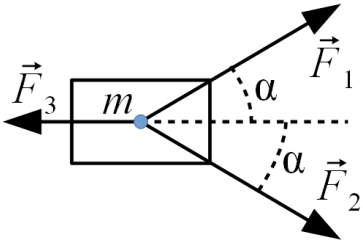
Вариант теста 1

Задание 1

В момент времени $t = 0$ из начала координат в одном направлении начинают двигаться две материальные точки: одна – равномерно со скоростью $\upsilon_1 = 3$ м/с, а вторая – равноускоренно с ускорением $a = 2$ м/с^2. Через какое время вторая точка догонит первую?

1) 1,5 с **2) 3 с** 3) 0,75 с 4) 2 с 5) 4,5 с

Задание 2



На изначально покоившееся тело массой $m = 3$ кг в момент времени $t = 0$ начинают действовать силы: $F_1 = F_2 = 3$ Н, $F_3 = 1$ Н; угол $\alpha = 30°$ (см. рис.). Определите скорость υ тела через 2 с после начала действия сил.

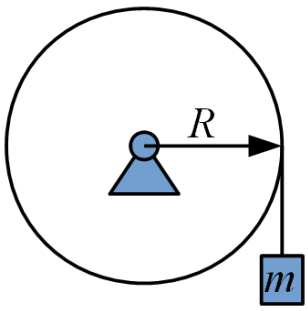
1) 2,8 м/с 2) 1,3 м/с 3) 2,1 с 4) 2 с 5) 4 с

Задание 3

Под действием силы $F = 2$ Н скорость движения тела массой $m = 5$ кг уменьшилась от $\upsilon_1 = 5$ м/с до $\upsilon_2 = 3$ м/с. Определите работу торможения.

1) 80 Дж 2) 10 Дж **3) 40 Дж** 4) 60 Дж 5) 20 Дж

Задание 4



На обод маховика радиусом $R = 0{,}2$ м намотан невесомый нерастяжимый шнур. К свободному концу шнура привязан груз массой m (см. рисунок). Под действием тяжести груза маховик раскрутился из состояния покоя до угловой скорости $\omega = 3$ рад/с за время $\Delta t = 2$ с, при этом сила натяжения шнура составляла $T = 6$ Н. Определите момент инерции маховика.

1) 0,8 кг·м^2 2) 1,8 кг·м^2 3) 0,4 кг·м^2 4) 4,8 кг·м^2 5) 2,4 кг·м^2

Задание 5

Шнур с площадью поперечного сечения $S = 4$ мм^2 под действием силы $F = 50$ Н претерпел относительное удлинение $\varepsilon_\ell = 0{,}1$ %. Определите модуль Юнга для материала шнура.

1) 25 Гпа 2) 50 ГПа 3) 250 ГПа 4) 0,125 ГПа **5) 12,5 Гпа**

Задание 6

Две звезды массой M каждая, находящиеся на расстоянии r, притягиваются с силами величиной F. Определите величину сил притяжения между другими двумя звездами, если их массы составляют $2M$ и $3M$, а расстояние между ними равно $2r$.

1) 3 F **2) 1,5 F** 3) 1 F 4) 2,5 F 5) 5 F

Задание 7

По трубе сечением $S = 10$ см^2 течет идеальная жидкость с плотностью $\rho = 1500$ кг/м^3. Скорость течения $\upsilon = 10$ м/с. Определите динамическое давление жидкости.

1) 150 кПа 2) 1500 кПа **3) 75 кПа** 4) 300 кПа 5) 225 кПа

Задание 8

Стержень имеет собственную длину $\ell_0 = 1$ м и движется в направлении своей длины со скоростью $\upsilon = 0{,}8\,c$ (c – электродинамическая постоянная). Длина ℓ этого стержня в лабораторной системе отсчета составляет:

1) 0,36 м 2) 0,8 м 3) 0,9 м **4) 0,6 м** 5) 0,64 м

Вариант теста 2

Задание 1

В момент времени $t = 0$ вдоль оси Ox начинает двигаться материальная точка согласно уравнению:

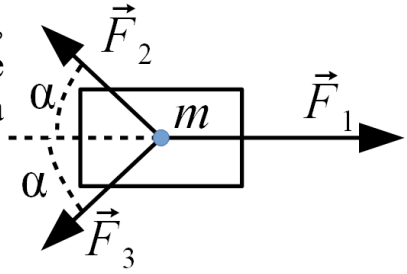
$x = 5 - 2t + 3t^2$, где x – в метрах, t – в секундах.

Определите скорость точки через 2 с после начала движения.

1) 10 м/с 2) 5 м/с 3) 13 м/с 4) 4 м/с 5) 6 м/с

Задание 2

На тело массой $m = 2$ кг действуют силы: $F_1 = 5$ Н, $F_2 = F_3 = 2$ Н; угол $\alpha = 60°$ (см. рисунок). Определите изменение импульса Δp тела, сообщаемое телу силами за время $\Delta t = 4$ с.



1) 36 Н·с 2) 4 Н·с 3) 18 Н·с 4) 8 Н·с **5) 12 Н·с**

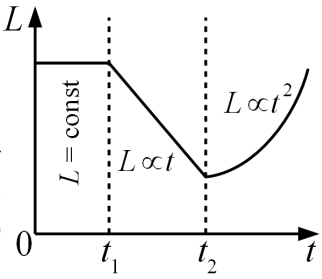
Задание 3

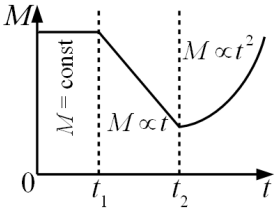
Тело массой $m = 0{,}5$ кг подбросили вертикально вверх с начальной скоростью $\upsilon_0 = 6$ м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха и принимая $g = 10$ м/с^2, определите высоту h, на которую поднимется тело.

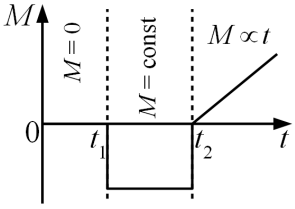
1) 30 м 2) 3 м **3) 1,8 м** 4) 7,2 м 5) 0,3 м

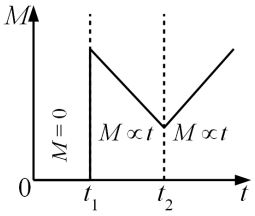
Задание 4

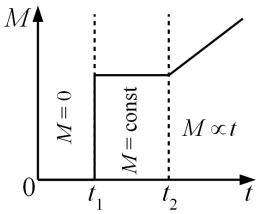
На рисунке представлена временная зависимость момента импульса $L(t)$ для некоторого маховика. Выберите график, верно отражающий временную зависимость крутящего момента $M(t)$, действующего на маховик.



1) 

2) 

3) 

4) 

Задание 5

Имеется легкий шнур длиной $\ell = 1$ м и сечением $S = 2$ см^2, модуль Юнга материала шнура $E = 25$ МПа. Каково будет абсолютное удлинение шнура под действием растягивающей силы $F = 300$ Н?

1) 6 см 2) 3 см 3) 12 см 4) 24 см 5) 9 см

Задание 6

Для некоторой планеты радиусом $R = 8 \cdot 10^6$ м первая космическая скорость составляет $\upsilon_I = 6$ км/с. Определите ускорение свободного падения вблизи поверхности этой планеты.

1) 1,33 м/с^2 2) 10,7 м/с^2 3) 9 м/с^2 **4) 4,5 м/с^2** 5) 0,75 м/с^2

Задание 7

Жидкостный насос развивает динамическое давление 450 кПа. Определите скорость струи воды ($\rho = 1000$ кг/м^3), вытекающей из выходного патрубка этого насоса.

1) 45 м/с 2) 60 м/с 3) 21,4 м/с 4) 15 м/с **5) 30 м/с**

Задание 8

Две материальные точки движутся навстречу друг другу, их скорости в покоящейся системе отсчета составляют $\upsilon_1 = 0{,}4 \cdot c$ и $\upsilon_2 = 0{,}5 \cdot c$ (c – электродинамическая постоянная). Определите скорость точки 2 относительно точки 1.

1) $0{,}75 \cdot c$ 2) $0{,}9 \cdot c$ 3) $0{,}1 \cdot c$ 4) $1 \cdot c$ 5) $0{,}5 \cdot c$

Вариант теста 3

Задание 1

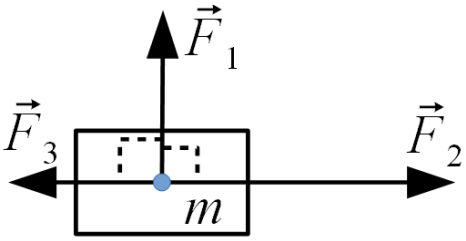
Из начала координат в момент времени $t = 0$ начинает прямолинейно двигаться материальная точка. Скорость точки зависит от времени по закону:

$\upsilon = 2 + 3t$, м/с, где t – в секундах.

Определите путь точки через 4 с после начала движения.

1) 32 м 2) 56 м 3) 28 м 4) 14 м 5) 50 м

Задание 2На изначально покоившееся тело массой $m = 2$ кг в момент времени $t = 0$ начинают действовать силы: $F_1 = 3$ Н, $F_2 = 6$ Н, $F_3 = 2$ Н. Определите скорость тела через время $\Delta t = 3$ с после начала действия сил.



На изначально покоившееся тело массой $m = 2$ кг в момент времени $t = 0$ начинают действовать силы: $F_1 = 3$ Н, $F_2 = 6$ Н, $F_3 = 2$ Н. Определите скорость тела через время $\Delta t = 3$ с после начала действия сил.

1) 6 м/с 2) 3 м/с 3) 10,5 м/с **4) 7,5 м/с** 5) 2 м/с

Задание 3

Автомобиль массой $m = 1500$ кг, двигавшийся со скоростью $\upsilon = 10$ м/с, начинает тормозить и проходит до полной остановки путь $s = 20$ м. Какова сила торможения?

1) 0,75 кН 2) 1,5 кН **3) 3,75 кН** 4) 7,5 кН 5) 3 кН

Задание 4

На изначально покоившийся маховик с моментом инерции $J = 0{,}5$ кг·м^2 в момент времени $t = 0$ начинает действовать крутящий момент $M = 3$ Н·м. Определите кинетическую энергию маховика через время $t = 4$ с после начала вращения.

1) 144 Дж 2) 288 Дж 3) 96 Дж 4) 72 Дж 5) 192 Дж

Задание 5

Трос имеет сечение $S = 1$ см^2 и изготовлен из материала с модулем Юнга $E = 200$ ГПа. При какой максимальной силе растяжения F относительное удлинение шнура не превысит $\varepsilon_\ell = 0{,}003$?

1) 30 кН **2) 60 кН** 3) 150 кН 4) 15 кН 5) 67 кН

Задание 6

На некоторой планете радиусом $R = 8 \cdot 10^6$ м ускорение свободного падения вблизи поверхности составляет $g = 4$ м/с^2. Определите для этой планеты вторую космическую скорость.

