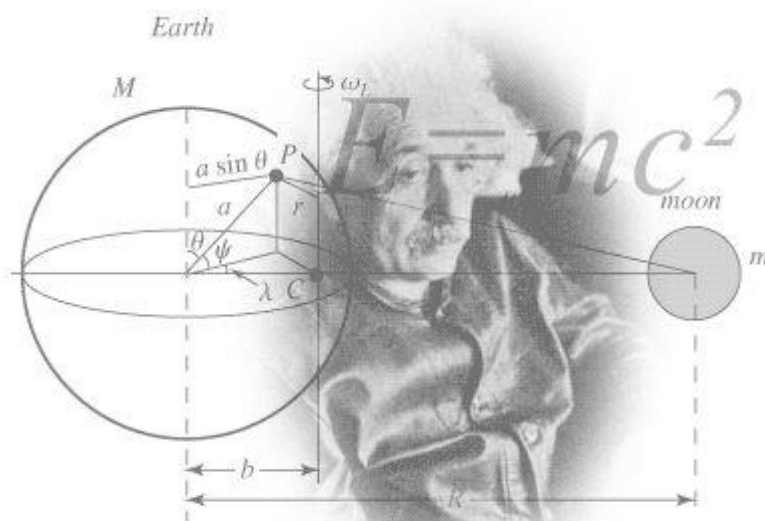


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Приморская государственная сельскохозяйственная академия

Инженерно-технологический институт



ФИЗИКА

Часть 1

Методические указания для выполнения контрольной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю) для обучающихся заочной формы обучения по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

Электронное издание

Уссурийск 2021

Составитель: Бондаренко Ю.Д., преподаватель инженерно-технологического института

Физика. Часть 1.: методические указания для выполнения контрольной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю) для обучающихся заочной формы обучения по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» [Электронный ресурс]: / Ю.Д. Бондаренко; ФГБОУ ВО ПГСХА.- Электрон. текст. дан. – Уссурийск: ПГСХА, 2021. – 58 с. - Режим доступа: [www. de.primacad.ru](http://www.de.primacad.ru).

Методические указания составлены в соответствии с требованиями стандарта ФГОС 3++ по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», содержат задания для самостоятельной работы обучающихся и методические указания по их выполнению.

Рецензент: Д. А. Ломоносов, кандидат тех. наук, доцент инженерно-технологического института

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Введение

Современная физика имеет фундаментальное значение для теории познания, формирования научного мировоззрения, понимания строения и свойств окружающего нас мира.

Физика оказывает большое влияние на другие науки и различные области техники, поэтому ее изучение создает базу для профессиональной подготовки студентов.

Цель настоящего учебного – методического указания – оказать помощь студентам – заочникам инженерно – технических специальностей в изучении курса физики.

Основной учебный материал программы курса в методическом указании распределен на шесть разделов. В первой части:

1. Физические основы механики;
2. Молекулярная физика. Термодинамика;

Во второй:

3. Электростатика. Постоянный ток;
4. Электромагнетизм. Электромагнитные колебания и волны;
5. Оптика;
6. Физика атомов и атомного ядра. Элементарные частицы. Основы квантовой механики. Физика твердого тела.

В каждом из них даны основные формулы, примеры решения задач и контрольное задание. Кроме того, в методическом указании даны некоторые справочные таблицы.

Общие методические указания

Самостоятельная работа над курсом физики

Учебная работа студента заочного отделения при изучении курса физики складывается из самостоятельной работы и очных занятий.

Самостоятельная работа включает в себя изучение курса по рекомендованным рабочим пособиям, решения задач, выполнения

контрольной работы.

Во время лабораторно-экзаменационной сессии студент слушает лекции, выполняет лабораторные работы и сдает по ним зачеты, а затем сдаёт экзамен.

Если в процессе изучения материала или решения задач у студента возникают трудности, то можно обратиться к преподавателю физики института, для получения устной или письменной консультации.

Изучая курс физики, необходимо руководствоваться программой. Нельзя ограничиваться изучением лишь тех вопросов теории, которые непосредственно связаны с выполнением контрольных работ.

Самостоятельные работы по учебным пособиям должны сопровождаться составлением конспекта, в котором кратко описаны физические явления, записаны формулировки законов и формулы, выражающие законы, определения физических величин и их единиц, выполняются чертежи и решаются типовые задачи. При решении задач следует пользоваться Международной системой единиц (СИ).

Указания к выполнению контрольной работы

1. При выполнении контрольной работы студенту необходимо руководствоваться следующим:

2. Контрольная работа выполняется в тетради, на обложке которой нужно указать фамилию, инициалы, полный шифр, название контрольной работы, дату ее отправки в институт и адрес студента.

3. Задачи контрольной работы должны иметь те номера, под которыми они стоят в методических указаниях. Условия задач переписываются полностью без сокращений. Каждую задачу начинать с новой страницы. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставляются поля шириной 4-5 см. Контрольные работы выполняются чернилами синего или фиолетового цвета.

4. В конце контрольной работы указывается, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при изучении физики (название

учебника, автор, год издания). Это делается для того, чтобы рецензент в случае необходимости мог указать, что следует студенту изучить для завершения контрольной работы.

5. Выслать на рецензию, выполненную контрольную работу.

6. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, решения которых оказались неверными. Повторная работа представляется вместе с не зачтенной.

7. В контрольной работе студент должен решить задачи того варианта, номер которого совпадает с последней цифрой его шифра. Номера задач, которые студент, должен включить в свою контрольную работу, определяются по таблице вариантов.

8. Зачтенные контрольные работы предъявляются экзаменатору. Студент должен быть готов во время экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольную работу.

Указания к решению задач

Решение физических задач следует проводить в определенной последовательности, соблюдая ряд указанных ниже требований:

1. Выписать данные задачи в колонку в принятом стандартном буквенном обозначении. Если необходимо обозначить несколько сходных величин, можно ввести большие и малые буквы или индексы (например, Различные сопротивления в электрической цепи можно обозначить R_1 , R_2 , и т. д.)

2. Величины, приведенные в условиях задачи, выразить в одной системе единиц, наиболее подходящей для данной задачи (предпочтительно в СИ).

3. При решении задачи, прежде всего, нужно хорошо вникнуть в условие задачи. Если это необходимо, сделать схематический чертеж (рисунок, график, схему), поясняющий содержание задачи.

4. Решение задачи сопровождать краткими пояснениями.

5. Указать основные законы и формулы, на которых базируется решение,

и дать словесную формулировку этих законов, разъяснить буквенные обозначения формул. Если при решении задач применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон, или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.

6. За редким исключением каждая задача должна быть сначала решена в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условиях задачи, а не в числах. При таком способе решения не производится вычисление промежуточных величин. Ответ, полученный в общем виде, позволяет сделать анализ решения, тогда как числовой ответ сделать это не дает возможности.

7. Получив ответ в виде алгебраической формулы, следует проверить его на основании правил размерностей, т. е, подставить в правую часть полученной рабочей формулы вместо символов величин обозначения единиц, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине.

8. Подставить в рабочую формулу числовые значения величины, выраженные в единицах одной системы. Несоблюдение этого правила приводит к неверному результату.

9. Произвести вычисления величин, подставленных в формулу руководствуясь правилами приближенных вычислений, записать в ответе числовые значения и сокращенное наименование единицы искомой величины.

10. При подстановке в рабочую формулу, а так же при записи ответа числовые значения величин записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3720 надо записать $3,72 \cdot 10^3$, вместо 0,00147 записать $1,47 \cdot 10^{-3}$ и т.д.

11. Оценить, где это целесообразно, правдоподобность численного ответа. В ряде случаев такая оценка поможет обнаружить ошибочность

полученного результата. Например, электрический заряд не может быть меньше элементарного заряда $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, скорость тела не может быть больше скорости света в вакууме и т. д.

12. При решении следует пользоваться таблицами, которые приводятся в приложениях к контрольным заданиям.

Содержание основных разделов дисциплины

№ ДЕ	Наименование дидактической единицы	№	тема
1	Механика частиц и твердых тел	1	Перемещение, скорость и ускорение, тангенциальная и нормальная составляющие ускорения.
		2	Связь между векторами линейных и угловых скоростей и ускорений.
		3	Инерция, масса, импульс, сила.
		4	Законы Ньютона, их физическое содержание и взаимная связь.
		5	Инерциальные системы отсчета.
		6	Принцип относительности в механике.
		7	Независимость массы от скорости в классической механике.
		8	Границы применимости классической и релятивистской механики.
		9	Системы координат, обладающие ускорением.
		10	Силы инерции.
		11	Понятие об эквивалентности сил инерции и гравитационных сил.
		12	Закон сохранения импульса.
		13	Принцип реактивного движения.
		14	Работа переменной силы.
		15	Кинетическая и потенциальная энергия.
		16	Закон сохранения энергии в механике.
		17	Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси, его момент инерции и кинетическая энергия.
		18	Второй закон динамики для вращательного движения.
		19	Закон сохранения момента импульса для системы тел.
		20	Гироскопический эффект.
		21	Упругое тело. Закон Гука.
		22	Силы трения, их классификация.
		23	Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера. Гравитационное поле.
2	Элементы гидро – и аэродинамики	24	Давление в неподвижных жидкостях и газах.
		25	Закон Архимеда и закон Паскаля.
		26	Давление в движущихся жидкостях и газах. Уравнение Бернулли. Вязкость жидкостей и газов.
3	Гармонические колебания и волны	27	Уравнение гармонических колебаний.
		28	Свободные колебания. Математический и пружинный маятники. Физический маятник.

		29	Энергия гармонических колебаний.
		30	Сложение колебаний. Вынужденные колебания. Резонанс.
		31	Образование волн. Продольные и поперечные волны.
4	Кинетическая теория газов	32	Понятие идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Смеси газов.
		33	Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.
		34	Средняя энергия молекулы, молекулярно-кинетическое толкование температуры.
		35	Максвелловское распределение молекул по скоростям. Опыт Штерна.
		36	Барометрическая формула. Больцмановское распределение частиц в потенциальном поле.
		37	Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул.
		38	Явления переноса в газах: диффузия, теплопроводность и внутреннее трение.
		39	Свойства газов при весьма малых давлениях.
5	Основы термодинамики	40	Внутренняя энергия системы как функция состояния.
		41	Количество теплоты. Эквивалентность теплоты и работы. Способы теплопередачи.
		42	Первое начало термодинамики и его применение к различным изопроцессам.
		43	Работа газа в изопроцессах. Адиабатический процесс.
		44	Степени свободы молекул. Внутренняя энергия идеального газа. Теплоемкости газов.
		45	Круговые необратимые и обратимые процессы.
		46	Принцип действия тепловой машины. Цикл Карно и его КПД.
		47	Энтропия. Второе начало термодинамики и его статистический смысл.
		48	Связь энтропии и вероятности. Свойства статистических систем, состоящих из большого количества частиц.
6	Агрегатные состояния и фазовые переходы.	49	Отступление от законов идеальных газов. Реальные газы.
		50	Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Критическое состояние.
		51	Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. Сжижение газов.
		52	Поверхностный слой жидкости. Удельная поверхностная энергия (поверхностное натяжение).
		53	Явление смачивания. Формула Лапласа.
		54	Капиллярные явления.
		55	Кристаллические и аморфные тела. Типы кристаллических решеток. Моно - и поликристаллы.
		56	Плавление и испарение твердых тел.
		57	Тепловое расширение твердых тел. Закон Дюлонга и Пти.
		58	Условия равновесия фаз в однокомпонентной

			системе.
		59	Диаграмма давление-температура. Тройная точка.
		60	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
		61	Понятие о фазовых переходах первого и второго рода.
7	Электростатика	62	Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
		63	Напряженность поля. Теорема Остроградского-Гаусса и ее применение к вычислению напряженности полей.
		64	Работа сил поля по перемещению зарядов.
		65	Циркуляция вектора напряженности.
		66	Потенциал. Методы его измерения.
		67	Связь между напряженностью и потенциалом.
		68	Потенциал точечного заряда, диполя, сферы.
		69	Распределение зарядов на проводниках.
		70	Энергия поля. Свободные и связанные заряды.
		71	Напряженность поля в диэлектрике. Электрическое смещение.
		72	Емкость. Конденсаторы. Энергия конденсатора.
73	Энергия электрического поля.		
8	Электрический ток	74	Сила тока. Разность потенциалов, электродвижущая сила и напряжение.
		75	Закон Ома и Джоуля - Ленца. Дифференциальная форма закона Ома.
		76	Закон Ома для неоднородного участка цепи.
		77	Законы Кирхгофа.
		78	Переменный ток. Действующее (эффективное) значение переменного тока.
		79	Электрические цепи переменного тока.
9	Электромагнетизм	80	Магнитное поле. Магнитное взаимодействие токов.
		81	Закон Ампера. Магнитная индукция. Закон Био-Савара-Лапласа.
		82	Поле прямолинейного и кругового токов.
		83	Закон полного тока (теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля).
		84	Магнитное поле соленоида.
		85	Магнитный поток.
		86	Работа перемещения контура с током в магнитном поле.
		87	Электромагнитная индукция. Электродвижущая сила индукции.
		88	Закон Фарадея и закон Ленца.
		89	Вычисление ЭДС из закона сохранения энергии.
		90	Самоиндукция. Индуктивность.
		91	Энергия магнитного поля.
		92	Магнитные свойства веществ. Намагничивание вещества.
		93	Напряженность магнитного поля.
		94	Циркуляция напряженности магнитного поля.
		95	Магнитная проницаемость, магнитная восприимчивость.

		96	Диамagnetизм, парамагнетизм, ферромагнетизм.
		97	Точка Кюри. Гистерезис. Ферриты.
		98	Движение заряженных частиц в магнитном поле. Сила Лоренца.
		99	Принцип действия циклотрона. Магнитная фокусировка электронного луча.
10	Классическая и квантовая теория металлов	100	Определение заряда электрона. Опыт Милликена.
		101	Классическая теория электропроводности.
		102	Вывод закона Ома.
		103	Недостатки классической теории металлов.
		104	Основы квантовой теории металлов.
		105	Полупроводники.
		106	Эффект Холла. Работа выхода.
11	Электрический ток в вакууме и газах	107	Контактные явления.
		108	Термоэлектрическая эмиссия.
		109	Электронные лампы.
		110	Виды газового разряда.
		111	Несамостоятельный разряд.
12	Электрические колебания и волны	112	Тлеющий, дуговой, искровой и коронный разряды.
		113	Колебательный разряд конденсатора.
		114	Собственные колебания контура.
		115	Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Явление резонанса.
		116	Уравнение Максвелла. Электромагнитные волны.
		117	Уравнения Максвелла в интегральной форме.
		118	Скорость распространения электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга.
13	Геометрическая оптика	119	Опыты Герца. Открытие радиосвязи А.С. Поповым.
		120	Законы геометрической оптики. Принцип Гюйгенса и Принцип Ферма, вывод законов геометрической оптики.
		121	Скорость света и методы ее измерения.
		122	Отражение света от плоских и сферических зеркал.
		123	Преломление на сферических поверхностях. Линзы. Погрешности оптических систем. Оптические приборы.
		124	Элементы фотометрии. Фотометрические величины и их единицы. Закон освещенности. Фотометрия. Светосила объектива.
14	Волновая оптика	125	Интерференция света. Когерентность и монохроматичность световых волн.
		126	Способы получения интерференционных картин от двух источников.
		127	Полосы равной толщины и равного наклона.
		128	Просветление оптики. Интерферометры.
		129	Дифракция и условия ее наблюдения.
		130	Принцип Гюйгенса – Френеля.
		131	Метод зон Френеля.
		132	Прямолинейное распространение света.
		133	Дифракция на одиночных отверстиях и экранах.
134	Дифракционная решетка и ее применение.		

		135	Дифракции на пространственной решетке.
		136	Формула Вульфа – Брега.
		137	Разрешающая способность оптических инструментов.
		138	Естественный свет и различные типы поляризованного света.
		139	Анализ поляризованного света
		140	Поляризация при отражении и преломлении.
		141	Двойное лучепреломление и его объяснение.
		142	Поляризующие призмы, поляроиды и их применение.
		143	Понятие об интерференции поляризованного света. Вращение плоскости поляризации.
		144	Дисперсия света. Способы наблюдения дисперсии света.
		145	Призматический и дифракционный спектры.
		146	Понятие об электронной теории дисперсии света.
		147	Связь дисперсии с поглощением.
		148	Закон Бугера. Цвета тел и спектры поглощения.
15	Элементы теории относительности и	149	Опыты Майкельсона.
		150	Постоянство скорости света в различных инерциальных системах отсчета.
		151	Преобразования Лоренца.
		152	Релятивистские изменения длин и промежутков времени.
		153	Понятие о релятивистской механике.
		154	Закон изменения массы и энергии.
16	Квантовая оптика	155	Тепловое излучение. Равновесное излучение.
		156	Лучеиспускательная и поглощательная способности.
		157	Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа.
		158	Закон Стефана-Больцмана.
		159	Распределение энергии в спектре абсолютно черного тела.
		160	Квантовая гипотеза и формула Планка. Оптическая пирометрия.
		161	Фотоэлектрический эффект и способы его наблюдения.
		162	Основные законы фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна.
		163	Фотоэлементы, фотоумножители и их применение.
		164	Давление света. Опыты Лебедева по доказательству существования давления света.
		165	Электромагнитное и корпускулярное объяснение давления света.
		166	Масса и импульс фотона.
		167	Эффект Комптона и его объяснение.
17	Элементы атомной физики	168	Атом Резерфорда - Бора.
		169	Несостоятельность классической теории атома.
		170	Дискретность энергетических уровней.
		171	Постулаты Бора и происхождение линейчатых спектров.
		172	Атом водорода и его спектр по теории Бора.
		173	Элементы квантовой механики.

174	Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма материи. Формула де Бройля.
175	Границы применимости классической механики.
176	Соотношение неопределенностей.
177	Волновая функция и ее статистический смысл.
178	Уравнение Шредингера и его применение к «электрону в ящике» и к атому водорода в нормальном состоянии.
179	Явление радиоактивности. Радиоактивное излучение.
180	Закон радиоактивного распада. Закон смещения.
181	Закономерности α и β распада.
182	Составные части ядра - протоны и нейтроны. Основные характеристики нуклонов: масса, спин.
183	Взаимопревращения нуклонов. Нейтрино.
184	Взаимодействие нуклонов и понятие о ядерных силах.
185	Дефект массы, энергия связи и устойчивость ядер.
186	Ядерные реакции. Основные типы ядерных реакций.
187	Искусственная радиоактивность. Радиоактивные изотопы в их применение.
188	Реакция деления. Цепная реакция. Реакция синтеза.
189	Водородно-углеродный цикл. Энергия Солнца и звезд.
190	Проблемы управляемых термоядерных реакций.

Литература

1. Валишев М. Г. Курс общей физики/М. Г. Валишев, А. А. Повзнер. – С – Пб.: Лань, 2008. – 576 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
2. Грабовский Р. И. Курс физики/Р. И. Грабовский. – С – Пб.: Лань, 2007. – 608 с.
3. Грабовский Р. И. Сборник задач по физике/Р. И. Грабовский. – С – Пб.: Лань, 2004. – 128 с.
4. Дмитриева В. Ф. Физика/В. Ф. Дмитриева. – 7-е изд., стер. – М.: Академия, 2006. – 464 с.
5. Зисман Г. А. Курс общей физики, Т 1-3/Г. А. Зисман, О. М. Тодес. – С – Пб.: Лань, 2007.
6. Ивлев А. Д. Физика/А. Д. Ивлев. – С – Пб.: Лань, 2008. – 672 с.
7. Иродов И. Е. Атомная и ядерная физика/И. Е. Иродов. – С – Пб.: Лань, 2007. – 288 с.
8. Кикоин А. К. Молекулярная физика/А. К. Кикоин, И. К. Кикоин. – С – Пб.: Лань, 2007. – 480 с.
9. Парселл Э. Электричество и магнетизм/Э. Парселл. – С – Пб.: Лань, 2005. – 416 с.
10. Савельев И. В. Курс общей физики, Т 1-3/И. В. Савельев. – С – Пб.: Лань, 2006.
11. Трофимова Т. И. Курс физики/Т. И. Трофимова. – 13-е изд., стер. – М.: Академия, 2007. – 560 с.
12. Фирганг Е. В. Руководство к решению задач по курсу общей физики/Е. В. Фирганг. – С – Пб.: Лань, 2008. – 352 с.
13. Фриш С. Э. Курс общей физики, Т 1-3/С. Э. Фриш, А. В. Тиморева. – С – Пб.: Лань, 2007.

Раздел I. Физические основы механики

Основные формулы

◆ Кинематическое уравнение движения материальной точки (центра масс твердого тела) вдоль оси X :

$$x = f(t),$$

где $f(t)$ - некоторая функция времени.

◆ Средняя скорость: $\langle v_x \rangle = \frac{\Delta x}{\Delta t}$.

◆ Средняя путевая скорость: $\langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t}$,

где ΔS - путь, пройденный точкой за интервал времени Δt . Путь ΔS в отличие от разности координат $\Delta x = x_2 - x_1$ не может убывать и принимать отрицательные значения, т. е. $\Delta S \geq 0$.

◆ Мгновенная скорость: $v_x = \frac{dx}{dt}$

◆ Среднее ускорение: $\langle a_x \rangle = \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$.

◆ Мгновенное ускорение: $a(x) = \frac{dv_x}{dt}$.

◆ Кинематическое уравнение движения материальной точки по окружности:

$$\varphi = f(t), \quad r = R = \text{const}.$$

◆ Угловая скорость: $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$.

◆ Угловое ускорение: $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$.

◆ Связь между линейными и угловыми величинами, характеризующими движение точки по окружности: $v = \omega R$, $a_\tau = \varepsilon R$, $a_n = \omega^2 R$,

где v - линейная скорость; a_τ и a_n - тангенциальное и нормальное ускорения; ω - угловая скорость; ε - угловое ускорение; R - радиус окружности.

◆ Полное ускорение: $a = \sqrt{a_r^2 + a_n^2}$ или $a = R\sqrt{\varepsilon^2 + \omega^2}$.

◆ Угол между полным a и нормальным a_n ускорением: $\alpha = \arccos\left(\frac{a_n}{a}\right)$.

◆ Кинематическое уравнение гармонических колебаний материальной точки:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi),$$

где x - смещение; A - амплитуда колебаний; ω - круговая, или циклическая, частота; φ - начальная фаза.

◆ Скорость и ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания:

$$v = -A\omega \sin(\omega t + \varphi),$$

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi).$$

◆ Сложение гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты:

а) амплитуда результирующего колебания

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)};$$

б) начальная фаза результирующего колебания

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

◆ Траектория точки, участвующей в двух взаимно перпендикулярных колебаниях ($x = A_1 \cos \omega t$, $y = A_2 \cos(\omega t + \varphi)$):

а) $y = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)x$ (если разность фаз $\varphi = 0$);

б) $y = -\left(\frac{A_2}{A_1}\right)x$ (если разность фаз $\varphi = \pm\pi$);

в) $\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$ (если разность фаз $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$).

◆ Уравнение плоской бегущей волны: $y = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{v}\right)$,

где y - смещение любой из точек среды с координатой x в момент времени t ;
 v - скорость распространения колебаний в среде.

♦ Связь разности фаз $\Delta\varphi$ колебаний с расстоянием Δx между точками среды, отсчитанным в направлении распространения колебаний:

$$\Delta\varphi = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\Delta x,$$

где λ - длина волны.

♦ Импульс материальной точки массой m , движущейся поступательно со скоростью \vec{v} : $\vec{p} = m\vec{v}$.

♦ Второй закон Ньютона: $d\vec{p} = \vec{F}dt$,

где \vec{F} - сила, действующая на тело.

♦ Силы, рассматриваемые в механике:

а) сила упругости $F = kx$,

где k - коэффициент упругости (в случае пружины – жесткость); x - абсолютная деформация;

б) сила тяжести $\vec{P} = m\vec{g}$;

в) сила гравитационного взаимодействия $F = G\frac{m_1m_2}{r^2}$,

где G - гравитационная постоянная; m_1 и m_2 - массы взаимодействующих тел;
 r - расстояние между телами (тела рассматриваются как материальные точки). В случае гравитационного взаимодействия силу можно выразить также через напряженность \vec{G} гравитационного поля:

$$\vec{F} = m\vec{G};$$

г) сила трения (скольжения) $F = fN$,

где f - коэффициент трения; N - сила нормального давления.

♦ Закон сохранения импульса: $\sum_{i=1}^N P_i = const$,

или для двух тел ($i = 2$):

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2,$$

где \vec{v}_1 и \vec{v}_2 - скорости тел в момент времени, принятый за начальный; \vec{u}_1 и \vec{u}_2 - скорости тех же тел в момент времени, принятый за конечный.