1) 32 км/с **2) 8 км/с** 3) 20 км/с 4) 16 км/с 5) 11,4 км/с

Задание 7

Имеется бак высотой $h = 1$ м с краном, установленным в нижней части. Бак доверху заполняют водой, затем открывают кран. Определить объемный расход воды (dV/dt), если сечение струи составляет $S = 2$ см^2. Принять $g = 10$ м/с^2.

1) 2 л/с 2) 0,4 л/с 3) 1,5 л/с 4) 0,5 л/с **5) 0,9 л/с**

Задание 8

Частица массой покоя $m_0 = 4$ а.е.м. движется со скоростью $\upsilon = 0{,}6\,c$ (c – электродинамическая постоянная; а.е.м. – атомная единица массы). Определите релятивистскую массу m этой частицы.

1) 6 а.е.м. **2) 5 а.е.м.** 3) 8 а.е.м. 4) 16 а.е.м. 5) 11 а.е.м.

Критерии и шкалы оценивания

Максимальный балл за письменные ответы на вопросы – 7 баллов, минимальный – 4 балла.

6,3-7,0 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями, законами и моделями.

4,9-6,3 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, но недостаточно разъяснил взаимосвязи между основными понятиями, законами и моделями.

4,0-4,9 балла выставляется, если студент продемонстрировал только ключевые знания основных понятий, законов, моделей без разъяснения взаимосвязей между ними.

Менее 4,0 баллов выставляется, если студент не продемонстрировал ключевые знания основных понятий.

Максимальный балл за тест – 3 балла, минимальный – 2 балла.
3 балла выставляется, если студент правильно решил 8 заданий;
2,5 балла выставляется, если студент правильно решил 6-7 заданий;
2 балла выставляется, если студент правильно решил 5 заданий;
Менее 2 баллов выставляется, если студент правильно решил менее 5 заданий.

Опрос № 2

Опрос по разделу «Молекулярная физика и основы термодинамики»

- включает в себя:
  - аудиторное занятие в виде письменных ответов обучающихся на заданные вопросы, выполняется 60 минут;
  - тестирование, выполняется 30 минут;
- из приведенных вопросов формируются индивидуальные задания (варианты) по 2 вопроса;
- вариант теста содержит 8 заданий;
- оценивается:
  - ответ на каждый вопрос, максимальный балл – 8 баллов;
  - количество правильно выполненных тестовых заданий, максимальный балл – 5 баллов.

Вопросы.

1. Опытные законы идеального газа Уравнение состояния идеального газа.
2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов.
3. Закон распределения молекул по скоростям и энергиям теплового движения.
4. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
5. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах.
6. Внутренняя энергия системы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
7. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.
8. Теплоемкость идеального газа. Адиабатический процесс. Политропный процесс.
9. Круговой процесс (цикл). Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Второе начало термодинамики.
10. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его КПД.
11. Силы и энергия межмолекулярного взаимодействия.
12. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса и их анализ.
13. Внутренняя энергия реального газа. Фазовые превращения.
14. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание.
15. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Капиллярные явления.

Типовые тесты.

Вариант теста 1

Задание 1

Идеальный газ в количестве $\nu = 3$ моль находится под давлением $p = 400$ кПа при

температуре $T = 300$ К. Определите объем газа. $R = 8{,}31$ Дж/(моль·К).
1) 18,7 л 2) 6,23 л 3) 37,4 л 4) 8,65 л 5) 22,4 л

Задание 2
На некоторой высоте h_0, принятой за ноль, атмосферное давление составляет $p_0 = 100$ кПа. На высоте $h_1 = 1$ км давление составляет $p_1 = 80$ кПа. Чему равно атмосферное давление на высоте $h_2 = 2$ км?
1) 60 кПа 2) 50 кПа **3) 64 кПа** 4) 40 кПа 5) 20 кПа

Задание 3
В некотором идеальном газе с параметрами (p_0, V_0, T_0) средняя длина свободного пробега молекул равна ℓ_0. Чему станет равна длина свободного пробега, если нагреть газ изобарно до температуры $T_1 = 3T_0$?
1) $1{,}73\ell_0$ 2) $9\ell_0$ 3) $0{,}33\ell_0$ **4) $3\ell_0$** 5) $0{,}58\ell_0$

Задание 4
Идеальный одноатомный газ находится под давлением $p_1 = 200$ кПа при температуре $T_1 = 400$ К. Газ нагревается изобарно, при этом его объем изменяется от $V_1 = 0{,}1$ м^3 до $V_2 = 0{,}3$м^3. Определите работу газа в этом процессе.
1) 60 кДж **2) 40 кДж** 3) 120 кДж 4) 24 кДж 5) 200 кДж

Задание 5
Идеальный двухатомный газ, находившийся под давлением $p_0 = 300$ кПа, адиабатически расширился, при этом его объем увеличился от $V_0 = 50$ л до $V_1 = 200$ л. Определите давление p_1 газа после расширения.
1) 75 кПа 2) 37,5 кПа 3) 60,5 кПа 4) 21,6 кПа **5) 43,2 кПа**

Задание 6
Тепловая машина за цикл потребляет от нагревателя теплоту $Q_н = 10$ кДж и отдает холодильнику теплоту $Q_х = 6$ кДж. Чему равен КПД этой машины?
1) 40 % 2) 60 % 3) 67 % 4) 30 % 5) 25 %

Задание 7
Реальный газ в количестве $\nu = 2$ моль находится в сосуде объемом $V = 3$ л. Поправка b Ван-дер-Ваальса для этого газа составляет $b = 3\cdot10^{-5}$ м^3/моль. Чему равен объем сосуда, не занятый молекулами газа?
1) 2,99 л 2) 2,4 л **3) 2,94 л** 4) 1,5 л 5) 2 л

Задание 8
Определите высоту h, на которую поднимется вода в капилляре диаметром $d = 0{,}2$ мм при полном смачивании, если поверхностное натяжение $\sigma = 73$ мН/м, $g = 10$ м/с^2.
1) 36,5 мм **2) 73 мм** 3) 7,3 мм 4) 14,6 мм 5) 52,1 мм

Вариант теста 2

Задание 1

Идеальный газ в количестве $\nu = 40$ моль находится в баллоне объемом $V = 50$ л при температуре $T = 300$ К. Определите давление газа. Принять $R = 8{,}3$ Дж/(моль·К).

1) 3,1 МПа **2) 2,0 МПа** 3) 2,8 МПа 4) 0,2 МПа 5) 0,3 МПа

Задание 2

При подъеме на высоту $h_1 = 1$ км атмосферное давление снизилось от $p_0 = 100$ кПа до $p_1 = 90$ кПа. Каково будет атмосферное давление на высоте $h_2 = 3$ км?

1) 64 кПа 2) 56 кПа 3) 70 кПа 4) 50 кПа **5) 73 кПа**

Задание 3

Некоторый идеальный газ с параметрами (p_0, V_0, T_0) имеет вязкость η_0. Чему станет равна вязкость после изотермического расширения газа до объема $V_1 = 4\ V_0$?

1) η_0 2) $2\ \eta_0$ 3) $4\ \eta_0$ 4) $\eta_0/2$ 5) $\eta_0/4$

Задание 4

При изохорном нагревании двухатомного идеального газа, взятого в количестве $\nu = 5$ моль, его температура возросла от $T_1 = 300$ К до $T_2 = 500$ К. Определите количество теплоты Q, подведенное к газу. Принять $R = 8{,}3$ Дж/(моль·К).

1) 29,05 кДж **2) 20,75 кДж** 3) 31,13 кДж 4) 43,58 кДж 5) 21,79 кДж

Задание 5

Идеальный одноатомный газ в количестве $\nu = 2$ моль, находившийся при температуре $T_0 = 300$ К, был адиабатически сжат; работа сжатия составила $A = 4980$ Дж. Определите температуру газа после сжатия. $R = 8{,}3$ Дж/(моль·К).

1) 500 К 2) 420 К 3) 600 К 4) 400 К 5) 630 К

Задание 6

В идеальной тепловой машине нагреватель имеет температуру $T_н = 800$ К, холодильник – $T_х = 500$ К. Какую температуру холодильника нужно установить, чтобы повысить КПД машины в 2 раза?

1) 300 К 2) 400 К 3) 250 К **4) 200 К** 5) 150 К

Задание 7.

Реальный газ в количестве $\nu = 2$ моль находится в сосуде объемом $V = 1$ л при температуре $T = 300$ К. Поправка a Ван-дер-Ваальса составляет $a = 0{,}7$ Н·м^4/моль^2. Пренебрегая поправкой b, определите, на сколько давление данного газа отличается от давления идеального газа при тех же условиях.

1) 0,7 кПа **2) 2,8 кПа** 3) 1,4 кПа 4) 4,2 кПа 5) 2,1 кПа

Задание 8
Определите молярную теплоемкость поваренной соли (NaCℓ) по закону Дюлонга – Пти. Принять R = 8,3 Дж/(моль·К).
1) 49,8 Дж/(моль·К) 2) 24,9 Дж/(моль·К) 3) 74,7 Дж/(моль·К)
4) 12,5 Дж/(моль·К) 5) 20,8 Дж/(моль·К)

Вариант теста 3

Задание 1
Идеальный газ содержится в баллоне объемом V = 50 л под давлением p = 2 МПа при температуре T = 320 К. Определите количество вещества. Принять R = 8,3 Дж/(моль·К).
1) 37,7 моль 2) 26,5 моль 3) 96,4 моль 4) 48,2 моль 5) 25,9 моль

Задание 2
Считая воздух однородным идеальным газом с молярной массой M = 29 г/моль, определите наиболее вероятную скорость «молекул воздуха» при температуре T = 300 К. Принять R = 8,3 Дж/(моль·К).
1) 468 м/с 2) 508 м/с **3) 414 м/с** 4) 496 м/с 5) 405 м/с

Задание 3
Некоторый идеальный газ с параметрами (p_0, V_0, T_0) имеет теплопроводность λ_0. Чему станет равна теплопроводность после изобарного расширения газа до объема $V_1 = 4\ V_0$?
1) $4\lambda_0$ 2) λ_0 3) $2{,}8\lambda_0$ **4) $2\ \lambda_0$** 5) $1{,}4\ \lambda_0$

Задание 4
Расширяясь изобарно, двухатомный идеальный газ совершил работу A = 400 Дж. Определите изменение внутренней энергии газа.
1) 1400 Дж **2) 1000 Дж** 3) 600 Дж 4) 1800 Дж 5) 900 Дж

Задание 5
Идеальный двухатомный газ, занимавший объем V_1 = 20 л при температуре T_1 = 800 К, адиабатически расширился до объема V_2 = 100 л. Определите конечную температуру T_2 газа.
1) 84 К 2) 272 К 3) 494 К 4) 580 К **5) 420 К**

Задание 6
Идеальная тепловая машина имеет КПД η = 30 % при температуре нагревателя $T_н$ = 600 К. Определите температуру холодильника $T_х$.
1) 180 К 2) 360 К **3) 420 К** 4) 200 К 5) 450 К

Задание 7
Реальный газ в количестве ν = 2 моль занимает объем V = 0,5 л. Поправка a Ван-дер-Ваальса составляет a = 0,4 Н·м^4/моль^2. Определите внутреннее давление p'.