◆ Кинетическая энергия тела, движущегося поступательно:

$$T = \frac{mv^2}{2} \text{ или } T = \frac{p^2}{2m}.$$

◆ Потенциальная энергия:

а) упругодеформированной пружины $\Pi = \frac{kx^2}{2}$,

где k - жесткость пружины; x - абсолютная деформация;

б) гравитационного взаимодействия $\Pi = -G \frac{m_1 m_2}{r}$,

где G - гравитационная постоянная; m_1 и m_2 - массы взаимодействующих тел; r - расстояние между ними (тела рассматриваются как материальные точки);

в) тела, находящегося в однородном поле силы тяжести $\Pi = mgh$,

где g - ускорение свободного падения; h - высота тела над уровнем, принятым за нулевой (формула справедлива при условии $h \ll R$, где R - радиус Земли).

◆ Закон сохранения механической энергии:

$$E = T + \Pi = \text{const}.$$

◆ Работа, совершаемая внешними силами, определяется как мера изменения энергии системы:

$$A = \Delta E = E_2 - E_1.$$

◆ Основное уравнение динамики вращательного движения относительно неподвижной оси z : $M_z = J_z \varepsilon$,

где M_z - результирующий момент внешних сил относительно оси z , действующих на тело; ε - угловое ускорение; J_z - момент инерции тела относительно оси вращения.

◆ Моменты инерции некоторых тел массой m относительно оси z , проходящей через центр масс:

а) стержня длиной l относительно оси, перпендикулярной стержню

$$J_z = \frac{1}{12}ml^2;$$

б) обруча (тонкостенного цилиндра) относительно оси, перпендикулярной плоскости обруча (совпадающей с осью цилиндра),

$$J_z = mR^2,$$

где R - радиус обруча (цилиндра);

в) диска радиусом R относительно оси, перпендикулярной плоскости диска,

$$J_z = \frac{1}{2}mR^2.$$

◆ Момент импульса тела, вращающегося относительно неподвижной оси z : $L_z = J_z \omega$,

где ω - угловая скорость тела.

◆ Закон сохранения момента импульса системы тел, вращающихся вокруг неподвижной оси: $J_1 \omega_1 = J_2 \omega_2$,

где J_1 , ω_1 и J_2 , ω_2 - моменты инерции системы тел и угловые скорости вращения в моменты времени, принятые за начальный и конечный.

◆ Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси z :

$$T = \frac{J_z \omega^2}{2}, \text{ или } T = \frac{L_z^2}{2J_z}.$$

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1. Уравнение движения материальной точки вдоль оси имеет вид $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 2$ м, $B = 1$ м/с, $C = -0,5$ м/с³. Найти координату x , скорость v и ускорение a точки в момент времени $t = 2$ с.

РЕШЕНИЕ. Координату x найдем, подставив в уравнение движения числовые значения коэффициентов A , B , C и времени t :

$$x = (2 + 1 \cdot 2 - 0,5 \cdot 2^3) = 0 \text{ (м)}.$$

Мгновенная скорость есть первая производная от координаты по времени:

$$v = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2.$$

Ускорение точки найдем, взяв первую производную от скорости по времени: $a = \frac{dv}{dt} = 6Ct$.

В момент времени $t = 2$ с:

$$v = (1 - 3 \cdot 0,5 \cdot 2^2) = -5 \text{ м/с}$$

$$a = 6(-0,5) \cdot 2 = -6 \text{ м/с}^2.$$

ПРИМЕР 2. Тело вращается вокруг неподвижной оси по закону $\varphi = A + Bt + Ct^2$, где $A = 10$ рад, $B = 20$ рад/с, $C = -2$ рад/с². Найти полное ускорение точки, находящейся на расстоянии $r = 0,1$ м от оси вращения, для момента времени $t = 4$ с.

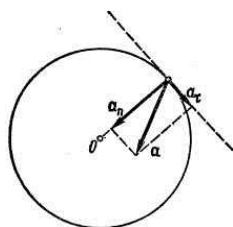


Рис 1.

РЕШЕНИЕ. Полное ускорение a точки, движущейся по кривой линии, может быть найдено как геометрическая сумма тангенциального ускорения a_τ направленного по касательной к траектории, и нормального ускорения a_n , направленного к центру кривизны траектории.

Так как векторы a_τ и a_n взаимно перпендикулярны, то модуль ускорения $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$. (1)

Тангенциальное и нормальное ускорения точки вращающегося тела выражаются формулами:

$$a_\tau = \varepsilon \cdot r, \quad a_n = \omega^2 \cdot r, \quad (2)$$

где ω - угловая скорость тела; ε - его угловое ускорение. Подставляя выражения a_τ и a_n в формулу (1), находим

$$a = \sqrt{\varepsilon^2 r^2 + \omega^4 r^2} = r \sqrt{\varepsilon^2 + \omega^4}.$$

Угловую скорость ω найдем, взяв первую производную угла поворота

по времени: $\omega = \frac{d\varphi}{dt} = B + 2Ct$.

В момент времени $t = 4$ с угловая скорость

$$\omega = [20 + 2(-2)4] = 4 \text{ рад/с.}$$

Угловое ускорение найдем, взяв первую производную от угловой скорости по времени:

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = 2C = -4 \text{ рад/с}^2.$$

Подставляя значения ω , ε и r в формулу (2), получаем

$$a = 0,1\sqrt{(-4)^2 + 4^4} = 1,65 \text{ м/с}^2.$$

ПРИМЕР 3. При выстреле из пружинного пистолета вертикально вверх пуля массой $m = 20 \text{ г}$ поднялась на высоту $h = 5 \text{ м}$. Определить жесткость k пружины пистолета, если она была сжата на $x = 10 \text{ см}$. Массой пружины пренебречь.

РЕШЕНИЕ. Система пуля–Земля (вместе с пистолетом) является замкнутой системой, в которой действуют консервативные силы–силы упругости и силы тяготения. Поэтому для решения задачи можно применить закон сохранения энергии в механике. Согласно ему полная механическая энергия E_1 системы в начальном состоянии (в данном случае перед выстрелом) равна полной энергии E_2 в конечном состоянии (когда пуля поднялась на высоту h) т. е.

$$E_1 = E_2 \text{ или } T_1 + \Pi_1 = T_2 + \Pi_2, \quad (1)$$

где T_1, T_2, Π_1 и Π_2 - кинетические и потенциальные энергии системы в начальном и конечном состояниях.

Так как кинетические энергии пули в начальном и конечном состояниях равны нулю, то равенство (1) примет вид

$$\Pi_1 = \Pi_2. \quad (2)$$

Если потенциальную энергию в поле сил тяготения Земли на ее поверхности принять равной нулю, то энергия системы в начальном состоянии будет равна потенциальной энергии сжатой пружины,

т.е. $\Pi_1 = \frac{1}{2}kx^2$, а в конечном состоянии–потенциальной энергии пули на

высоте h , т. е. $P_2 = mgh$.

Подставив выражения P_1 и P_2 в формулу (2), найдем $\frac{1}{2}kx^2 = mgh$, откуда

$$k = \frac{2mgh}{x^2}. \quad (3)$$

Проверим, дает ли полученная формула единицу жесткости k . Для этого в правую часть формулы (3) вместо величин, подставим их единицы:

$$\frac{[m][g][h]}{[x]^2} = \frac{1\text{кг} \cdot 1\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 1\text{м}}{1\text{м}^2} = \frac{1\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}}{1\text{м}} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Убедившись, что полученная единица является единицей жесткости (1Н/м), подставим в формулу (3) значения величин и произведем вычисления:

$$k = \frac{2 \cdot 0,02 \cdot 9,81 \cdot 5}{(0,1)^2} = 196 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

ПРИМЕР 4. Шар массой m_1 движущийся горизонтально с некоторой скоростью v_1 столкнулся с неподвижным шаром массой m_2 . Шары абсолютно упругие, удар прямой, центральный. Какую долю ε своей кинетической энергии первый шар передал второму?

РЕШЕНИЕ. Доля энергии, переданной первым шаром второму, выразится соотношением

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1} = \frac{m_2 u_2^2}{m_1 v_1^2} = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{u_2}{v_1} \right)^2, \quad (1)$$

где T_1 — кинетическая энергия первого шара до удара; u_2 и T_2 — скорость и кинетическая энергия второго шара после удара.

Как видно из формулы (1), для определения ε надо найти u_2 . При ударе абсолютно упругих тел одновременно выполняются законы сохранения импульса и механической энергии, Пользуясь этими законами, найдем:

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2; \quad (2)$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}. \quad (3)$$

Решим совместно уравнения (2) и (3):

$$u_2 = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2}.$$

Подставив это выражение u_2 в формулу (1) и сократив на v_1 и m_1 , получим

$$\varepsilon = \frac{m_2}{m_1} \left[\frac{2m_1 v_1}{v_1 (m_1 + m_2)} \right]^2 = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}.$$

Из найденного соотношения видно, что доля переданной энергии зависит только от масс сталкивающихся шаров. Доля передаваемой энергии не изменится, если шары поменять местами.

ПРИМЕР 5. Платформа в виде сплошного диска радиусом $R=1,5$ м и массой $m_1 = 180$ кг вращается по инерции около вертикальной оси с частотой $n = 10 \text{ мин}^{-1}$. В центре платформы стоит человек массой $m_2 = 60$ кг. Какую линейную скорость v относительно пола помещения будет иметь человек, если он перейдет на край платформы?

РЕШЕНИЕ. Платформа вращается по инерции. Следовательно, момент внешних сил относительно оси вращения Z , совпадающей с геометрической осью платформы, равен нулю. При этом условии момент импульса L_z системы платформа–человек остается постоянным:

$$L_z = J_z \omega = \text{const}, \quad (1)$$

где J_z - момент инерции платформы с человеком относительно оси Z ; ω - угловая скорость платформы.

Момент инерции системы равен сумме моментов инерции тел, входящих в состав системы, поэтому $J_z = J_1 + J_2$, где J_1 и J_2 - моменты инерции платформы и человека.

С учетом этого равенство (1) примет вид

$$(J_1 + J_2)\omega = \text{const},$$

или

$$(J_1 + J_2)\omega = (J_1' + J_2')\omega', \quad (2)$$

где значения моментов инерции J_1 и J_2 относятся к начальному состоянию системы; J_1' и J_2' - к конечному.

Момент инерции платформы относительно оси Z при переходе человека не изменяется: $J_1 = J_1' = \frac{1}{2} m_1 R^2$. Момент инерции человека относительно той же оси будет изменяться. Если рассматривать человека как материальную точку, то его момент инерции J_2 в начальном положении (в центре платформы) можно считать равным нулю. В конечном положении (на краю платформы) момент инерции человека $J_2' = m_2 R^2$.

Подставим в формулу (2) выражения моментов инерции, начальной угловой скорости вращения платформы с человеком ($\omega = 2\pi n$) и конечной угловой скорости ($\omega = \frac{v}{R}$, где v - скорость человека относительно пола):

$$\left(\frac{1}{2} m_1 R^2 + 0\right) 2\pi n = \left(\frac{1}{2} m_1 R^2 + m_2 R^2\right) \frac{v}{R}.$$

После сокращения на R^2 и простых преобразований находим скорость

$$v = \frac{2\pi n R m_1}{(m_1 + 2m_2)}.$$

Произведем вычисления:

$$v = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1,5 \cdot 180}{180 + 2 \cdot 60} = 1 \text{ м/с.}$$

ПРИМЕР 6. Точка совершает гармонические колебания с частотой $\nu = 10$ Гц. В момент, принятый за начальный, точка имела максимальное смещение: $x_{\max} = 1$ мм. Написать уравнение колебаний точки и начертить график.

РЕШЕНИЕ. Уравнение колебаний точки можно записать в виде

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_1), \quad (1)$$

или

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_2), \quad (2)$$

где A - амплитуда колебаний; ω - циклическая частота; t - время; φ_1 и φ_2 -

начальные фазы, соответствующие форме записи (1) или (2).

$$\text{По определению, амплитуда колебаний } A = x_{\max}. \quad (3)$$

Циклическая частота ω связана с частотой ν соотношением

$$\omega = 2\pi\nu. \quad (4)$$

Начальная фаза колебаний зависит от формы записи. В момент времени $t = 0$ формула примет вид $x_{\max} = A \sin \varphi_1$, откуда начальная фаза

$$\varphi_1 = \arcsin\left(\frac{x_{\max}}{A}\right) = \arcsin 1, \text{ или } \varphi_1 = (2k + 1)\frac{\pi}{2} \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

Изменение фазы на 2π не изменяет состояния колебательного движения, поэтому можно принять $\varphi_1 = \frac{\pi}{2}$. (5)

При использовании формулы (2) для записи уравнения колебаний получаем $\varphi_2 = \arccos\left(\frac{x_{\max}}{A}\right) = \arccos 1$, или $\varphi_2 = 2\pi k$ ($k = 0, 1, 2, \dots$).

$$\text{Аналогично находим } \varphi_2 = 0. \quad (6)$$

С учетом равенств (3) – (6) уравнения колебаний примут вид

$$x = A \sin(2\pi\nu t + \varphi), \text{ или } x = A \cos 2\pi\nu t,$$

где $A = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м}$; $\nu = 10 \text{ Гц}$, $\varphi = \frac{\pi}{2}$.

График соответствующего гармонического колебания приведен на рис.2.

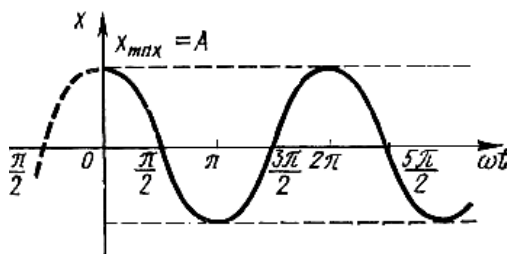


Рис. 2

Раздел II Молекулярная физика. Термодинамика

Основные формулы

♦ Количество вещества однородного газа (в молях) $\nu = \frac{N}{N_A}$ или $\nu = \frac{m}{M}$,

где N - число молекул газа; N_A - постоянная Авогадро; m - масса газа; M - молярная масса газа.

Если система представляет смесь нескольких газов, то количество вещества системы

$$\nu = \nu_1 + \nu_2 + \dots + \nu_n = N_1/N_A + N_2/N_A + \dots + N_n/N_A,$$

или $\nu = m_1/M_1 + m_2/M_2 + \dots + m_n/M_n$, где ν_i, N_i, m_i, M_i - соответственно количество вещества, число молекул, масса, молярная масса i -й компоненты смеси.

♦ Уравнение Менделеева – Клапейрона (уравнение состояния идеального газа):

$$pV = \frac{m}{M}RT = \nu RT, \text{ где } m - \text{масса газа; } M - \text{молярная масса газа; } R -$$

молярная газовая постоянная; ν - количество вещества; T - термодинамическая температура.

♦ Опытные газовые законы являются частными случаями уравнения Менделеева – Клапейрона для изопроцессов:

а) закон Бойля – Мариотта (изотермический процесс – $T = const$, $m = const$):

$$pV = const, \text{ или для двух состояний газа: } p_1V_1 = p_2V_2,$$

б) закон Гей-Люссака (изобарный процесс – $p = const, m = const$):

$$V/T = const, \text{ или для двух состояний: } V_1/T_1 = V_2/T_2,$$

в) закон Шарля (изохорный процесс – $V = const, m = const$):

$$p/T = const, \text{ или для двух состояний: } p_1/T_1 = p_2/T_2,$$

г) объединенный газовый закон ($m = const$):

$$pV/T = const, \text{ или } p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2,$$

где p_1, V_1, T_1 - давление, объем и температура газа в начальном состоянии;
 p_2, V_2, T_2 - те же величины в конечном состоянии.

♦ Закон Дальтона, определяющий давление смеси газов:

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n,$$

где p_i - парциальные давления компонентов смеси; n - число компонентов смеси.

Парциальным давлением называется давление газа, которое производил бы этот газ, если бы только он один находился в сосуде, занятом смесью.

♦ Молярная масса смеси газов: $M = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_n)}{(v_1 + v_2 + \dots + v_n)},$

где m_i - масса i -го компонента смеси; $v_i = m_i/M_i$ - количество вещества i -го компонента смеси; n - число компонентов смеси.

♦ Массовая доля ω_i i -го компонента смеси газа (в долях единицы или процентах):

$$\omega_i = m_i/m, \text{ где } m - \text{масса смеси.}$$

♦ Концентрация молекул: $n = N/V = N_A \rho / M,$

где N - число молекул, содержащихся в данной системе; ρ - плотность вещества, V - объем системы. Формула справедлива не только для газов, но и для любого агрегатного состояния вещества.

♦ Основное уравнение кинетической теории газов: $p = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon_{\pi} \rangle,$

где $\langle \varepsilon_{\pi} \rangle$ - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы.

♦ Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы:

$$\langle \varepsilon_{\pi} \rangle = \frac{3}{2} kT, \text{ где } k - \text{постоянная Больцмана.}$$

♦ Средняя полная кинетическая энергия молекулы:

$$\langle \varepsilon_i \rangle = \frac{i}{2} kT, \text{ где } i - \text{ число степеней свободы молекулы.}$$

- ◆ Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры:

$$p = nkT.$$

- ◆ Скорости молекул:

$$\langle v_{\text{кв}} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_1}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \text{ (средняя квадратичная);}$$

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_1}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \text{ (средняя арифметическая);}$$

$$v_B = \sqrt{\frac{2kT}{m_1}} = \sqrt{\frac{2RT}{M}} \text{ (наиболее вероятная),}$$

где m_1 - масса одной молекулы.

- ◆ Относительная скорость молекулы:

$$u = v/v_B, \text{ где } v - \text{ скорость данной молекулы.}$$

- ◆ Удельные теплоемкости газа при постоянном объеме (C_v) и при постоянном давлении (C_p): $C_v = \frac{i}{2} \cdot \frac{R}{M}$; $C_p = \frac{i+2}{2} \cdot \frac{R}{M}$.

- ◆ Связь между удельной c и молярной C теплоемкостями:

$$c = C/M; C = cM.$$

- ◆ Уравнение Майера: $C_p - C_v = R$.

- ◆ Внутренняя энергия идеального газа: $U = \frac{m}{M} \frac{i}{2} RT = \frac{m}{M} C_v T$.

- ◆ Первое начало термодинамики: $Q = \Delta U + A$,

где Q - теплота, сообщенная системе (газу); ΔU - изменение внутренней энергии системы; A - работа, совершенная системой против внешних сил.

- ◆ Работа расширения газа:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV \text{ (в общем случае);}$$

$$A = p(V_2 - V_1) \text{ (при изобарном процессе);}$$

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \text{ (при изотермическом процессе);}$$

$$A = -\Delta U = -\frac{m}{M} C_V \Delta T, \text{ или } A = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \frac{m}{M} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right] \text{ (при адиабатном}$$

процессе), где $\gamma = c_p / c_v$ - показатель адиабаты.

♦ Уравнения Пуассона, связывающие параметры идеального газа при адиабатном процессе:

$$pV^\gamma = const, \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1}, \frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma, \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(\gamma-1)/\gamma}.$$

♦ Термический к. п. д. цикла: $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$

где Q_1 - теплота, полученная рабочим телом от теплоотдатчика; Q_2 - теплота, переданная рабочим телом теплоприемнику.

♦ Термический к. п. д. цикла Карно: $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$

где T_1 и T_2 - термодинамические температуры теплоотдатчика и теплоприемника.

♦ Коэффициент поверхностного натяжения: $\alpha = \frac{F}{l},$ или $\alpha = \frac{\Delta E}{\Delta S},$

где F - сила поверхностного натяжения, действующая на контур l , ограничивающий поверхность жидкости; ΔE - изменение свободной энергии поверхностной пленки жидкости, связанное с изменением площади ΔS - поверхности этой пленки.

♦ Формула Лапласа, выражающая давление p , создаваемое сферической поверхностью жидкости: $p = \frac{2\alpha}{R},$

где R - радиус сферической поверхности.

♦ Высота подъема жидкости в капиллярной трубке: $h = \frac{2\alpha \cos\theta}{\rho g R},$

где θ - краевой угол ($\theta = 0$ при полном смачивании трубки жидкостью; $\theta = \pi$

при полном не смачивании); R -радиус канала трубки; ρ -плотность жидкости; g - ускорение свободного падения.

♦ Высота подъема жидкости между двумя близкими и параллельными друг другу плоскостями: $h = \frac{2\alpha \cos\theta}{\rho g d}$,

где d - расстояние между плоскостями.

Примеры решения задач

ПРИМЕР 1. Определить число N молекул, содержащихся в объеме $V = 1\text{мм}^3$ воды, и массу m_1 молекулы воды. Считая условно, что молекулы воды имеют вид шариков, соприкасающихся друг с другом, найти диаметр d молекул.

РЕШЕНИЕ. Число N молекул, содержащихся в некоторой системе массой m , равно произведению постоянной Авогадро N_A на количество вещества ν :

$$N = \nu N_A.$$

Так как $\nu = m/M$, где M - молярная масса, то $N = (m/M)N_A$. Выразив в этой формуле массу как произведение плотности на объем V , получим

$$N = \frac{\rho V N_A}{M}. \quad (1)$$

Произведем вычисления, учитывая, что $M = 18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

$$N = \frac{10^3 \cdot 10^{-9}}{18 \cdot 10^{-3}} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ молекул} = 3,34 \cdot 10^{19} \text{ молекул}.$$

Массу m_1 одной молекулы можно найти по формуле

$$m_1 = M/N_A. \quad (2)$$

Подставив в (2) значения M и N_A , найдем массу молекулы воды:

$$m_1 = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 2,99 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

Если молекулы воды плотно прилегают друг к другу, то можно считать, что на каждую молекулу приходится объем (кубическая ячейка) $V_1 = d^3$, где

$$d - \text{диаметр молекулы. Отсюда } d = \sqrt[3]{V_1}. \quad (3)$$

Объем V_1 найдем, разделив молярный объем V_m на число молекул в моле,

$$\text{т. е. на } N_A: V_1 = \frac{V_m}{N_A}. \quad (4)$$

$$\text{Подставим выражение (4) в (3): } d = \sqrt[3]{\frac{V_m}{N_A}},$$

$$\text{где } V_m = M/\rho. \text{ Тогда } d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}. \quad (5)$$

Проверим, дает ли правая часть выражения (5) единицу длины:

$$\left\{ \frac{[M]}{[\rho][N_A]} \right\}^{1/3} = \left\{ \frac{1 \text{ кг/моль}}{1 \text{ кг/м}^3 \cdot 1 \text{ моль}^{-1}} \right\}^{1/3} = 1 \text{ м}.$$

$$\text{Произведем вычисления: } d = \sqrt[3]{\frac{18 \cdot 10^{-3}}{10^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}} = 3,11 \cdot 10^{-10} = 311 \text{ пм}.$$

ПРИМЕР 2. В баллоне объемом $V = 10$ л находится гелий под давлением $p_1 = 1$ МПа и при температуре $T_1 = 300$ К. После того как из баллона было взято $m = 10$ г гелия, температура в баллоне понизилась до $T_2 = 290$ К. Определить давление p_2 гелия, оставшегося в баллоне.

РЕШЕНИЕ. Для решения задачи воспользуемся уравнением Менделеева–Клапейрона, применив его к конечному состоянию газа:

$$p_2 V = \frac{m_2}{M} R T_2, \quad (1)$$

где m_2 - масса гелия в баллоне в конечном состоянии; M - молярная масса гелия; R - молярная газовая постоянная.

$$\text{Из уравнения (1) выразим искомое давление: } p_2 = \frac{m_2 R T_2}{M V}. \quad (2)$$

Массу m_2 гелия выразим через массу m_1 соответствующую начальному состоянию, и массу m гелия, взятого из баллона: $m_2 = m_1 - m$. (3)

Массу m_1 гелия найдем также из уравнения Менделеева–Клапейрона,

применив его к начальному состоянию: $m_1 = \frac{Mp_1V}{RT_1}$. (4)

Подставив выражение массы m_1 в (3), а затем выражение m_2 в (2), найдем

$$p_2 = \left(\frac{Mp_1V}{RT_1} - m \right) \frac{RT_2}{MV}, \text{ или } p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 - \frac{m}{M} \frac{RT_2}{V}. \quad (5)$$

Проверим, дает ли формула (5) единицу давления. Для этого в ее правую часть вместо символов величин подставим их единицы. В правой части формулы два слагаемых. Очевидно, что первое из них дает единицу давления, так как состоит из двух множителей, первый из которых (T_2/T_1) — безразмерный, а второй — давление. Проверим второе слагаемое:

$$\begin{aligned} \frac{[m] [R] [T]}{[M] [V]} &= \frac{1\text{кг}}{1\text{кг/моль}} \frac{1\text{Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \cdot 1\text{К}}{1\text{м}^3} = \frac{1\text{кг} \cdot 1\text{моль}}{1\text{кг}} \frac{1\text{Дж} \cdot 1\text{К}}{1\text{м}^3 \cdot 1\text{моль} \cdot 1\text{К}} = \\ &= \frac{1\text{Дж}}{1\text{м}^3} = \frac{1\text{Н} \cdot \text{м}}{1\text{м}^3} = \frac{1\text{Н}}{1\text{м}^2} = 1\text{Па}. \end{aligned}$$

Паскаль является единицей давления. Произведем вычисления по формуле (5), учитывая, что $M = 4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль:

$$p_2 = \left(\frac{290}{300} \cdot 10^6 - \frac{10^{-2}}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{8,31}{10^{-2}} \cdot 290 \right) = 3,64 \cdot 10^5 = 0,364 \text{ МПа}.$$

ПРИМЕР 3. Баллон содержит $m_1 = 80$ г кислорода и $m_2 = 320$ г аргона. Давление смеси $p = 1$ МПа, температура $T = 300$ К. Принимая данные газы за идеальные, определить объем V баллона.