1) 6,4 МПа 2) 0,8 МПа 3) 4 МПа 4) 4,5 МПа 5) 8 МПа

Задание 8
Некоторая жидкость плотностью $\rho = 1500$ кг/м^3 поднялась в капилляре диаметром $d = 1$ мм на высоту $h = 3$ мм. Считая смачивание полным, определите коэффициент поверхностного натяжения этой жидкости. Принять $g = 10$ м/с^2.
1) 45 мН/м 2) 15 мН/м 3) 37,5 мН/м **4) 22,5 мН/м** 5) 27 мН/м

Критерии и шкалы оценивания

Максимальный балл за письменные ответы на вопросы – 8 баллов, минимальный – 5 баллов.

8 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями, законами и моделями.

6-7 баллов выставляется, если студент продемонстрировал ключевые знания, но недостаточно разъяснил взаимосвязи между основными понятиями, законами и моделями.

5-6 баллов выставляется, если студент продемонстрировал только ключевые знания основных понятий, законов, моделей без разъяснения взаимосвязей между ними.

Менее 5 баллов выставляется, если студент не продемонстрировал ключевые знания основных понятий.

Максимальный балл за тест – 5 баллов, минимальный – 3 балла.
5 баллов выставляется, если студент правильно решил 7-8 заданий;
4 балла выставляется, если студент правильно решил 6-7 заданий;
3 балл выставляется, если студент правильно решил 5-6 заданий;
Менее 3 баллов выставляется, если студент правильно решил менее 5 заданий.

2.2.3 Лабораторные работы.

Лабораторные работы по разделу «Механика»

№1.0 Фронтальная лабораторная работа. Определение плотности тел правильной геометрической формы

Цель работы: ознакомление с приемами измерения линейных размеров тел при помощи штангенциркуля; ознакомление с приемами измерения массы тел на технических весах; ознакомление с методикой обработки результатов и оценки погрешностей прямых и косвенных измерений.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой измерение физической величины? Что такое единица измерения?
2. Определения метра, килограмма, секунды.
3. Назовите причины возникновения погрешностей, виды погрешностей и способы их уменьшения.
4. Что называют абсолютной и относительной погрешностью? Доверительным интервалом?
5. Как определяют приборную погрешность линейки, штангенциркуля?
6. Какие измерения называют прямыми измерениями? Как проводится обработка результатов прямых измерений?
7. Какие измерения называют косвенными измерениями? Как проводится обработка результатов косвенных измерений?
8. Как определяют погрешности универсальных постоянных (π, e) и величин, взятых из таблиц?
9. Как определяют погрешности величин, заданных на установках?
10. Сформулируйте правила окончательной записи результатов измерений.

№ 1.1 «Изучение движения тел по наклонной плоскости»

Цель работы: изучение влияния силы трения и момента инерции на движение тел по наклонной плоскости.

Контрольные вопросы

1. Законы Ньютона. Физический смысл массы и силы.
2. Запишите второй закон Ньютона для тела, соскальзывающего с наклонной плоскости равномерно, равноускоренно.
3. Как определить скорость поступательного движения соскальзывающего тела, скатывающегося тела? Какова связь между угловой и линейной скоростями?
4. Каковы причины возникновения сил трения?
5. От чего зависит коэффициент трения?
6. Чему равна работа переменной силы?
7. Что такое энергия? Чему равна кинетическая энергия поступательного движения, вращательного?
8. Сформулируйте закон сохранения механической энергии. Запишите закон сохранения энергии применительно к движению тела по наклонной плоскости.
9. Влияет ли момент инерции тела на линейную скорость тела у основания

наклонной плоскости (при прочих равных условиях)? Как это можно объяснить?

№ 1.2 «Изучение законов прямолинейного движения на машине Атвуда»

Цель работы: определение опытным путем ускорения свободного падения.

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте законы Ньютона. Каков физический смысл массы и силы?
2. От чего зависит натяжение нити при движении системы в данной работе?
3. Какие Вы знаете методы определения ускорения свободного падения?
4. Поясните вывод формулы для ролика: $(T_1 - T_2)r = \frac{m_р r^2}{2} \cdot \frac{a}{r}$.
5. Поясните вывод рабочей формулы: $g = \frac{(2m_0 + m + m_р / 2)S_2^2}{2mS_1 t^2}$.

№ 1.2а «Изучение законов прямолинейного движения на машине Атвуда»

Цель работы: Определение опытным путем ускорения свободного падения.

Контрольные вопросы.

1. Сформулируйте законы Ньютона. Каков физический смысл массы и силы?
2. От чего зависит натяжение нити при движении системы в данной работе?
3. Какие Вы знаете методы определения ускорения свободного падения?
4. Поясните вывод формул:

$$g = \frac{m_1 + m_2}{m_2 - m_1} a, \quad a = \frac{2h}{t^2}.$$

№ 1.3, 1.3а «Эксперементальное определение момента инерции вращающейся системы»

Цель работы: исследование особенностей проявления закона сохранения энергии и определение моментов инерции металлических колец.

Контрольные вопросы.

1. Законы Ньютона. Физический смысл массы и силы.
2. Какие силы называются консервативными?
3. Сформулируйте закон сохранения энергии механического движения. При каких условиях, для каких систем тел этот закон выполняется?
4. Чему равно изменение механической энергии системы тел в общем случае?
5. Что такое момент инерции? Дать математическое определение, выяснить, от чего он зависит и каков его физический смысл.
6. Основной закон динамики вращательного движения.
7. Запишите закон сохранения энергии применительно к движению маятника:
   - а) без учета сил сопротивления;
   - б) с учетом сил сопротивления.

8. Объясните вывод формулы: $F_{тр} = mg\frac{h_1 - h_2}{h_1 + h_2}$

№ 1.5 «Определение моментов инерции твердых тел методом крутильных колебаний»

Цель работы: ознакомление с экспериментальным методом определения моментов инерции тел с помощью упругих крутильных колебаний.

Контрольные вопросы.

1. Законы Ньютона. Физический смысл массы и силы.
2. Сформулируйте закон сохранения энергии механического движения. При каких условиях, для каких систем тел энергия механического движения не меняется со временем?
3. Чему равно изменение механической энергии системы тел в общем случае?
4. Что такое момент инерции? Дать математическое определение, выяснить, от чего он зависит и каков его физический смысл.
5. Теорема Штейнера.
6. Определение момента силы относительно точки и оси вращения.
7. Основной закон динамики вращательного движения.
8. Какие колебания называются гармоническими, крутильными? От чего зависит период упругих крутильных колебаний?
9. Каков физический смысл коэффициента упругости проволоки?
10. Какие превращения энергии происходят во время упругих крутильных колебаний?
11. Объясните методику измерений моментов инерции тел в данной работе.

№ 1.5а «Определение моментов инерции твердых тел методом крутильных колебаний»

Цель работы: ознакомление с экспериментальным методом определения моментов инерции тел с помощью упругих крутильных колебаний.

Контрольные вопросы.

1. Законы Ньютона. Физический смысл массы и силы.
2. Сформулируйте закон сохранения энергии механического движения. При каких условиях, для каких систем тел энергия механического движения не меняется со временем?
3. Чему равно изменение механической энергии системы тел в общем случае?
4. Что такое момент инерции? Дать математическое определение, выяснить, от чего он зависит и каков его физический смысл.
5. Теорема Штейнера.
6. Определение момента силы относительно точки и оси.
7. Основной закон динамики вращательного движения.

8. Какие колебания называются гармоническими? крутильными? От чего зависит период упругих крутильных колебаний?

9. Каков физический смысл коэффициента упругости проволоки?

10. Для определения моментов инерции тел требуется определить момент инерции пустой рамки (по периоду ее колебаний). Для чего же проводится измерение периода колебаний нагруженной рамки?

11. Какие превращения энергии происходят во время упругих крутильных колебаний?

№1.6, 1.6а «Изучение динамики вращательного движения»

Цель работы: проверка опытным путем основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека и определение момента инерции системы.

Контрольные вопросы.

1. Законы Ньютона. Физический смысл массы и силы.
2. Момент инерции: определение, физический смысл. От чего зависит момент инерции твердого тела?
3. Теорема Штейнера.
4. Понятие момента силы относительно точки и оси.
5. Основной закон динамики вращательного движения.
6. Запишите основной закон динамики поступательного движения и основной закон динамики вращательного движения в применении к маятнику Обербека.
7. Почему в том случае, когда грузы расположены ближе к оси вращения, время движения меньше?
8. При любом ли расположении грузов на стержнях можно пользоваться формулой (8) для вычисления момента инерции?
9. Какая сила создает вращающий момент в данной работе? От каких параметров системы она зависит?
10. Для чего необходимо отбалансировать маятник?
11. Меняется ли вращающий момент при изменении положения грузиков на стержнях? при изменении шкива? при изменении движущей массы?
12. Каковы должны быть разности $\left|\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} - \frac{M_1}{M_2}\right|$ и $\left|\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_3} - \frac{J_3}{J_2}\right|$, если опыты проведены правильно?

№ 1.7а «Соударение шаров»

Цель работы: проверка закона сохранения импульса на примере прямого центрального соударения шаров из различных материалов, подвешенных на нитях, определение характера наблюдаемых ударов (упругий, неупругий), силы удара, коэффициентов восстановления.

Контрольные вопросы

1. Законы Ньютона. Физический смысл массы и силы.
2. Сформулируйте закон сохранения импульса. Каковы условия его применения?
3. Сформулируйте закон сохранения энергии механического движения. При каких условиях, для каких систем тел энергия механического движения не меняется со временем?
4. Чему равно изменение механической энергии системы тел в общем случае?
5. Что такое удар? На какие фазы можно разделить процесс соударения?
6. Какой удар называется центральным, прямым?
7. Какой удар называется абсолютно упругим, абсолютно неупругим? Какие законы сохранения можно применить к упругому и неупругому ударам?
8. Что называется коэффициентом восстановления скорости, энергии? От чего зависят эти коэффициенты?
9. Объясните результаты ваших опытов. Наблюдался ли абсолютно упругий и абсолютно неупругий удар?
10. Как можно рассчитать скорость шаров после удара, если известны их скорости до удара?