РЕШЕНИЕ. По закону Дальтона давление смеси равно сумме парциальных давлений газов, входящих в состав смеси.

По уравнению Менделеева–Клапейрона парциальные давления p_1 кислорода и p_2 аргона выражаются формулами: $p_1 = \frac{m_1 RT}{M_1 V}$, $p_2 = \frac{m_2 RT}{M_2 V}$.

Следовательно, по закону Дальтона давление смеси газов

$$p = p_1 + p_2, \text{ или } p = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{V},$$

откуда объем баллона $V = \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right) \frac{RT}{p}$.

Произведем вычисления, учитывая, что $M_1 = 32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, $M_2 = 40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль:

$$V = \left(\frac{0,08}{32 \cdot 10^{-3}} + \frac{0,32}{40 \cdot 10^{-3}} \right) \frac{8,31 \cdot 300}{10^6} = 0,0262 \text{ м}^3 = 26,2 \text{ л.}$$

ПРИМЕР 4. Вычислить удельные, теплоемкости при постоянном объеме c_v и при постоянном давлении c_p неона и водорода, принимая эти газы за идеальные.

РЕШЕНИЕ. Удельные теплоемкости идеальных газов выражаются формулами:

$$c_v = \frac{i}{2} \frac{R}{M}, \quad (1)$$

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

где i - число степеней свободы молекулы газа; M - молярная масса. Для неона (одноатомный газ) $i = 3$ и $M = 20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Произведем вычисления:

$$c_v = \frac{3}{2} \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 6,24 \cdot 10^2 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$c_p = \frac{3+2}{2} \frac{8,31}{20 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

Для водорода (двухатомный газ) $M = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Тогда:

$$c_v = \frac{5}{2} \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,04 \cdot 10^4 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К});$$

$$c_p = \frac{5+2}{2} \frac{8,31}{2 \cdot 10^{-3}} = 1,46 \cdot 10^4 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

ПРИМЕР 5. В цилиндре под поршнем находится водород массой $m = 0,02$ кг при температуре $T_1 = 300$ К. Водород сначала расширился адиабатно, увеличив свой объем в $n_1 = 5$ раз, а затем был сжат изотермически,

причем объем газа уменьшился в $n_2 = 5$ раз. Найдите температуру в конце адиабатного расширения и работу, совершенную газом при этих процессах. Изобразить процесс графически.

РЕШЕНИЕ. Температуры и объемы газа, совершающего адиабатный процесс, связаны между собой соотношением $\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}$, или $\frac{T_2}{T_1} = \frac{1}{n_1^{\gamma-1}}$,

где γ - отношение теплоемкостей газа при постоянном давлении и постоянном объеме, $n_1 = V_2/V_1$.

Отсюда получаем следующее выражение для конечной температуры:

$$T_2 = T_1/n_1^{\gamma-1}.$$

Работа A_1 газа при адиабатном расширении может быть определена по формуле $A_1 = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2) = \frac{m}{M} \frac{i}{2} R (T_1 - T_2)$,

где C_v - молярная теплоемкость газа при постоянном объеме. Работа A_2 газа при изотермическом процессе может быть выражена в виде

$$A_2 = \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{V_3}{V_2}, \text{ или } A_2 = \frac{m}{M} RT_2 \ln \frac{1}{n_2},$$

где $n_2 = V_2/V_3$.

Произведем вычисления, учтя, что для водорода как двухатомного газа

$$\gamma = 1,4, \quad i = 5 \text{ и } M = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль: } T_2 = \frac{300}{5^{1,4-1}} = \frac{300}{5^{0,4}} \text{ К.}$$

Так как $5^{0,4} = 1,91$ (находится логарифмированием), то

$$T_2 = \frac{300}{1,91} = 157 \text{ К,}$$

$$A_1 = \frac{0,02 \cdot 5 \cdot 8,31}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2} (300 - 157) = 29,8 \text{ кДж.}$$

$$A_2 = \frac{0,02}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 157 \ln \frac{1}{5} = -21 \text{ кДж.}$$

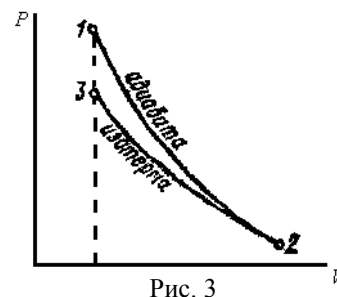


Рис. 3

Зная «минус» показывает, что при сжатии работа газа совершается над газом внешними силами. График процесса приведен на рис. 3.

**Таблица вариантов к контрольной работе №1
для студентов 1 – го курса направления подготовки «Землеустройство и
кадастры»**

Последняя цифра шифра	Предпоследняя цифра шифра	
	0 и четная	нечетная
0	2 22 42 62 82 102 122 142 162 182	1 21 41 61 81 101 121 141 161 181
1	4 24 44 64 84 104 124 144 164 184	3 23 43 63 83 103 123 143 163 183
2	6 26 46 66 86 106 126 146 166 186	5 25 45 65 85 105 125 145 165 185
3	8 28 48 68 88 108 128 148 168 188	7 27 47 67 87 107 127 147 167 187
4	10 30 50 70 90 110 130 150 170 190	9 29 49 69 89 109 129 149 169 189
5	12 32 52 72 92 112 132 152 172 192	11 31 51 71 91 111 131 151 171 191
6	14 34 54 74 94 114 134 154 174 194	13 33 53 73 93 103 133 153 173 193
7	16 36 56 76 96 116 136 156 176 196	15 35 55 75 95 105 135 155 175 195
8	18 38 58 78 98 118 138 158 178 198	17 37 57 77 97 107 137 157 177 197
9	20 40 60 80 100 120 140 160 180 200	19 39 59 79 99 109 139 159 179 199

1. При прямолинейном движении зависимость пройденного телом пути от времени описывается уравнением $S=A+Bt+Ct^2+Dt^3$, где $B=2$ м/с, $C=0,14$ м/с², $D=0,1$ м/с³. Через сколько времени после начала движения ускорение тела будет равно а) 1 м/с²; б) 6 м/с²? Чему равна средняя скорость тела за промежуток времени, в течение которого ускорение возросло от 1 м/с² до 6 м/с²?
2. Зависимость координаты тела от времени задана уравнением $x=At+Bt^2+Ct^3$, где $A=12$ м/с, $B=-3$ м/с², $C=-4$ м/с³. Найти в явном виде зависимость скорости и ускорения от времени; расстояние, пройденное телом, мгновенные скорость и ускорение тела через 2 секунды после начала движения; среднюю скорость за промежуток времени от $t_1=2$ с до $t_2=5$ с.
3. 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/с², $C_1=-16$ м/с³; $A_2=2$ м/с, $B_2=-4$ м/с², $C_2=1$ м/с³. В какой момент времени ускорения этих точек будут одинаковы? Найти скорости точек в этот момент. Найти среднюю скорость второй материальной точки за промежуток времени с момента начала движения до момента равенства их ускорений.
4. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями: $x_1=A_1t+B_1t^2+C_1t^3$; $x_2=A_2t+B_2t^2+C_2t^3$, где $A_1=20$ м/с, $B_1=2$ м/с², $C_1=-4$ м/с³; $A_2=2$ м/с, $B_2=2$ м/с², $C_2=0,5$ м/с³. В какой момент времени скорости этих точек будут одинаковыми? Определить скорости и ускорения точек в этот момент. Найти среднюю скорость первой точки за промежуток времени с момента начала движения до момента равенства их скоростей.
5. Движение материальной точки задано уравнением $x=At+Bt^2$, где $A=4$ м/с,

$V = -0,05 \text{ м/с}^2$. Определить момент времени, в который скорость точки равна нулю. Найти путь, пройденный точкой, координату и ускорение точки в этот момент. Найти среднюю скорость точки за промежуток времени с момента начала движения до момента равенства ее скорости нулю.

6. Движения двух материальных точек выражаются уравнениями: $x_1 = A_1 + B_1 t^2 + C_1 t^3$; $x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$, где $A_1 = -12 \text{ м}$, $B_1 = -2 \text{ м/с}^2$, $C_1 = 8 \text{ м/с}^3$; $A_2 = -4 \text{ м/с}$, $B_2 = -3 \text{ м/с}^2$, $C_2 = 8 \text{ м/с}^3$. В какой момент времени координаты этих точек будут одинаковыми? Определить скорости и ускорения точек в этот момент. Найти среднюю скорость первой точки за промежуток времени с момента начала движения до момента равенства их координат.

7. Уравнение движения тела имеет вид $x = 15t - 0,4t^2$. Определить промежуток времени после начала движения, в течение которого точка вернется в исходное положение. Найти путь, пройденный точкой и ее среднюю скорость за этот промежуток времени.

8. Уравнение движения материальной точки по прямой имеет вид $x = A + Bt + Ct^2$, где $A = 4 \text{ м}$, $B = 2 \text{ м/с}$, $C = -0,5 \text{ м/с}^2$. Для момента времени $t_1 = 2$ секунды определить координату точки и мгновенное ускорение. Найти путь, пройденный точкой, и среднюю скорость за промежуток времени от $t_1 = 2 \text{ с}$ до $t_2 = 6 \text{ с}$.

9. Зависимость пройденного телом пути от времени дается уравнением $S = A - Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $A = 6 \text{ м}$, $B = 3 \text{ м/с}$, $C = -2 \text{ м/с}^2$, $D = 0,2 \text{ м/с}^3$. Считая движение прямолинейным, определить для тела в интервале времени от $t_1 = 1 \text{ с}$ до $t_2 = 4 \text{ с}$ 1) среднюю скорость; 2) путь, пройденный телом; 3) в какой момент времени после начала движения точка вернется в исходное положение?

10. Две материальные точки движутся согласно уравнениям: $x_1 = A_1 t + C_1 t^3$; $x_2 = A_2 t + B_2 t^2 + C_2 t^3$, где $A_1 = 14 \text{ м/с}$, $C_1 = -6 \text{ м/с}^3$; $A_2 = 2 \text{ м/с}$, $B_2 = 4 \text{ м/с}^2$, $C_2 = -5 \text{ м/с}^3$. В какой момент времени t_1 ускорение первой точки будет вдвое больше ускорения второй? Найти скорости точек в этот момент. Найти среднюю скорость первой точки за промежуток времени с момента начала движения до момента времени t_1 .

11. Электротрактор движется со скоростью $v = 6,28 \text{ км/ч}$. Какой путь пройдет трактор до полной остановки после выключения двигателя, если сила сопротивления составляет 0,3 силы тяжести.

12. Определить силу тяги на крюке трактора, если ускорение, с которым трактор ведёт прицеп, $a = 0,2 \text{ м/с}^2$. Масса прицепа $m = 0,5 \text{ т}$, сопротивление движению $F = 1,5 \text{ кН}$.

13. Перпендикулярно к стенке сосуда летит частица массой $m = 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ со скоростью $v = 600 \text{ м/с}$. Определить импульс, полученный стенкой при упругом соударении частицы.

14. Шарик массой $m = 200 \text{ г}$, двигаясь горизонтально, ударился о стенку и при этом сообщил ей импульс силы $I = F \cdot \Delta t = 4 \text{ Н} \cdot \text{с}$. Определить скорость шарика в момент удара. Удар считать абсолютно упругим.