№ 1.8 «Изучение законов сохранения энергии и момента импульса с помощью баллистического маятника»

Контрольные вопросы

1. Законы Ньютона. Физический смысл массы и силы.
2. Закон сохранения механической энергии.
3. Момент инерции: определение, физический смысл. От чего зависит момент инерции?
4. Теорема Штейнера.
5. Понятия момента силы и момента импульса относительно точки и оси.
6. Основной закон динамики вращательного движения.
7. Закон сохранения момента импульса.
8. Какие колебания называются гармоническими? Какие силы участвуют в создании гармонических колебаний крутильного маятника?
9. Как рассчитывается момент инерции системы?
10. Каким способом меняется момент инерции?
11. «Обстрел» маятника производился с одним вариантом расположения грузов на стержне. Для чего же определяются периоды колебаний при двух вариантах расположения грузов?
12. Поясните вывод формул:

$$\upsilon = \frac{J\omega_0}{mr}, \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T}\alpha_{max}, \quad J_1 = \frac{2m(R_2^2 - R_1^2)}{(T_2/T_1)^2 - 1}, \quad J_2 = \frac{2m(R_2^2 - R_1^2)}{1 - (T_1/T_2)^2}.$$

№ 1.8а «Изучение законов сохранения энергии и момента импульса с помощью баллистического маятника» (вариант 1)

Цель работы: ознакомление с принципом работы баллистического крутильного маятника; определение скорости полета пули, попавшей в него.

Контрольные вопросы.

1. Законы Ньютона. Физический смысл массы и силы.
2. Закон сохранения механической энергии.
3. Момент инерции: определение, физический смысл. От чего зависит момент инерции?
4. Теорема Штейнера.
5. Понятия момента силы и момента импульса относительно точки и оси.
6. Основной закон динамики вращательного движения.
7. Закон сохранения момента импульса.
8. Какие колебания называются гармоническими? Какие силы участвуют в создании гармонических колебаний крутильного маятника?
9. Как рассчитывается момент инерции системы?
10. Каким способом меняется момент инерции?
11. Для определения скорости пули «выстрелы» производились по <u>пустой</u> рамке, т.е. требовалось определить момент инерции <u>пустой</u> рамки. Для чего же проводились измерения периода колебаний <u>нагруженной</u> рамки?
12. Поясните вывод формул:

$$\upsilon = \frac{J\omega_0}{mr},\ \omega_0 = \frac{2\pi}{T}\varphi_{max},\ J_{\text{р}} = m_{\text{гр}} \cdot \left(2_1^2 + r_1^2\right) \cdot \frac{T_0^2}{T_1^2 - T_0^2},\ J = J_{\text{р}} + m_{\text{гр}} \cdot \left(2_1^2 + r_1^2\right).$$

№ 1.9а «Изучение закона сохранения момента количества движения с помощью гироскопа»

Цель работы: изучение законов сохранения момента импульса, определения угловой скорости процессии и момента инерции гироскопа.

Контрольные вопросы

1. Что называется моментом силы и моментом импульса тела относительно неподвижной точки и относительно неподвижной оси?
2. Какая физическая величина служит основной динамической характеристикой вращающегося тела?
3. От чего зависит момент инерции тела? Какую роль он играет во вращательном движении?
4. Сформулируйте закон динамики для вращательного движения.
5. Что называется гироскопом?
6. Как определить направление момента силы?
7. Изменится ли скорость прецессии с изменением положения противовеса?
8. Изменится ли скорость прецессии с изменением угловой скорости маховика?
9. Изменится ли момент инерции маховика при изменении положения противовеса?
10. Изменится ли момент инерции маховика при изменении его угловой скорости?

№ 1.10«Определение модуля Юнга методом изгиба»

Цель работы: изучение упругих деформаций различных материалов.

Контрольные вопросы

1. Что такое ось изгиба?
2. Что такое нейтральная линия?
3. Что такое стрела прогиба?
4. Что такое напряжение? Тангенциальное и нормальное напряжение.
5. Что такое натяжение и давление? Чем отличаются эти понятия?
6. Из круглого бревна диаметра D требуется изготовить балку прямоугольного поперечного сечения, чтобы ее изгиб был минимальным. Определить ширину a и толщину h такой балки.

№ 1.11«Определение модуля сдвига при помощи крутильного маятника»

Цель работы: Ознакомиться с деформациями сдвига, кручения и методами определения модуля сдвига на основе деформации кручения.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте и запишите закон Гука.
2. Какие бывают виды деформации? Опишите их и дайте определения характеризующих их величин.
3. Дайте определения модуля сдвига и модуля кручения. Выразите связь между этими величинами.
4. Выведите формулу для расчета относительной и абсолютной ошибок в определении модуля сдвига и модуля кручения.

№ 1.12«Определение коэффициентов трения качения и трения скольжения с помощью наклонного маятника»

Цель работы: определение коэффициентов трения скольжения и трения качения шара по пластине.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды сил трения? В чем отличие между ними?
2. Физический смысл коэффициента трения качения и трения скольжения.
3. Почему тепловоз может тянуть за собой состав намного большей массы, чем он сам? Ведь сила трения, действующая на состав, пропорциональна весу состава.
4. На гладкой горизонтальной поверхности лежит шероховатая доска, на ней лежит брусок. Доску начинают двигать в горизонтальном направлении. Действует ли сила трения на брусок? на доску? в каком направлении?
5. Какая сила создает горизонтальное ускорение автомобиля при старте?

Лабораторный практикум по разделу «Механика» включает в себя 3 работы. За защиту каждой лабораторной работы выставляется максимум 5 баллов.

4,5-5,0 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил работу по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

3,5-4,5 балла выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

3,0-3,5 балла выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если работа выполнена и защищена позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 3,0 баллов выставляется, если работа не защищена.

Таким образом, по разделу:

13-15 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил все работы по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

10-13 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

9-10 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если все работы выполнены и защищены позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 9 баллов выставляется, если не защищена хотя бы одна работа.

Лабораторные работы по разделу «Молекулярная физика и основы термодинамики»

№1.14 «Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме»

Цель работы: изучение тепловых процессов в идеальном газе, ознакомление с методом Клемана – Дезорма и экспериментальное определение отношения молярных теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме.

Контрольные вопросы

1. Модель идеального газа. Опытные законы и уравнение состояния идеального газа.
2. Какие виды теплоемкости Вам известны?
3. От чего зависит теплоемкость газов? Почему $C_p > C_V$?
4. Что называется числом степеней свободы? Как зависят от числа степеней свободы C_V и γ? Зная γ (из опыта), рассчитайте число степеней свободы молекулы воздуха
5. Каков физический смысл универсальной газовой постоянной R?
6. Объясните изменение температуры газа в процессе опыта.
7. Почему адиабата при расширении газа спадает круче, чем изотерма?
8. Выведите уравнение Пуассона для адиабатического процесса.

№1.15 «Определение коэффициента вязкости воздуха» (вариант 1)

Цель работы: изучить внутреннее трение, как одно из явлений переноса в газах.

Контрольные вопросы

1. Модель идеального газа. Опытные законы и уравнение состояния идеального газа.
2. Напишите выражение для среднеквадратичной скорости молекул идеального газа. Пояснить его происхождение.
3. Приведите известные вам формы уравнения состояния идеального газа.
4. Как связаны средняя длина свободного пробега ℓ и число z столкновений, испытываемых в среднем каждой молекулой за одну секунду?
5. Оцените среднее расстояние $\langle r \rangle$ между молекулами азота при условиях, близких к нормальным.
6. В потоке газа, направленном вдоль оси x, скорость газа u_x растет в положительном направлении оси Z. Куда направлен обусловленный неоднородностью u_x поток импульса?
7. Вычислите среднюю длину свободного пробега ℓ молекул газообразного азота, находящегося при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекулы азота положить равным $d = 0{,}37$ нм.
8. Во сколько раз средняя длина свободного пробега ℓ молекул азота, находящегося при нормальных условиях, больше среднего расстояния между молекулами?

9. Азот находится при нормальных условиях. Найдите среднюю частоту столкновений z.

10. Напишите в переменных (p, V) уравнение процесса, в котором сохраняется z.

11. Как зависит ℓ от абсолютной температуры T идеального газа, если последний совершает адиабатический процесс?

12. Как зависит z от T идеального газа в изохорическом процессе?

13. Идеальный газ, состоящий из жестких двухатомных молекул, совершает адиабатический процесс. Как зависит ℓ в этом процессе от давления p?

14. Определите характер зависимости от температуры T и давления p газа его коэффициента вязкости η.

15. Как изменится коэффициент вязкости η идеального газа, если объем газа увеличить изотермически в 4 раза?

16. Идеальный газ состоит из жестких двухатомных молекул. Как и во сколько раз изменится η, если объем газа адиабатически уменьшить в 10 раз?

№ 1.15 а. «Определение коэффициента вязкости воздуха» (вариант 2)

Цель работы: изучить внутреннее трение как одно из явлений переноса в газах.

Контрольные вопросы

1. Модель идеального газа. Опытные законы и уравнение состояния идеального газа.

2. Напишите выражение для среднеквадратичной скорости молекул идеального газа. Пояснить его происхождение.

3. Приведите известные вам формы уравнения состояния идеального газа.

4. Как связаны средняя длина свободного пробега ℓ и число z столкновений, испытываемых в среднем каждой молекулой за одну секунду?

5. Что такое вязкость? Какая величина переносится за счет вязкости?

6. В потоке газа, направленном вдоль оси Ox, скорость газа u_x растет в положительном направлении оси Oz. Куда направлен поток импульса, обусловленный вязкостью?

7. Во сколько раз средняя длина свободного пробега ℓ молекул азота, находящегося при нормальных условиях, больше среднего расстояния между молекулами?

8. Напишите в переменных (p, V) уравнение процесса, в котором не изменяется z.

9. Как зависит от абсолютной температуры T вязкость идеального газа, если последний совершает адиабатический процесс?

10. Как зависит z от T идеального газа в изохорическом процессе?

11. Идеальный газ, состоящий из жестких двухатомных молекул, совершает адиабатический процесс. Как зависит ℓ в этом процессе от давления p?

12. Определите характер зависимости от температуры T и давления p газа его коэффициента вязкости η.

13. Как изменится коэффициент вязкости η идеального газа, если объем газа увеличить изотермически в 4 раза?

14. Идеальный газ состоит из жестких двухатомных молекул. Как и во сколько раз изменится η, если объем газа адиабатически уменьшить в 10 раз?

№1.16 «Изучение зависимости скорости звука в воздухе от температуры»

Цель работы: провести измерения скорости звука в воздухе при различных температурах, построить график зависимости $\upsilon_{зв}(t)$ и сравнить эту зависимость с теоретической.

Контрольные вопросы

1. Модель идеального газа. Опытные законы и уравнение состояния идеального газа.
2. Адиабатный процесс. Вывод уравнения адиабаты из первого начала термодинамики.
3. Что называется коэффициентом Пуассона и как он связан с числом степеней свободы молекулы?
4. Как зависит скорость звука в газе от температуры газа?
5. Выведите формулу: $\upsilon = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$.

№1.17 «Определение изменения энтропии при нагревании и плавлении олова»

Цель работы: определение изменения энтропии при фазовом переходе первого рода на примере плавления олова.

Контрольные вопросы

1. Что такое фазовый переход первого рода?
2. Что такое энтропия?
3. Чему равно изменение энтропии идеального газа при изопроцессах и при адиабатическом процессе?
4. Выведите формулу изменения энтропии при нагревании и плавлении кристаллического тела.
5. В чем заключается метод определения изменения энтропии при нагревании и плавлении олова, который использован в данной работе?
6. До какой температуры нужно нагревать олово в тигле при выполнении эксперимента?
7. Каковы основные источники погрешностей данного метода измерений?

№1.18 «Определение теплопроводности воздуха»

Цель работы: изучение процесса теплопередачи и определение теплопроводности воздуха.

Контрольные вопросы

1. Модель идеального газа. Опытные законы и уравнение состояния

идеального газа.

2. В чем сущность явлений переноса? При каких условиях возникают явления переноса?

3. Выведите формулу (1) для теплопроводности воздуха в описываемом эксперименте.

4. Объясните физическую сущность закона Фурье.

5. Какова связь между температурой и средней кинетической энергией молекул?

6. Какой вывод можно сделать из сравнения графиков $j(\Delta T)$ и $j(U_н/U_р)$?

7. Зависит ли теплопроводность газа от числа молекул в единице объема, от давления? Почему?

8. Сформулируйте зависимость теплопроводности газа от длины свободного пробега, средней скорости молекул, плотности и теплоемкости газа. Объясните физическую сущность полученного выражения.

№1.19 «Определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара»

Цель работы: определение коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара по скорости испарения жидкости из капилляра.

Контрольные вопросы

1. Модель идеального газа. Опытные законы и уравнение состояния идеального газа.

2. В чем заключается явление диффузии? Какая физическая величина переносится при диффузии?

3. Напишите формулу закона Фика и объясните физический смысл коэффициента диффузии.

4. Какое явление называется испарением жидкости? Как влияет состояние динамического равновесия жидкости и ее пара на процесс испарения жидкости?

5. Какой пар называется насыщенным? Что такое плотность насыщенного пара?

6. Что такое парциальное давление? Как можно определить давление смеси газов?

7. Что такое относительная влажность? Как можно измерить эту величину?

8. В чем заключается метод определения коэффициента взаимной диффузии воздуха и водяного пара по скорости испарения жидкости из капилляра?

9. Объясните, почему скорость диффузии много меньше тепловой скорости молекул.

№1.20 «Исследование теплоемкости твердого тела»

Цель работы: Ознакомиться с теорией теплоемкости, а также с одним из методов экспериментального определения удельной теплоемкости твердых тел и определить удельные теплоемкости стали, алюминия и латуни.

Контрольные вопросы

1. Что такое степени свободы системы? Что собой представляют степени свободы теплового движения молекул в твердом теле, жидкости, газе? Закон Больцмана о распределении энергии по степеням свободы.
2. Что называется теплоемкостью тела, удельной и молярной теплоемкостью?
3. Теплоемкость твердых тел. Закон Дюлонга – Пти.
4. Понятие о квантовой теории теплоемкости Эйнштейна и Дебая.
5. Вывод рабочей формулы: $C_{\text{уд}} = \dfrac{IU(\tau_2 - \tau_1)}{m\Delta\Delta}$.

№1.21 «Определение молекулярной газовой постоянной методом откачки»

Цель работы: Определение молярной (универсальной) газовой постоянной R – константы состояния идеального газа, одинаковой для всех газов.

Контрольные вопросы.

1. Модель идеального газа. Опытные законы идеального газа, изопроцессы.
2. Что такое универсальная газовая постоянная?
3. Выведите из опытных законов идеального газа уравнение Менделеева – Клапейрона для одного моля газа и для произвольной массы газа.
4. Выведите формулу для определения универсальной газовой постоянной методом откачки.
5. Как связаны постоянные R, число Авогадро N_A и постоянная Больцмана k?

Критерии и шкалы оценивания.

Лабораторный практикум по разделу «Молекулярная физика и основы термодинамики» включает в себя 2 работы. За защиту каждой лабораторной работы выставляется максимум 5 баллов.

4,5-5,0 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил работу по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

3,5-4,5 баллов выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части,

заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

3,0-3,5 баллов выставляется, если работа выполнена и защищена по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если работа выполнена и защищена позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 3,0 баллов выставляется, если работа не защищена.

Таким образом, по разделу:

9-10 баллов выставляется, если студент выполнил и защитил все работы по графику, качественно выполнил измерительную и расчетную части, подготовил развернутое заключение, продемонстрировал знание основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражалось в уверенных ответах на контрольные вопросы.

7-9 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, но имеются незначительные замечания по измерительной части, расчетной части, заключению, продемонстрированы знания основных понятий и взаимосвязей между ними, что выражается в уверенных ответах на контрольные вопросы.

6-7 баллов выставляется, если все работы выполнены и защищены по графику, имеются незначительные замечания по измерительной и расчетной части, дано неполное заключение, продемонстрированы знания основных понятий без взаимосвязей между ними, что выражается в неуверенных ответах на контрольные вопросы; либо если все работы выполнены и защищены позже срока, предусмотренного графиком.

Менее 6 баллов выставляется, если не защищена хотя бы одна работа.

2.2.4 Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ)

Комплекты задач (варианты) для ИДЗ формируются в соответствии с учебно-методическим пособием для выполнения индивидуальных домашних заданий. Комплект (вариант) включает по 5 задач на каждый раздел. Максимальный балл за ИДЗ – 10 баллов.

Типовые задачи для ИДЗ.

Задача 1. При падении камня в колодец его удар о поверхность воды доносится через 3 минуты. Принимая скорость звука равной 330 м/с, определить глубину колодца.

Дано:	***СИ***	
$t = 3$ с $\upsilon = 330$ м/с		Решение:1) Расстояние, пройденное камнем, определим по формуле: 1) Расстояние, пройденное камнем, определим по формуле:
h-?		

$$h = \frac{g t_1^2}{2} \qquad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, g = 9,8 м/с^2,
t_1 – время движения камня.

2) Расстояние, пройденное звуковой волной, составляет

$$h = \upsilon t_2 \qquad (2)$$

где υ – скорость звука, t_2- время движения звуковой волны.

3) Выразим время движения звуковой волны через общее время t $(t = t_1 + t_2)$, откуда

$$t_2 = t - t_1. \qquad (3)$$

4) Приравняем правые части уравнений (1) и (2) , учтем соотношение (3)и решим полученное уравнение относительно неизвестной переменной t_1:

$$\frac{g t_1^2}{2} = \upsilon (t - t_1) \qquad (4)$$

$$g t_1^2 + 2\upsilon t_1 - 2\upsilon t = 0,$$

$$t_{1,2} = -\frac{\upsilon}{g} \pm \sqrt{\left(\frac{\upsilon}{g}\right)^2 + \frac{2\upsilon t}{g}}.$$

$$t_{1,2} = -\frac{330}{9,8} \pm \sqrt{\left(\frac{330}{9,8}\right)^2 + \frac{2 \cdot 330 \cdot 3}{9,8}},$$

$$t_{1,2} = -33,67 \pm 36,55\,c$$

Поскольку переменная t должна удовлетворять условию $t > 0$, то решению удовлетворяет только один корень t =2,877 с.

5) Найдем из (1) искомую глубину колодца

$$h = \frac{9{,}8 \cdot 2{,}877^{\,2}}{2} = 40{,}56\ м.$$

Ответ: h= 40,56 м.

Задача 2. Груз массой m = 45 кг вращается на канате длиной l = 5,0 м в горизонтальной плоскости, совершая n = 16,0 об/мин. Какой угол α с вертикалью образует канат и какова сила его натяжения T?

Дано:	**СИ**
m = 45 кг	
l = 5,0 м	
n = 16,0 об/мин	0,27 об/с
α - ? T - ?	

Решение1) На груз действуют сила тяжести mg и сила натяжения T каната (рис. 1). По второму закону Ньютона:

1) На груз действуют сила тяжести mg и сила натяжения T каната (рис. 1). По второму закону Ньютона:

$$mg + T = ma$$

Так как движение по окружности происходит с постоянной по модулю скоростью, то полное ускорение тела в данной задаче –это нормальное ускорение, направленное к центру окружности радиуса R:

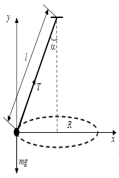


Рисунок 1 – Пояснение к задаче 2

$$a = a_n = \frac{v^2}{R} = 4\pi^2 n^2 R,$$

где n - частота вращения груза.

2) Введем систему координат таким образом, чтобы ось Ox была направлена в сторону направления нормального ускорения. Запишем уравнение (1) в проекциях на оси Ox и Oy:

$$T\sin\alpha = m{\cdot}4\pi^2 n^2 R,$$

$$T\cos\alpha - mg = 0.$$

Из рис. 1 видно, что

$$R = l\sin\alpha. \qquad (5)$$

3) Решив совместно уравнения (3) и (4) с учетом (5), имеем

$$T = m{\cdot}4\pi^2 n^2 l, \quad \alpha = \arccos(g / 4\pi^2 n^2 l).$$

4) Подставив числовые значения величин в единицах СИ и выполнив вычисление, находим:

$$T = 45{\cdot}4{\cdot}3{,}14^2{\cdot}0{,}267^2{\cdot}5 = 0{,}63\ кН,$$

$$\alpha = \arccos(9{,}8 / (4{\cdot}3{,}14^2{\cdot}0{,}267^2{\cdot}5{,}0) = 45^{\circ}.$$

Ответ: T = 0,63 кН, α = 45°.

Задача 3. На горизонтальную ось насажен шкив радиуса R = 30 см. На шкив намотан шнур, к свободному концу которого подвесили гирю массой m = 1,5 кг (рис. 2). Считая массу шкива M = 5 кг равномерно распределенной по ободу, определить ускорение a, с которым будет опускаться гиря, силу натяжения T нити и силу давления N шкива на ось.

Дано:	***СИ***
R = 30 см	0,3 м
m = 1,5 кг	
M = 5 кг	
a - ? T - ?	
N - ?	

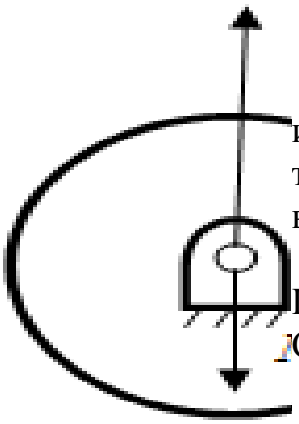
Решение:1) Поскольку ускорение центра инерции шкива равно нулю и шкив только вращается, то второй закон Ньютона для движения центра инерции твердого тела примет вид:

1) Поскольку ускорение центра инерции шкива равно нулю и шкив только вращается, то второй закон Ньютона для движения центра инерции твердого тела примет вид:

$$\sum F_i = ma_C = 0 \qquad (1)$$

Основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела:

$$\sum M_i = J\varepsilon \qquad (2)$$



2) На шкив действуют силы тяжести Mg, натяжения T нити и реакции N оси. Так как все три вектора параллельны одной и той же прямой, уравнение (1) можно записать в скалярном виде:

$$Mg + T - N = 0.$$

Шкив вращается под действием лишь момента силы T. Следовательно, уравнение (2) преобразуется к виду:

$$TR = J\varepsilon$$

3) Масса шкива распределена по ободу, поэтому его момент инерции определяется по формуле:

$$J = MR^2$$

4) Уравнения (3) и (4), описывающие движение шкива, содержат три неизвестных: T, N и ε. Недостающее уравнение запишем, применив второй закон Ньютона для поступательного движения гири:

$$mg - T = ma. \qquad (6)$$

5) Поскольку шнур сматывается со шкива без проскальзывания, ускорение гири равно линейному ускорению точек на ободе шкива.