15. Определить силу тяготения двух соприкасающихся медных шаров радиусом $R = 1 \text{ м}$ каждый. Плотность меди $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

16. Определить ускорение свободного падения на Луне. Принять радиус Луны

$R_{\text{л}} = 1740 \text{ км}$, массу её $m = 7,33 \cdot 10^{22} \text{ кг}$.

17. Какое напряжение возникает в тросе сечением $S = 7,1 \text{ см}^2$ при подъёме клетки с углём массой $m = 1,5 \text{ т}$ с ускорением $a = 0,19 \text{ м/с}^2$.

18. Автомобиль массой $m = 3 \text{ т}$ останавливается при торможении за время $t = 8 \text{ с}$, пройдя равнозамедленно путь $s = 50 \text{ м}$. Найти начальную скорость автомобиля и силу трения при торможении.

19. Мяч упал со скоростью $v_0 = 20 \text{ м/с}$ и, ударившись о мостовую, отскочил вверх, при этом скорость его стала $v = 15 \text{ м/с}$. Определить изменение импульса мяча, если потери кинетической энергии составляют $\Delta T = 8,75 \text{ Дж}$.

20. Трактор «Беларусь» массой $m = 3340 \text{ кг}$ движется по выпуклому мосту со скоростью $v = 9 \text{ км/ч}$. Определить силу давления на мост в верхней его части, если радиус кривизны моста $R = 146 \text{ м}$.

21. Тело некоторой массы скользит вниз по наклонной плоскости с постоянным ускорением, равным $0,05g$. Найти угол наклона этой плоскости, если коэффициент трения равен $0,02$.

22. За какое время тело спустится с вершины наклонной плоскости высотой 3 м и углом у основания 60° , если максимальный угол у основания наклонной плоскости, при котором тело находится на ней в покое, равен 30° ?

23. Тело массой m скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . Зависимость пройденного телом пути от времени дается уравнением $s = Ct^2$, где $C = 1,73 \text{ м/с}^2$. Найти коэффициент трения тела о плоскость.

24. На автомобиль массой 1 т во время движения действует сила трения, равная $0,1$ действующей на него силы тяжести. Найти силу тяги, развиваемую мотором автомобиля, если автомобиль движется с ускорением 1 м/с^2 в гору с уклоном 1 м на каждые 25 м пути.

25. По наклонной плоскости с углом α наклона к горизонту, равным 30° , скользит тело. Определить скорость тела в конце второй секунды от начала скольжения, если коэффициент трения $\mu = 0,15$.

26. С каким ускорением будет скользить тело по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол $\alpha = 24^\circ$, если коэффициент трения равен $0,03$? Какое время потребуется для прохождения при этих условиях пути 100 м ? Какую скорость тело будет иметь в конце пути?

27. С вершины клина, длина которого $l = 2 \text{ м}$ и высота $h = 1 \text{ м}$, начинает скользить небольшое тело. Коэффициент трения между телом и клином $\mu = 0,15$. Определить: 1) ускорение, с которым движется тело; 2) время прохождения тела вдоль клина; 3) скорость тела у основания клина.

28. На автомобиль массой 2 т во время движения действует сила трения, равная $0,1$ действующей на него силы тяжести. Найти силу тяги, развиваемую мотором автомобиля, если автомобиль движется с постоянной скоростью в гору с уклоном 1 м на каждые 25 м пути.

29. Тело некоторой массы равномерно скользит вниз по наклонной плоскости. Найти угол наклона этой плоскости, если коэффициент трения равен $0,05$.

30. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол

45. Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.
31. Маховое колесо с моментом инерции $J = 300 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ вращается с частотой $n = 25 \text{ с}^{-1}$. Какой тормозящий момент надо приложить к колесу, чтобы оно остановилось через $t = 1 \text{ мин}$ после начала торможения?
32. Диск массой $m = 2 \text{ кг}$ катится без скольжения по горизонтальной плоскости со скоростью $v = 4 \text{ м/с}$. Найти кинетическую энергию диска.
33. Диск радиусом $R = 20 \text{ см}$ и массой $m = 5 \text{ кг}$ вращается с частотой $n = 10 \text{ с}^{-1}$. Какой тормозящий момент следует приложить к диску, чтобы он остановился через $t = 5 \text{ с}$ после начала торможения?
34. Определить массу Солнца, зная скорость движения Земли по орбите $v = 30 \text{ км/с}$. Диаметр орбиты Земли принять равным $d = 3 \cdot 10^8 \text{ км}$.
35. Диск массой $m = 15 \text{ кг}$ и радиусом $R = 20 \text{ см}$ вращается по инерции с частотой $n = 10 \text{ с}^{-1}$. Через $t = 5 \text{ с}$ после начала торможения диск остановился. Найти момент M тормозящей силы.
36. Определить частоту вращения махового колеса в виде сплошного диска радиусом $R = 10 \text{ см}$ и массой $m = 5 \text{ кг}$, если под действием тормозящего момента $M = -2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ он остановился по истечении времени $t = 5 \text{ с}$.
37. Однородный стержень массой $m = 1 \text{ кг}$ и длиной $l = 1 \text{ м}$ может вращаться в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через его середину. Какое угловое ускорение получит этот стержень под действием вращающего момента $M = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$?
38. Диск радиусом $R = 20 \text{ см}$ и массой $m = 5 \text{ кг}$ вращается с частотой $n = 8 \text{ с}^{-1}$ около оси, проходящей через центр диска перпендикулярно его плоскости. При торможении диск остановился по истечении времени $t = 4 \text{ с}$. Определить тормозящий момент M .
39. Сплошной диск радиусом $R = 15 \text{ см}$ и массой $m = 2 \text{ кг}$ вращается с частотой $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ около оси, проходящей через центр диска перпендикулярно его плоскости. Определить момент инерции диска и его кинетическую энергию.
40. Молотильный барабан, момент инерции которого $J = 20 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращается с частотой $n = 20 \text{ с}^{-1}$. Определить время до полной остановки барабана под действием тормозящего момента $M = -12,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$.
41. Маховик, момент инерции которого равен $J = 63,7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 31,4 \text{ рад/с}$. Найти тормозящий момент M , под действием которого маховик останавливается через $t = 20 \text{ с}$. Маховик считать однородным диском.
42. Определить, какая постоянная касательная сила приложена к ободу однородного сплошного диска радиусом 0,5 м и массой 24 кг, если при вращении на него действует момент сил трения $2 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Угловое ускорение диска постоянно и равно 16 рад/с^2 .
43. Маховое колесо, имеющее момент инерции $245 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращается, делая 20 об/с. Через минуту после того, как на колесо перестал действовать вращающий момент, оно остановилось. Найти момент сил трения.

- 44.** К ободу однородного сплошного диска радиусом $R=0,2$ м приложена постоянная касательная сила $F=98,1$ Н. При вращении на диск действует момент сил трения $5 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Найти массу диска, если известно, что диск вращается с постоянным ускорением $\varepsilon=100 \text{ рад/с}^2$.
- 45.** Маховик в виде сплошного диска, момент инерции которого $J=150 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращается с частотой $\nu=240$ об/мин. Через время $t=1$ мин как на маховик стал действовать момент сил торможения, он остановился. Определить момент сил торможения.
- 46.** Вал массой $m=100$ кг и радиусом $R=5$ см вращался с частотой $\nu=8 \text{ с}^{-1}$. К цилиндрической поверхности вала прижали тормозную колодку с силой $N=40$ Н, под действием которой вал остановился через $t=10$ с. Определить коэффициент трения.
- 47.** Диск массой $m=2$ кг и радиусом $R=10$ см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение движения диска имеет вид $\varphi = Ct^3$, где $C = -1 \text{ рад/с}^3$. Определить вращающий момент M в момент времени $t=2$ с, если момент сил торможения постоянен и равен $12 \text{ Н} \cdot \text{м}$.
- 48.** Маховик радиусом $0,5$ м, вращаясь равнозамедленно, за 10 секунд изменил частоту вращения от 480 до 120 об/мин. Тормозящий момент постоянен и равен $40 \text{ Н} \cdot \text{м}$. Определить массу маховика.
- 49.** К шару радиусом $0,2$ м приложена касательная сила 100 Н. При вращении вокруг оси, проходящей через центр масс, на шар действует момент сил трения $5 \text{ Н} \cdot \text{м}$. С каким угловым ускорением вращается шар, если его масса 15 кг?
- 50.** Маховик в виде сплошного диска, момент инерции которого $J=1,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, вращаясь при торможении равнозамедленно, за время $t=1$ мин уменьшил частоту своего вращения с $\nu_0=240$ об/мин до $\nu_1=120$ об/мин. Определить момент силы торможения.
- 61.** На нитях одинаковой длины, равной $2,5$ м, закрепленных в одной точке, подвешены два шарика массами 75 г и 100 г, соответственно. Нить с большим шариком отклонили на угол 60 градусов и отпустили. Считая удар абсолютно неупругим, определить, на какую высоту поднимутся шарики после соударения.
- 62.** Пуля массой 15 г, летящая с горизонтальной скоростью $0,5$ км/с, попадает в баллистический маятник массой 6 кг и застревает в нем. Определить высоту, на которую поднимется маятник, откачнувшись после удара.
- 63.** Два тела массами 3 кг и 5 кг движутся навстречу друг другу со скоростями 7 м/с и 9 м/с. Найти скорость движения тел после соударения и выделившуюся при неупругом ударе энергию.
- 64.** Пуля массой 15 г, летящая горизонтально со скоростью 200 м/с, попадает в баллистический маятник длиной 1 м и массой $1,5$ кг и застревает в нем. Определить угол отклонения маятника.
- 65.** Тело массой 3 кг движется со скоростью 2 м/с и ударяется о неподвижное тело такой же массы. Считая удар центральным и неупругим, определить количество теплоты, выделившееся при ударе.
- 66.** Пуля массой 12 г, летящая с горизонтальной скоростью $0,6$ км/с, попадает в мешок с песком массой 10 кг, висящий на длинной нити, и застревает в нем. Определить: 1) высоту, на которую поднимется мешок, отклонившись после

удара; 2) энергию, израсходованную на пробивание песка.

67. На нитях одинаковой длины, равной 0,8 м, закрепленных в одной точке, подвешены два шарика массами 40 г и 60 г, соответственно. Нить с меньшим шариком отклонили на угол 60 градусов и отпустили. Считая удар неупругим, определить, какая энергия пошла на нагревание шариков.

68. Пуля массой 9 г, летящая с горизонтальной скоростью 0,6 км/с, попадает в баллистический маятник массой 8 кг и застревает в нем. Определить выделившуюся при этом энергию.

69. Тело массой 8 кг движется со скоростью 3 м/с и ударяется о движущееся со скоростью 1 м/с в том же направлении тело вдвое большей массы. Считая удар центральным и неупругим, определить количество теплоты, выделившееся при ударе.

70. На нитях одинаковой длины, равной 1,2 м, закрепленных в одной точке, подвешены стальной и пластилиновый шарики одного размера массой 20 г и 8 г, соответственно. Нить со стальным шариком отклонили на угол 45° градусов и отпустили. Определить, на какую высоту поднимутся шарики после соударения.

71. В баллон накачали водород, создав при температуре $t = 6^{\circ}\text{C}$ давление $p = 7,73\text{МПа}$. Определить плотность ρ газа в баллоне.

72. Давление p внутри плотно закупоренной бутылки при температуре $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$ равно 5,32 кПа. При нагревании до температуры $t_2 = 32^{\circ}\text{C}$ пробка из бутылки вылетела. Определить, при каком давлении вылетела пробка.

73. Для сварки был применён газ, находящийся в баллоне объёмом $V = 25\text{л}$ при температуре $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$ и давлении $p_1 = 20,2\text{МПа}$. Сколько газа было израсходовано, если давление в баллоне стало $p_2 = 4,04\text{МПа}$, а температура $t_2 = -23^{\circ}\text{C}$? Относительная молекулярная масса газа $M = 26$.

74. Определить плотность азота при давлении $p = 8,31\text{МПа}$ и при температуре $t = 7^{\circ}\text{C}$.

75. Какой газ при давлении $p = 0,808\text{МПа}$ и при температуре $T = 240\text{К}$ имеет плотность $\rho = 0,81\text{кг/м}^3$?

76. Определить количество вещества ν газа, занимающего объём $V = 2\text{см}^3$ при температуре $T = 241\text{К}$ и давлении $p = 1\text{ГПа}$.

77. Относительная молекулярная масса газа $M = 17$, отношение $\frac{C_p}{C_v} = 1,33$.

Вычислить по этим данным удельные теплоёмкости c_p и c_v .

78. Определить теплоту Q , необходимую для нагревания азота массой $m = 10\text{г}$ на $\Delta T = 20\text{К}$: 1) при постоянном давлении, 2) при постоянном объёме. Результаты сравнить.

79. При каких условиях нагрели водород массой $m = 20\text{г}$, если при повышении его температуры на $\Delta T = 10\text{К}$ потребовалась теплота $Q = 2,08\text{кДж}$?

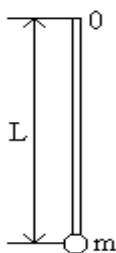
80. Определить энергию вращательного движения молекулы кислорода при температуре $t = -173^{\circ}\text{C}$.

- 81.** Частица движется со скоростью $v=0,8c$, где c – скорость света в вакууме. Определить: 1) отношение массы релятивистской частицы к ее массе покоя; 2) релятивистский импульс и полную энергию, если эта частица – электрон.
- 82.** Определить, на сколько процентов масса релятивистской частицы, вылетающей из ускорителя со скоростью $v=0,75c$, где c – скорость света в вакууме, больше ее массы покоя. Определить кинетическую энергию этой частицы, если она - протон.
- 83.** Определить скорость движения релятивистской частицы, если ее масса в два раза больше массы покоя. Найти полную энергию этой частицы, если ее масса совпадает с массой покоя ядра атома гелия.
- 84.** Определить релятивистский импульс, полную и кинетическую энергии протона, если скорость его движения $v=0,8c$, где c – скорость света в вакууме.
- 85.** Полная энергия релятивистской частицы в 8 раз превышает ее энергию покоя. Определить скорость этой частицы и релятивистский импульс, если предположить, что эта частица – нейтрон.
- 86.** Определить скорость и релятивистский импульс электрона, если его кинетическая энергия равна энергии покоя.
- 87.** Определить массу, кинетическую и полную энергии протона, движущегося со скоростью $v=0,75c$, где c – скорость света в вакууме.
- 88.** Определить релятивистский импульс и полную энергию альфа – частицы, кинетическая энергия которой равна $3,6 \cdot 10^{-9}$ Дж.
- 89.** Определить скорость движения протона, при которой его кинетическая энергия равна $7,7 \cdot 10^{-11}$ Дж. Найти его релятивистский импульс и полную энергию.
- 90.** Определить релятивистский импульс, кинетическую и полную энергии нейтрона, движущегося со скоростью $v=0,95c$, где c – скорость света в вакууме.
- 91.** Определить скорость и ускорение материальной точки через 5 с после начала движения, если она совершает гармонические колебания, согласно уравнению $x = 0,02 \cos(\pi t + \pi/3)$, м. Написать уравнение для силы, вызывающей это движение, если масса точки 11 г.
- 92.** Точка массой 20 г совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см и периодом 5 с под действием некоторой периодической силы. Определить для точки максимальные скорость, ускорение и действующую силу.
- 93.** Определить максимальную скорость точки, совершающей гармонические колебания по закону $x = 3 \cos(\pi t/2 + \pi/8)$, м. Найти массу этой точки, если максимальная сила, вызывающая эти колебания, равна 12 Н.
- 94.** Скорость материальной точки, совершающей гармонические колебания, задается уравнением $v(t) = -6 \sin(2\pi t)$, м/с. Записать зависимость смещения этой точки от времени. Найти силу, действующую на точку в момент времени $t=6$ с, если масса точки 4 г.
- 95.** Определить скорость и ускорение материальной точки через 3 с после начала движения, если она совершает гармонические колебания согласно уравнению $x = 0,02 \cos(\pi t + \pi/4)$, м. Найти силу, действующую на точку через 20 с после начала движения, если масса точки 2 г.

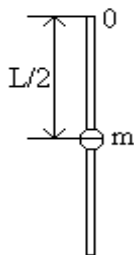
- 96.** Амплитуда гармонических колебаний материальной точки равна 5 см, период - 4 с. Найти максимальные скорость и ускорение колеблющейся точки. Найти силу, действующую на точку через 2 с после начала движения, если масса точки 10 г, а начальная фаза равна 120° .
- 97.** Уравнение движения материальной точки $x = 2 \sin(\pi t / 2 + \pi / 4)$, см. Найти максимальную скорость точки и ее максимальное ускорение, а также силу, действующую на эту точку в начальный момент времени, если масса точки 7 г.
- 98.** Уравнение движения материальной точки $x = \sin(\pi t / 6)$, м. Найти моменты времени, в которые достигаются минимальные по модулю скорость и ускорение. Найти силу, действующую на точку через 10 с после начала движения, если масса точки 12 г.
- 99.** Определить максимальные по модулю значения скорости и ускорения материальной точки, совершающей гармонические колебания с амплитудой 3 см и угловой частотой $\omega = \pi / 2 \text{ с}^{-1}$. Найти силу, действующую на точку через 3 с после начала движения, если масса точки 30 г, а начальная фаза колебаний 60° .
- 100.** Точка совершает колебания по закону $x = A \cos(\omega t)$, где $A = 5 \text{ см}$, $\omega = 2 \text{ с}^{-1}$. Определить ускорение точки в момент времени, когда ее скорость равна 8 см/с. Написать уравнение для силы, вызывающей это движение, если масса точки 9 г.
- 101.** Вычислить энергию вращательного движения всех молекул водяного пара массой $m = 36 \text{ г}$ при температуре $t = 20^\circ \text{ С}$.
- 102.** Определить полную кинетическую энергию молекул углекислого газа массой $m = 44 \text{ г}$ при температуре 270° С .
- 103.** Определить полную кинетическую энергию молекул, содержащихся в одном киломоле азота при температуре $t = 7^\circ \text{ С}$.
- 104.** Вычислить среднюю энергию поступательного движения молекулы азота при температуре $t = 137^\circ \text{ С}$.
- 105.** Определить энергию поступательного движения молекул водяного пара массой $m = 18 \text{ г}$ при температуре $t = 167^\circ \text{ С}$.
- 106.** Определить, во сколько раз показатель адиабаты для гелия больше, чем для углекислого газа.
- 107.** Определить изменение ΔU внутренней энергии водяного пара массой $m = 100 \text{ г}$ при повышении его температуры на $\Delta T = 20 \text{ К}$ при постоянном объеме.
- 108.** Для нагревания водорода массой 20 г при постоянном давлении затрачена теплота $Q = 2,94 \text{ кДж}$. Как изменится температура газа?
- 109.** Определить удельную теплоёмкость газа при постоянном давлении, если известно, что относительная молекулярная масса газа $M = 30$, отношение теплоёмкостей $\frac{C_p}{C_v} = 1,4$.
- 110.** Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул водорода больше скорости молекул кислорода при той же температуре?
- 111.** Определить среднюю длину свободного пробега молекул водорода при температуре $t = 27^\circ \text{ С}$ и давлении $p = 4 \text{ мкПа}$. Принять диаметр молекулы водорода $d = 2,3 \cdot 10^{-8} \text{ см}$.

- 112.** Определить среднюю частоту соударений молекул воздуха при температуре $t = 17^\circ\text{C}$ и давлении $p = 101\text{кПа}$. Эффективный диаметр d молекулы воздуха принять равным $0,35\text{нм}$.
- 113.** Известно, что основными компонентами сухого воздуха являются азот и кислород. Во сколько раз средняя скорость молекулы азота отличается от средней скорости молекулы кислорода?
- 114.** При изотермическом расширении водорода массой 1г при температуре $t = 7^\circ\text{C}$ объём газа увеличился в три раза. Определить работу расширения.
- 115.** Пары ртути массой 200г нагреваются при постоянном давлении. При этом температура возросла на $\Delta T = 100\text{К}$. Определить увеличение ΔU внутренней энергии паров и работу A расширения. Молекулы паров ртути одноатомные.
- 116.** При адиабатическом расширении углекислого газа с количеством вещества $\nu = 2\text{моль}$ его температура понизилась на $\Delta t = 20^\circ\text{C}$. Какую работу совершил газ?
- 117.** Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура T_1 нагревателя в 2 раза выше температуры T_2 охладителя. Определить к. п. д. такого цикла.
- 118.** Совершая цикл Карно, газ получил от нагревателя теплоту $Q_1 = 1\text{кДж}$. Сколько теплоты было отдано охладителю, если к. п. д. идеальной тепловой машины 25% ?
- 119.** Воздух, занимавший объём $V_1 = 10\text{л}$ при нормальном атмосферном давлении, был адиабатически сжат до объёма $V_2 = 1\text{л}$. Каково давление газа после сжатия?
- 120.** Определить работу A адиабатического сжатия паров углекислого газа массой $m = 110\text{г}$, если при сжатии температура газа повысилась на $\Delta T = 10\text{К}$.
- 121.** На концах тонкого стержня длиной 30см укреплены одинаковые грузы по одному на каждом конце. Стержень с грузами колеблется около горизонтальной оси, проходящей через точку, удаленную на 10см от одного из концов стержня. Определить приведенную длину и период колебаний такого физического маятника. Массой стержня пренебречь.
- 122.** На стержне длиной 30см укреплены два одинаковых груза: один в середине стержня, другой - на одном из его концов. Стержень с грузами колеблется около горизонтальной оси, проходящей через свободный конец стержня. Определить приведенную длину и период колебаний такой системы. Массой стержня пренебречь.
- 123.** Математический маятник длиной 40см и физический маятник в виде тонкого прямого стержня длиной 60см синхронно колеблются около одной и той же горизонтальной оси. Определить расстояние от центра масс стержня до оси колебаний.
- В задачах **124 - 127** физический маятник представляет собой тонкий однородный стержень массой m с укрепленным на нем маленьким шариком массой m . Маятник совершает колебания около горизонтальной оси, проходящей через точку O на стержне. Определить период гармонических колебаний маятника, изображенного на рисунке. Длина стержня $L = 1\text{м}$. Шарик рассматривать как материальную точку.

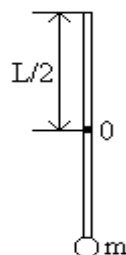
124.



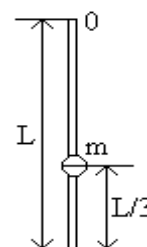
125.



126.

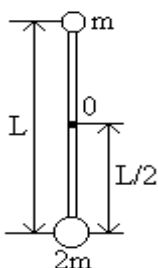


127.

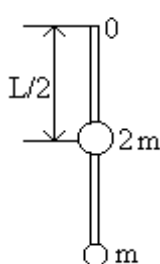


В задачах **128 - 130** физический маятник представляет собой тонкий однородный стержень массой m с укрепленными на нем двумя маленькими шариками массами m и $2m$. Маятник совершает колебания около горизонтальной оси, проходящей через точку O на стержне. Определить частоту гармонических колебаний маятника, изображенного на рисунке. Длина стержня $L=1$ м. Шарика рассматривать как материальные точки.

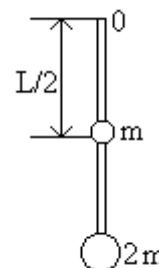
128.



129.



130.



В задачах **131- 140** в сосуде вместимостью $V=0,01$ м³ содержится смесь двух газов массами m_1 и m_2 при температуре T . Определить давление p , концентрацию n и плотность ρ смеси газов.

131. Кислород $m_1=20$ г и азот $m_2=3$ г, $T=400$ К;

132. Кислород $m_1=15$ г и водород $m_2=2$ г, $T=300$ К;

133. Азот $m_1=7$ г и водород $m_2=1$ г, $T=280$ К;

134. Гелий $m_1=6$ г и кислород $m_2=7$ г, $T=420$ К;

135. Углекислый газ $m_1=17$ г и кислород $m_2=9$ г, $T=500$ К;

136. Гелий $m_1=3$ г и водород $m_2=2$ г, $T=550$ К;

137. Гелий $m_1=3$ г и азот $m_2=30$ г, $T=700$ К;

138. Углекислый газ $m_1=25$ г и азот $m_2=32$ г, $T=650$ К;

139. Углекислый газ $m_1=31$ г и водород $m_2=3$ г, $T=420$ К;

140. Углекислый газ $m_1=7$ г и гелий $m_2=4$ г, $T=720$ К.