Следовательно:

$$\varepsilon = \frac{a}{R} \qquad (7)$$

6) Подставив (5) и (7) в (4), получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} Mg + T - N = 0 \\ T = Ma \\ ma = mg - T \end{cases} \qquad (8)$$

7) Выразим из системы (8) все три неизвестные величины:

$$ma = mg - Ma$$

$$a = \frac{mg}{m+M}, \tag{9}$$

$$T = Ma = M\frac{mg}{m+M}, \tag{10}$$

$$N = Mg + T = Mg + \frac{Mmg}{m+M} = \frac{M(M+2m)g}{m+M}. \tag{11}$$

8) Подставим в уравнения (9)–(11) числовые значения:

$$a = \frac{1{,}5\text{ кг}\cdot 9{,}8\text{ м/с}^2}{1{,}5\text{ кг}+5\text{ кг}} = 2{,}3\text{ м/с}^2$$

$$T = 5\text{ кг}\frac{1{,}5\text{ кг}\cdot 9{,}8\text{ м/с}^2}{1{,}5\text{ кг}+5\text{ кг}} = 11{,}3\text{ Н}$$

$$N = \frac{5\text{ кг}\cdot(5\text{ кг}+2\cdot 1{,}5\text{ кг})\cdot 9{,}8\text{ м/с}^2}{1{,}5\text{ кг}+5\text{ кг}} = 60{,}3\text{ Н}$$

Ответ: a = 2,3 м/с^2, T = 11,3 Н, N = 60, 3 Н.

Задача 4. Круглая платформа радиуса R = 1 м, момент инерции которой J = 150 кг·м^2, вращается по инерции вокруг вертикальной оси, делая n_1 = 1,5 об/с. На краю платформы стоит человек, масса которого m = 50 кг. Сколько оборотов в секунду n_2 будет совершать платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

Дано:
R = 1 м
n = 1,5 об/с
J = 150 кг·м^2
m = 50 кг
n_2-?

Решение:1) Согласно условию задачи, платформа с человеком вращается по инерции. Это означает, что результирующий момент всех внешних сил, приложенных к вращающейся системе, равен нулю. Поэтому для системы «платформа – человек» выполняется закон сохранения момента импульса:

1) Согласно условию задачи, платформа с человеком вращается по инерции. Это означает, что результирующий момент всех внешних сил, приложенных к вращающейся системе, равен нулю. Поэтому для системы «платформа – человек» выполняется закон сохранения момента импульса:

$$L_1 = L_2. \tag{1}$$

где L_1 – начальный момент импульса системы (человек стоит на краю платформы), L_2 – конечный момент импульса системы (человек стоит в центре платформы).

2) Начальный момент импульса системы равен:

$$L_1 = J_1 w_1 = (J + mR^2)2\pi n_1, \tag{2}$$

где mR^2 – момент инерции человека, $J_1 = J + mR^2$ – начальный момент инерции системы, w_1 – ее начальная угловая скорость.

Конечный момент импульса системы равен:

$$L_2 = J_2 w_2 = 2J\pi n_2 \tag{3}$$

где J_2 и w_2 – конечные момент инерции и угловая скорость системы.

3) Приравняем правые части уравнений (2) и (3):

$$2(J+mR^2)\pi n_1 = 2J\pi n_2,$$

откуда

$$n_2 = (J+mR^2)n_1/J \tag{4}$$

4) Подставим в (4) числовые значения:

$$n_2 = \frac{(150\,\text{кг}\cdot\text{м}^2 + 50\,\text{кг}\cdot 1^2\,\text{м}^2)\cdot 1{,}5\,\text{об/с}}{150\,\text{кг}\cdot\text{м}^2} = 2{,}0\,\text{об/с}.$$

Ответ: n_2 = 2,0 об/с.

Задача 5. Определить импульс и кинетическую энергию электрона, движущегося со скоростью 0,7*c* (*c* – скорость света в вакууме).

Дано: υ=0,7*c*	**Решение:** Импульсом частицы называется произведение массы частицы на скорость ее движения:
p-? *T* - ?	

Импульсом частицы называется произведение массы частицы на скорость ее движения:

$$p = m\upsilon.$$

Так как скорость электрона близка к скорости света, то необходимо учесть зависимость массы от скорости, определяемую по формуле:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}, \tag{2}$$

где m – масса движущейся частицы, m_0 – масса покоящейся частицы, $\beta = \upsilon/c$.

Подставляя (2) в (1) получим:

$$p = \frac{m_0\upsilon}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{m_0 c\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}. \tag{3}$$

Подставим в (3) численные значения:

$$p = 9{,}1\cdot 10^{-31}\,\text{кг}\cdot 3\cdot 10^8\,\text{м/с}\cdot\frac{0{,}7}{\sqrt{1-0{,}49}} = 2{,}7\cdot 10^{-22}\,\text{кг}\cdot\text{м/с}$$

Кинетическая энергия T в релятивистской механике определяется как разность между полной энергией частицы $E = mc^2$ и ее энергией покоя $E_0 = m_0c^2$, т.е. с учетом (2):

$$T = E - E_0 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} - m_0c^2 = m_0c^2\left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right). \tag{4}$$

Подставим в (4) численные значения:

$$T = 9{,}1\cdot 10^{-31}\,\text{кг}\cdot 3\cdot 10^8\,\text{м/с}\left(\frac{1}{\sqrt{1-0{,}49}} - 1\right) = 3{,}3\cdot 10^{-14}\,\text{Дж}$$

***Ответ*:** $p = 2{,}7\cdot 10^{-22}$ кг·м/с, $T = 3{,}3\cdot 10^{-14}$Дж.

Задача 6. Азот массой m = 7 г при температуре T_1 = 290 К находится под давлением P_1 = 0,1 МПа. Вследствие изобарного нагревания азот занял объем V_2 = 10 л. Найти: 1) объем V_1 газа до расширения; 2) температуру t_2 газа после расширения; 3) плотности газа до и после расширения.

Дано:	***СИ***
$\mu=2{,}8\cdot10^{-2}$ *кг/моль*	
$m=7\cdot10^{-3}$ *кг*	
$P_1=10^5$ *Па = const*	
$T_1=290$ *К*	
$V_2=10$*л*	10^{-2} *м*^{3}
$P_2=P_1$	
V_1-?; t_2-?;	
ρ_1-?; ρ_2 -?	

Решение:Найдем объем газа до расширения, используя уравнение Клапейрона- Менделеева:
Найдем объем газа до расширения, используя уравнение Клапейрона- Менделеева:

$P_1V_1=\frac{m}{\mu}RT_1$, отсюда $V_1=\frac{mRT_1}{\mu P_1}$.

Записав уравнение Клапейрона – Менделеева для конечного состояния, найдем температуру T_2:

$P_1V_2=\frac{m}{\mu}RT_2$, отсюда $T_2=\frac{P_2V_2\mu}{mR}$,

тогда $t_2=T_2-273$. Плотности газа до и после расширения равны, соответственно:

$\rho_1=\frac{m}{V_1}$ и $\rho_2=\frac{m}{V_2}$.

Подставив значения и произведя вычисления, получим:

Ответ: V_1=6,02л; t_2=208°С; ρ_1=1,16кг/м^3; ρ_2=0,7кг/м^3.

Задача 7. Пылинки массой m = 10^{-21} кг взвешены в воздухе. Определить толщину слоя воздуха, в пределах которого концентрация пылинок различается на 1% ($\frac{\Delta n}{n}=0{,}01$). Считать, что температура во всех слоях воздуха одинаковая и равна T = 300 К.

Дано:	***СИ***
$m=10^{-21}$ кг	
$\frac{\Delta n}{n}=0{,}01$	0,2 м
$T=300$ К	
Δh - ?	

Решение:Поскольку концентрация пылинок равномерно изменяется с высотой h, применим формулу Больцмана:

Поскольку концентрация пылинок равномерно изменяется с высотой h, применим формулу Больцмана:

$$n=n_0\exp(-U/kT),$$

где U – потенциальная энергия частиц, $U = mgh$; k – постоянная Больцмана, $k=1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К.

В итоге получим:

$$n=n_0\exp(-mgh/kT). \quad (2)$$

По условию задачи $\Delta n << n$ ($\frac{\Delta n}{n}=0{,}01$), поэтому заменим изменение концентрации Δn на дифференциал dn. Продифференцируем (2) по h:

$$dn=-n_0\frac{mg}{kT}\exp(-mgh/kT)dh. \quad (3)$$

С учетом (2) получим:

$$dn=-\frac{mg}{kT}n\,dh. \quad (4)$$

Выразим из (4) искомую толщину слоя:

$$dh = -\frac{kT}{mg}\frac{dn}{n}. \qquad (5)$$

Знак минус в (5) показывает, что с увеличением высоты ($dh > 0$), концентрация молекул падает, поэтому $\Delta n < 0$.Опустим знак минус (в данной задаче он не существенен) и заменим дифференциалы конечными приращениями:

$$\Delta h = -\frac{kT}{mg}\frac{\Delta n}{n}. \qquad (6)$$

Подставим в (6) числовые значения:

$$\Delta h = -\frac{1{,}38\cdot 10^{-23}\,\text{Дж/К}\cdot 300\text{К}}{10^{-21}\,\text{кг}\cdot 9{,}8\text{м},8^2}\cdot 0{,}01 = 4{,}23\cdot 10^{-3}\,\text{м} = 4{,}23\text{м},\ .$$

Ответ: $\Delta h = 4,23$ мм.

Задача 8. Кислород массой 320 г нагревают при постоянном давлении от 300 до 310 К. Определить количество теплоты, поглощенное газом, изменение внутренней энергии и работу расширения газа.

Дано:	***СИ***
m= 320 г T_1 = 300 К T_2 = 310 К	0,32 кг
Q -? ΔU -? A -?	

Решение:Количество теплоты, необходимое для нагревания газа при постоянном давлении, определим из первого начала термодинамики:

Количество теплоты, необходимое для нагревания газа при постоянном давлении, определим из первого начала термодинамики:

$$Q = \frac{m}{\mu}C_p(T_2 - T_1), \qquad (1)$$

где C_p – молярная изобарная теплоемкость, $C_p = \frac{i+2}{2}R$, i = 5 для кислорода как двухатомного газа; μ – молярная масса газа, μ = 32 г/моль = $32\cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Подставим в (1) числовые значения в СИ:

$$Q = \frac{0{,}32}{32\cdot 10^{-3}}\frac{7}{2}\cdot 8{,}31\cdot(310-300) = 2908{,}5.$$

Проверим размерность полученной величины:

$$[Q] = \frac{\text{кг}\cdot\text{моль}}{\text{кг}}\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}\cdot\text{К} = \text{Дж}.$$

Q = 2908,5 Дж.

Изменение внутренней энергии газа:

$$\Delta U = \frac{m}{\mu}C_V(T_2 - T_1). \qquad (2)$$

Подставляя числовые значения, с учетом $C_V = \frac{i}{2}R$, получим: $\Delta U = \frac{0{,}32}{32\cdot 10^{-3}}\frac{5}{2}\cdot 8{,}31\cdot 10 = 2080$.

Проверим размерность:

$$[\Delta U] = \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{кг}} \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} = \text{Дж}.$$

$\Delta U = 2080$ Дж.

Работа расширения газа при изобарном процессе:

$$A = p \Delta V, \tag{3}$$

где $\Delta V = V_2 - V_1$.

Изменение объема газа при расширении можно найти из уравнения Клапейрона–Менделеева. Для двух состояний газа при изобарном процессе имеем:

$$p V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1, \tag{4}$$

$$p V_2 = \frac{m}{\mu} R T_2. \tag{5}$$

Вычитая почленно (5) из (4), получим:

$$p(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1) \tag{6}$$

Подставляя (6) в (3), находим:

$$A = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1).$$

Подставим значения: $A = \frac{0{,}32}{32 \cdot 10^{-3}} \cdot 8{,}31 \cdot (310\text{К} - 300\text{К}) = 830$.

Проверим размерность: $[A] = \frac{\text{кг} \cdot \text{моль}}{\text{кг}} \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{К} = \text{Дж}$.

***Ответ*:** $Q = 2910$ Дж, $\Delta U = 2080$ Дж, $A = 830$ Дж.

Задача 9. Объем $V_1 = 7{,}5$ л кислорода адиабатически сжимается до объема $V_2 = 1$ л. В конце сжатия устанавливается давление $p_2 = 1{,}6$ МПа. Под каким давлением находился газ до сжатия?

Дано:	***СИ***
$V_1 = 7{,}5$ л	
$V_2 = 1$ л	
$p_2 = 1{,}6$ МПа	$1{,}6 \cdot 10^6$ Па
p_1 - ?	

Решение:Уравнение Пуассона:

Уравнение Пуассона:

$pV^{\gamma} = \text{const}$,

где γ –показатель адиабаты, для кислорода $\gamma = 1{,}4$.

Запишем уравнение Пуассона в виде:

$$p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma}.$$

Отсюда: $p_1 = p_2 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma}$

Подставим числовые значения:

$$p_1 = 1{,}6 \cdot 10^6 \text{ Па} \left(\frac{1 \text{ л}}{7{,}5 \text{ л}}\right)^{1{,}4} = 9{,}529 \cdot 10^4 \text{ Па} = 95{,}29 \text{ кПа}.$$

***Ответ*:** $p_1 = 95{,}29$ кПа.

Задача 10. На какую высоту h поднимается глицерин в капилляре, внутренний диаметр которого равен 1 мм? Смачивание считать полным.

Дано:	***СИ***
d = 1 мм	10^{-3} м
$\rho = 1{,}26 \cdot 10^3$ кг/м^3	
$\alpha = 62 \cdot 10^{-3}$Н/м	
h - ?	

Решение: Высота подъема жидкости в капиллярной трубке:

Высота подъема жидкости в капиллярной трубке:

$$h = \frac{2\alpha \cos\vartheta}{\rho g R},$$

где ϑ – краевой угол, R – радиус канала трубки, $R = d/2$; ρ – плотность жидкости, α – коэффициент поверхностного натяжения жидкости, g – ускорение свободного падения.

При полном смачивании стенок трубки жидкостью $\vartheta = 0$, $\cos\vartheta = 1$. Поэтому:

$$h = \frac{4\alpha}{\rho g d}.$$

Подставим численные значения:

$$h = \frac{4 \cdot 62 \cdot 10^{-3}}{1{,}26 \cdot 10^3 \cdot 9{,}8 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-4}.$$

Проверим размерность:

$$[h] = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{с}^2}{\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \frac{\text{с}^2}{\text{кг}} = \text{м}.$$

$h = 2 \cdot 10^{-4}$ м = 20 мм.

***Ответ*:** h = 20 мм.

Критерии и шкалы оценивания.

9-10 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи с подробными пояснениями вывода конечной формулы и проверкой размерности конечной величины.

7-9 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи, но дал недостаточные пояснения вывода конечной формулы или не проверил размерность конечной величины в части задач.

6-7 баллов выставляется, если студент правильно решил все задачи, но не дал пояснений по ходу решения и не проверил размерность конечной величины в большей части задач.

Менее 6 баллов выставляется, если студент не решил или неправильно решил хотя бы одну задачу.

2.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.

Формой промежуточной аттестации является экзамен в конце семестра, проводимый в традиционной форме.

2.3.1 Оценочные средства для проведения экзамена.

Вопросы.

1. Механическое движение. Скорость. Ускорение
2. Законы Ньютона. Первый закон Ньютона. Масса. Сила. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона.
3. Закон сохранения импульса. Центр масс и закон его движения. Движение тела переменной массы.
4. Энергия, работа, мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.
5. Соударение тел.
6. Кинематика вращательного движения твердого тела. Закон сохранения момента импульса.
7. Динамика твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Кинетическая энергия вращательного движения.
8. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения. Космические скорости.
9. Работа в поле тяготения. Потенциал поля тяготения.
10. Механический принцип относительности Галилея. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца.
11. Релятивистский закон сложения скоростей. Интервал между событиями.
12. Основной закон релятивистской динамики .Закон взаимосвязи массы и энергии.
13. Деформации твердого тела.
14. Описание движения жидкостей. Уравнение Бернулли и следствия из него.
15. Вязкость (внутреннее трение). Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкостей.
16. Опытные законы идеального газа Уравнение состояния идеального газа.
17. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов.
18. Закон распределения молекул по скоростям и энергиям теплового движения.
19. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
20. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах.
21. Внутренняя энергия системы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.
22. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

23. Теплоемкость идеального газа. Адиабатический процесс. Политропный процесс.
24. Круговой процесс (цикл). Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Второе начало термодинамики.
25. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его КПД.
26. Силы и энергия межмолекулярного взаимодействия.
27. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса и их анализ.
28. Внутренняя энергия реального газа. Фазовые превращения.
29. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание.
30. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Капиллярные явления.

Задачи.

Раздел «Механика».

1. Первую половину пути тело двигалось со скоростью v_1 = 2 м/с, вторую — со скоростью v_2 = 8 м/с. Определить среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$.

2. Две материальные точки движутся согласно уравнениям:
$x_1 = A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$, $x_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$,
где A_1 = 4 м/с, B_1 = 8 м/с^2, C_1 = –16 м/с^3; A_2 = 2 м/с, B_2 = –4 м/с^2, C_2 = 1 м/с^3.
В какой момент времени t ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости v_1 и v_2 точек в этот момент.

3. Наклонная плоскость, образующая угол α = 25° с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время t = 2с. Определить коэффициент трения f тела о плоскость.

4. На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием M = 15 т. Орудие стреляет вверх под углом φ = 60° к горизонту в направлении пути. С какой скоростью v_1 покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда m = 20 кг и он вылетает со скоростью v_2 = 600 м/с?

5. Автомобиль идет по закруглению шоссе, радиус R кривизны которого равен 200 м. Коэффициент трения f колес о покрытие дороги равен 0.1 (гололед). При какой скорости v автомобиля начнется его занос?

6. Мотоциклист едет по горизонтальной дороге. Какую наименьшую скорость v_{min} он должен развить, чтобы, выключив мотор, проехать по треку, имеющему форму «мертвой петли» радиусом R = 4 м? Трением и сопротивлением воздуха пренебречь.

7. Молот массой m_1 = 5 кг ударяет небольшой кусок железа, лежащий на наковальне. Масса m_2 наковальни равна 100 кг. Массой куска железа пренебречь. Удар неупругий. Определить КПД η удара молота при данных условиях.

(Полезной считать работу по деформации куска железа)

8. Вычислить момент инерции J проволочного прямоугольника со сторонами a = 12 см и b = 16 см относительно оси, лежащей в плоскости прямоугольника и проходящей через середины малых сторон. Масса равномерно распределена по длине проволоки с линейной плотностью τ = 0.1 кг/м.

9. На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом R = 5 см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой m = 0.4 кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь s = 1.8 м за время t = 3 с. Определить момент инерции J маховика. Массу шкива считать пренебрежимо малой.

10. На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом R = 2 м, стоит человек массой m_1 = 80 кг. Масса m_2 платформы равна 240 кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью ω будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью v = 2 м/с относительно платформы.
(Момент инерции человека определять как для материальной точки)

11. Якорь мотора вращается с частотой n = 1500 об/мин. Определить вращающий момент M, если мотор развивает мощность N = 500 Вт.

12. Определить линейную скорость v центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой h = 1 м.

Раздел «Молекулярная физика и основы термодинамики».

1. В баллоне содержится газ при температуре t_1 = 100 °C. До какой температуры t_2 (по Цельсию) нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в 2 раза?

2. Баллон объемом V = 12 л содержит углекислый газ. Давление p газа равно 1 МПа, температура T = 300 К. Определить массу m газа в баллоне.

3. Одна треть молекул азота массой m = 10 г распалась на атомы. Определить полное число N частиц, находящихся в таком газе.

4. Определить концентрацию n молекул идеального газа при температуре T = 300 К и давлении p = 1 мПа.

5. Определить силу F, действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношение n_1/n_2 концентраций частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на Δz = 1 м, равно e. Температуру T считать везде одинаковой и равной 300 К.

6. Каковы удельные теплоемкости c_V и c_p смеси газов, содержащей кислород массой m_1 = 10 г и азот массой m_2 = 20 г?

7. При изохорическом нагревании кислорода объемом V = 50 л давление газа изменилось на Δp = 0.5 МПа. Найти количество теплоты Q, сообщенное газу.

8. Водород массой m = 10 г нагрели на ΔT = 200 К, причем газу было передано количество теплоты Q = 40 кДж. Найти изменение ΔU внутренней энергии водорода и совершенную им работу A.

9. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_2 охладителя равна 290 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от T_1' = 400 К до T_1'' = 600 К?

10. Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя в четыре раза выше температуры T_2 охладителя. Какую долю w количества теплоты, получаемого за один цикл от нагревателя, газ отдает охладителю?

11. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа A_1 изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определить работу A_2 изотермического сжатия, если термический КПД цикла равен 0.2.

Распределение типов билетов по элементам знаний, умений и владений.

Содержание билетов	З1	З2	У1	В1	В2
Билет № 1	+	+	+		+
Билет № 2	+	+	+		+
Билет № 3	+	+	+	+	+
Билет № 4	+	+	+		+
Билет № 5	+		+		+
Билет № 6	+	+	+	+	+
Билет № 7	+	+	+		+
Билет № 8	+	+	+		+
Билет № 9	+	+	+		+
Билет № 10	+		+		+
Билет № 11	+		+		+
Билет № 12	+		+	+	+
Билет № 13	+	+	+		+
Билет № 14	+		+	+	+
Билет № 15	+	+	+		+
Билет № 16	+	+	+		+
Билет № 17	+	+	+		+
Билет № 18	+	+	+		+
Билет № 19	+	+	+		+
Билет № 20	+	+	+	+	+
Билет № 21	+	+	+		+
Билет № 22	+	+	+	+	+
Билет № 23	+	+	+	+	+
Билет № 24	+	+	+	+	+
Билет № 25	+	+	+		+

Критерии и шкалы оценивания.

<table>
<tr><th>Итоговая сумма баллов</th><th>Оценка по 4-бальной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th><th>Градация</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>отлично</td><td rowspan="6">зачтено</td><td>A</td><td>отлично</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">хорошо</td><td>B</td><td>очень хорошо</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td><td>хорошо</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td><td rowspan="2">удовлетворительно</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">удовлетворительно</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td><td>посредственно</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>неудовлетворительно</td><td>не зачтено</td><td>F</td><td>неудовлетворительно</td></tr>
</table>

Оценка **неудовлетворительно** ставится, если студент не смог продемонстрировать ключевые знания и навыки по данной дисциплине.

Оценка **удовлетворительно** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, но не смог продемонстрировать углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями по данной дисциплине, что может выражаться в неуверенном ответе на вопросы преподавателя, решил экзаменационную задачу только после подсказки преподавателя.

Оценка **хорошо** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями дисциплины, что может выражаться в уверенном ответе на вопросы преподавателя, но не смог сразу разъяснить особенности взаимосвязи между изучаемыми в данной дисциплине законами и моделями, решил самостоятельно задачу, содержащуюся в экзаменационном билете.

Оценка **отлично** ставится, если студент продемонстрировал ключевые знания и навыки, продемонстрировал углубленное понимание взаимосвязей между основными понятиями и смог разъяснить особенности взаимосвязи между изучаемыми в данной дисциплине понятиями, законами и моделями, что может выражаться в уверенных ответах на дополнительные вопросы преподавателя, решил самостоятельно экзаменационную задачу.

Экзаменационный билет № 1

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Механическое движение. Скорость. Ускорение.

2. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Капиллярные явления.

Задача.
На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием M = 15 т. Орудие стреляет вверх под углом φ = 60° к горизонту в направлении пути. С какой скоростью v_1 покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда m = 20 кг и он вылетает со скоростью v_2 = 600 м/с?

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 2

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Законы Ньютона. Первый закон Ньютона. Масса. Сила. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона.

2. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание.

Задача.
Первую половину пути тело двигалось со скоростью v_1 = 2 м/с, вторую — со скоростью v_2 = 8 м/с. Определить среднюю путевую скорость $<v>$

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 3

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В1, В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Закон сохранения импульса. Центр масс и закон его движения. Движение тела переменной массы.

2. Внутренняя энергия реального газа. Фазовые превращения.

Задача.
Баллон объемом V = 12 л содержит углекислый газ. Давление p газа равно 1 МПа, температура T = 300 К. Определить массу m газа в баллоне.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 4

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Энергия, работа, мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.

2. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы Ван-дер-Ваальса и их анализ.

Задача.
В баллоне содержится газ при температуре t_1 = 100 °С. До какой температуры t_2 (по Цельсию) нужно нагреть газ, чтобы его давление увеличилось в 2 раза?

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 5

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Соударение тел.

2. Силы и энергия межмолекулярного взаимодействия.

Задача.
Автомобиль идет по закруглению шоссе, радиус R кривизны которого равен 200 м. Коэффициент трения f колес о покрытие дороги равен 0.1 (гололед). При какой скорости v автомобиля начнется его занос?

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 6

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В1, В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Кинематика вращательного движения твердого тела. Закон сохранения момента импульса.

2. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его КПД.

Задача.
Определить концентрацию n молекул идеального газа при температуре T = 300 К и давлении p = 1 мПа.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 7

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Динамика твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Кинетическая энергия вращательного движения.

2. Круговой процесс (цикл). Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Второе начало термодинамики.

Задача.
При изохорическом нагревании кислорода объемом V = 50 л давление газа изменилось на Δp = 0.5 МПа. Найти количество теплоты Q, сообщенное газу.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 8

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения. Космические скорости.

2. Теплоемкость идеального газа. Адиабатический процесс. Политропный процесс.

Задача.
Одна треть молекул азота массой m = 10 г распалась на атомы. Определить полное число N частиц, находящихся в таком газе.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 9

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Работа в поле тяготения. Потенциал поля тяготения.

2. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

Задача.
Две материальные точки движутся согласно уравнениям:
$x_1 = A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$, $x_2 = A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$,
где $A_1 = 4$ м/с, $B_1 = 8$ м/с^2, $C_1 = -16$ м/с^3; $A_2 = 2$ м/с, $B_2 = -4$ м/с^2, $C_2 = 1$ м/с^3.
В какой момент времени t ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости v_1 и v_2 точек в этот момент.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 10

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Механический принцип относительности Галилея. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Следствия из преобразований Лоренца.

2. Внутренняя энергия системы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.

Задача.
Вычислить момент инерции J проволочного прямоугольника со сторонами a = 12 см и b = 16 см относительно оси, лежащей в плоскости прямоугольника и проходящей через середины малых сторон. Масса равномерно распределена по длине проволоки с линейной плотностью $\tau = 0.1$ кг/м.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 11

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Релятивистский закон сложения скоростей. Интервал между событиями.

2. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах.

Задача.
Якорь мотора вращается с частотой n = 1500 об/мин. Определить вращающий момент M, если мотор развивает мощность N = 500 Вт.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 12

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В1, В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Основной закон релятивистской динамики .Закон взаимосвязи массы и энергии.

2. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.

Задача.
Молот массой m_1 = 5 кг ударяет небольшой кусок железа, лежащий на наковальне. Масса m_2 наковальни равна 100 кг. Массой куска железа пренебречь. Удар неупругий. Определить КПД η удара молота при данных условиях.
(Полезной считать работу по деформации куска железа)

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 13

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Деформации твердого тела.

2. Закон распределения молекул по скоростям и энергиям теплового движения.

Задача.
Мотоциклист едет по горизонтальной дороге. Какую наименьшую скорость v_{min} он должен развить, чтобы, выключив мотор, проехать по треку, имеющему форму «мертвой петли» радиусом R = 4 м? Трением и сопротивлением воздуха пренебречь.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 14

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Описание движения жидкостей. Уравнение Бернулли и следствия из него.

2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов.

Задача.
На краю горизонтальной платформы, имеющей форму диска радиусом R = 2 м, стоит человек массой m_1 = 80 кг. Масса m_2 платформы равна 240 кг. Платформа может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через ее центр. Пренебрегая трением, найти, с какой угловой скоростью ω будет вращаться платформа, если человек будет идти вдоль ее края со скоростью v = 2 м/с относительно платформы.
(Момент инерции человека определять как для материальной точки)

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 15

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Вязкость (внутреннее трение). Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкостей.

2. Опытные законы идеального газа Уравнение состояния идеального газа.

Задача.
Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя в четыре раза выше температуры T_2 охладителя. Какую долю w количества теплоты, получаемого за один цикл от нагревателя, газ отдает охладителю?

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 16

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Механическое движение. Скорость. Ускорение.

2. Закон распределения молекул по скоростям и энергиям теплового движения.

Задача.
Определить линейную скорость v центра шара, скатившегося без скольжения с наклонной плоскости высотой h = 1 м.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 17

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Законы Ньютона. Первый закон Ньютона. Масса. Сила. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона.

2. Внутренняя энергия системы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы.

Задача.
Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа A_1 изотермического расширения газа равна 5 Дж. Определить работу A_2 изотермического сжатия, если термический КПД цикла равен 0.2.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 18

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Деформации твердого тела.

2. Первое начало термодинамики. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

Задача.
Каковы удельные теплоемкости c_V и c_p смеси газов, содержащей кислород массой m_1 = 10 г и азот массой m_2 = 20 г?

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 19

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Энергия, работа, мощность. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.

2. Опытные законы идеального газа Уравнение состояния идеального газа.

Задача.
На железнодорожной платформе установлено орудие. Масса платформы с орудием M = 15 т. Орудие стреляет вверх под углом φ = 60° к горизонту в направлении пути. С какой скоростью v_1 покатится платформа вследствие отдачи, если масса снаряда m = 20 кг и он вылетает со скоростью v_2 = 600 м/с?.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 20

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В1, В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Соударение тел.

2. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.

Задача.
На горизонтальную ось насажены маховик и легкий шкив радиусом R = 5 см. На шкив намотан шнур, к которому привязан груз массой m = 0.4 кг. Опускаясь равноускоренно, груз прошел путь s = 1.8 м за время t = 3 с. Определить момент инерции J маховика. Массу шкива считать пренебрежимо малой

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 21

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Динамика твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси. Кинетическая энергия вращательного движения.

2. Силы и энергия межмолекулярного взаимодействия.

Задача.
Водород массой m = 10 г нагрели на ΔT = 200 К, причем газу было передано количество теплоты Q = 40 кДж. Найти изменение ΔU внутренней энергии водорода и совершенную им работу А.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 22

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В1 В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Описание движения жидкостей. Уравнение Бернулли и следствия из него.

2. Теплоемкость идеального газа. Адиабатический процесс. Политропный процесс.

Задача.
Наклонная плоскость, образующая угол $\alpha = 25°$ с плоскостью горизонта, имеет длину 2 м. Тело, двигаясь равноускоренно, соскользнуло с этой плоскости за время $t = 2$с. Определить коэффициент трения f тела о плоскость.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 23

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В1, В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Кинематика вращательного движения твердого тела. Закон сохранения момента импульса.

2. Тепловые двигатели и холодильные машины. Цикл Карно и его КПД.

Задача.
Определить силу F, действующую на частицу, находящуюся во внешнем однородном поле силы тяжести, если отношение n_1/n_2 концентраций частиц на двух уровнях, отстоящих друг от друга на $\Delta z = 1$ м, равно е. Температуру Т считать везде одинаковой и равной 300 К

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 24

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В1, В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Закон сохранения импульса. Центр масс и закон его движения. Движение тела переменной массы.

2. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание.

Задача.
Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_2 охладителя равна 290 К. Во сколько раз увеличится КПД цикла, если температура нагревателя повысится от $T_1' = 400$ К до $T_1'' = 600$ К?

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___

Экзаменационный билет № 25

Дисциплина Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Форма обучения очная, программа подготовки полная, семестр 1.

Первый и второй вопросы для проверки уровня обученности
ЗНАТЬ З1, З2
УМЕТЬ У1
ВЛАДЕТЬ В2

Задача для проверки уровня обученности
УМЕТЬ У1

1. Вязкость (внутреннее трение). Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкостей.

2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов.

Задача.
Первую половину пути тело двигалось со скоростью v_1 = 2 м/с, вторую — со скоростью v_2 = 8 м/с. Определить среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$.

Экзаменатор _____

Зав. кафедрой _____

Экзаменационные билеты утверждены на заседании педагогического совета от _____, протокол № ___