141. Азот, находившийся в состоянии 1 с параметрами $p_1=0,2$ МПа, $T_1=450$ К, $V_1=2$ л, изотермически перевели в состояние 2 с объемом $V_2=6$ л. Затем адиабатно объем газа был увеличен до $V_3=9$ л. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

142. Гелий, находящийся в состоянии 1 при давлении $p_1=0,25$ МПа, температуре $T_1=550$ К и занимающий объем $V_1=2,5$ л, изобарно перевели в состояние 2 с температурой $T_2=650$ К. Затем адиабатно объем газа был

увеличен на 3 л. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

143. Кислород, находящийся в состоянии 1 при давлении $p_1=0,25$ МПа, температуре $T_1=550$ К и занимающий объем $V_1=2,5$ л, изохорно перевели в состояние 2 с температурой $T_2=650$ К. Затем адиабатно давление газа было уменьшено в 2 раза. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

144. Водород, находящийся в состоянии 1 ($p_1=0,1$ МПа, $T_1=300$ К, $V_1=1$ л), перевели в состояние 2, адиабатно уменьшив давление на 20%. Затем изобарно объем газа был увеличен до $V_3=2$ л. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

145. Гелий, находящийся в состоянии 1 ($p_1=310$ кПа, $T_1=400$ К, $V_1=10$ л), перевели в состояние 2, адиабатно увеличив давление в два раза. Затем изотермически объем газа был увеличен на 6 литров. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

146. Кислород, находящийся в состоянии 1 ($p_1=230$ кПа, $T_1=450$ К, $V_1=20$ л), перевели в состояние 2, адиабатно уменьшив объем в три раза. Затем изохорно температура газа была увеличена на 100 К. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

147. Кислород, находящийся в состоянии 1 при давлении $p_1=250$ кПа, температуре $T_1=550$ К и занимающий объем $V_1=12$ л, изотермически перевели в состояние 2 с объемом $V_2=6$ л. Затем адиабатно объем газа был уменьшен на два литра. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

148. Азот, находящийся в состоянии 1 при давлении $p_1=220$ кПа, температуре $T_1=430$ К и занимающий объем $V_1=25$ л, изобарно перевели в состояние 2, уменьшив объем на семь литров. Затем адиабатно давление газа было уменьшено на 30%. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

149. Гелий, находящийся в состоянии 1 при давлении $p_1=150$ кПа,

температуре $T_1=500$ К и занимающий объем $V_1=12,5$ л, изотермически перевели в состояние 2 с объемом 6,5 литра. Затем адиабатно температура газа была уменьшена на 100 К. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

150. Водород, находящийся в состоянии 1 при давлении $p_1=0,25$ МПа, температуре $T_1=550$ К и занимающий объем $V_1=2,5$ л, изохорно перевели в состояние 2 с давлением $p_2=0,5$ МПа. Затем адиабатно объем газа был увеличен в 1,5 раза. Определить термодинамические параметры каждого из состояний. Для каждого из описанных процессов найти: 1) работу, совершенную газом; 2) изменение его внутренней энергии; 3) количество подведенной к газу теплоты.

151. Определить изменение энтропии 14 г азота при изобарном нагревании его от 27°C до 127°C .

152. Как изменится энтропия 2 молей углекислого газа при изотермическом расширении, если объем газа увеличился в четыре раза?

153. Найти изменение энтропии при нагревании 2 кг воды от 0 до 100°C и последующем превращении ее в пар при той же температуре. Удельная теплоемкость воды 4190 Дж/кг К, удельная теплота парообразования $2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг.

154. Определить изменение энтропии при затвердевании 2 кг свинца и дальнейшем его охлаждении от 327 до 0°C . Удельная теплота плавления свинца $0,25 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплоемкость свинца 120 Дж/кг К.

155. Определить изменение энтропии при плавлении 1 кг льда, находившегося при температуре 0°C , и последующем нагревании воды до температуры 57°C . Удельная теплота плавления льда $3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплоемкость воды 4190 Дж/кг К.

156. В результате изохорного нагревания водорода массой 1 г давление газа увеличилось в два раза. Определить изменение энтропии газа.

157. Найти изменение энтропии при изобарном расширении азота массой 4 г от объема $V_1=5$ л до объема $V_2=9$ л.

158. Объем кислорода массой 1 кг был увеличен в 5 раз в результате изотермического расширения. Найти изменение энтропии газа.

159. Объем кислорода массой 2 кг был увеличен в 5 раз в результате адиабатного расширения. Найти изменение энтропии газа.

160. Во сколько раз необходимо увеличить объем 10 г водорода, чтобы при изотермическом расширении его энтропия увеличилась на $57,6$ Дж/К?

161. Кислород находится при нормальных условиях. Определить коэффициент теплопроводности кислорода, если эффективный диаметр его молекул равен $0,36$ нм.

162. Средняя длина свободного пробега атомов гелия при нормальных условиях равна 180 нм. Определить коэффициент диффузии гелия.

- 163.** Глицерин поднялся в капиллярной трубке диаметром канала 1 мм на высоту 20 мм. Определить коэффициент поверхностного натяжения глицерина. Смачивание считать полным.
- 164.** Найти диаметр молекулы кислорода, если коэффициент внутреннего трения при 0°C равен $18,8 \cdot 10^{-5} \text{ г} \cdot \text{см}/\text{с}$.
- 165.** На какую высоту поднимается глицерин в капиллярной трубке с диаметром канала 1 мм? Коэффициент поверхностного натяжения глицерина $6,2 \cdot 10^{-2} \text{ Н}/\text{м}$, а его плотность $1,26 \text{ г}/\text{см}^3$.
- 166.** Найти коэффициент теплопроводности водорода при 0°C, если коэффициент внутреннего трения для него при этой температуре равен $8,6 \cdot 10^{-5} \text{ г}/\text{см} \cdot \text{с}$.
- 167.** Определить массу азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 50 см^2 за время 20 с, если градиент плотности в направлении перпендикулярном площадке равен $1 \text{ кг}/\text{м}^4$. Температура азота 290 К, а средняя длина свободного пробега его молекул равна 1 мкм.
- 168.** Найти коэффициент внутреннего трения азота при нормальных условиях, если коэффициент диффузии для него при этих условиях равен $0,142 \text{ см}^2/\text{с}$.
- 169.** В сосуде объемом 2 л находится $4 \cdot 10^{22}$ молекул двухатомного газа. Коэффициент теплопроводности газа равен $0,014 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$. Найти коэффициент диффузии при этих условиях.
- 170.** В сосуде с маслом падает стальной шарик с постоянной скоростью $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}/\text{с}$. Тот же шарик в сосуде с глицерином падает со скоростью $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}/\text{с}$. Определить коэффициент вязкости глицерина, если коэффициент вязкости масла равен $2 \text{ Па} \cdot \text{с}$, плотность стали – $7,7 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$, глицерина – $1,2 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3$, масла – $900 \text{ кг}/\text{м}^3$.
- 171.** Тепловая машина, работающая по циклу Карно, имеет температуру нагревателя 327°C и температуру холодильника 227°C . Во сколько раз нужно увеличить термодинамическую температуру нагревателя, чтобы к.п.д. машины увеличить в два раза?
- 172.** Углекислый газ массой 6,6 кг при давлении 0,1 МПа занимает объем $3,75 \text{ м}^3$. Определить температуру газа, если 1) газ реальный, 2) газ идеальный. Поправки a и b принять равными соответственно $0,361 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$ и $4,28 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$.
- 173.** Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. Определить к.п.д. цикла, если известно, что за один цикл была произведена работа, равная 3000 Дж, и холодильнику было передано $1,35 \cdot 10^4$ Дж теплоты.

- 174.** Тепловая машина работает по циклу Карно. Определить к.п.д. цикла, если известно, что за один цикл была произведена работа $3 \cdot 10^3$ Дж, и холодильнику было передано $1,35 \cdot 10^4$ Дж теплоты.
- 175.** Идеальный газ, совершающий цикл Карно, 70% количества теплоты, полученной от нагревателя, отдает холодильнику. Количество теплоты, получаемое от нагревателя, равно 5 кДж. Определить 1) к.п.д. цикла; 2) работу, совершенную при полном цикле.
- 176.** Идеальная машина Карно за цикл получает от нагревания количество теплоты 2,512 кДж. Температура нагревателя 400 К, температура холодильника 300 К. Найти работу, совершаемую машиной за один цикл, и количество теплоты, отдаваемое холодильнику за один цикл.
- 177.** Тепловая машина работает по циклу Карно. При этом 80% теплоты, получаемой от нагревателя, передаётся холодильнику. Количество теплоты, получаемое от нагревателя, равно 6,3 кДж. Найти 1) к.п.д. цикла; 2) работу, совершаемую за один цикл.
- 178.** Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура нагревателя 500 К, холодильника 300 К. Работа изотермического расширения составляет 2 кДж. Определить 1) к.п.д. цикла; 2) количество теплоты, отданное газом при изотермическом сжатии холодильнику.
- 179.** Какую температуру имеют 2 г азота, занимающего объем 0,82 л при давлении 2,026 МПа? Газ рассмотреть как: 1) идеальный; 2) как реальный ($a=0,136 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b=3,85 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$).
- 180.** В сосуде емкостью 0,3 л находится 1 моль углекислого газа при температуре 27°C. Определить давление газа: 1) по уравнению Клапейрона-Менделеева; 2) по уравнению Ван-дер-Ваальса (для углекислого газа $a=0,364 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{моль}^2$, $b=4,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{моль}$)
- 181.** Мальчик надувает воздушный шарик. При радиусе шарика 10 см скорость увеличения радиуса равна 1 мм/с. Какой объем воздуха ежесекундно выдыхает мальчик?
- 182.** Тело начинает движение из точки А и движется сначала равноускоренно в течение времени t_0 , затем с тем же по модулю ускорением – равнозамедленно. Через какое время от начала движения тело вернется в точку А?
- 183.** Из шланга, лежащего на земле, бьет под углом 45° к горизонту вода с начальной скоростью 10 м/с. Площадь сечения отверстия шланга 5 см². Определите массу струи, находящейся в воздухе.
- 184.** Небольшое тело движется по окружности радиуса r со скоростью, которая линейно увеличивается во времени по закону $v = kt$. Найдите зависимость полного ускорения тела от времени.

- 185.** Какой будет продолжительность полета самолета из Новосибирска в Москву и обратно, происходящего по прямой, если в течение всего полета ветер дует под углом α к трассе со скоростью u ? Скорость самолета относительно воздуха v , длина трассы L . При каком направлении ветра продолжительность полета максимальна?
- 186.** Тело роняют над плитой на высоте h от нее. Плита движется вертикально вверх со скоростью u . Определите время между двумя последовательными ударами тела о плиту. Удары абсолютно упругие.
- 187.** На клине с углом α лежит монета. С каким наименьшим ускорением должен двигаться клин по горизонтальной плоскости, чтобы монета свободно падала вниз?
- 188.** а.) Луна обращена к Земле постоянно одной стороной. Сколько оборотов совершит она вокруг своей оси за время полного оборота вокруг Земли? б.) На сколько в среднем звездные сутки короче солнечных? Земля обходит Солнце за 365,25 солнечных суток.
- 189.** Снаряд, летящий на большой высоте со скоростью V , разрывается на осколки, которые в системе снаряда разлетаются в разные стороны с одинаковыми начальными скоростями u . Какое положение в пространстве они займут в момент времени t ? Опишите движение осколков в системе координат, связанной с одним осколком.
- 190.** Машинисты двух сближающихся поездов сигнализируют друг другу гудками. Определите скорости поездов, если частоты принимаемых машинистами сигналов превышают «собственную» частоту гудка в α и β раз соответственно. Сигнальные устройства локомотивов одинаковы.
- 191.** Какова угловая скорость вращения Луны с точки зрения наблюдателя, находящегося на поверхности Земли?
- 192.** Найти траекторию и закон движения конца часовой стрелки часов в системе координат, связанной с концом минутной стрелки.
- 193.** По стенке дома затаскивают бревно длиной L , так что его верхний конец движется вертикально вверх с постоянной скоростью V , а нижний передвигается по земле. Найти угловую скорость и угловое ускорение бревна, а также ускорение точек бревна в зависимости от времени
- 194.** Сферический резервуар, стоящий на земле, имеет радиус R . При какой наименьшей скорости брошенный с земли камень может перелететь через резервуар, лишь коснувшись его вершины?
- 195.** Два тела массой m_1 и m_2 связаны нитью, выдерживающей силу натяжения T . К телам в разных направлениях вдоль нити приложены силы $F_1 = \alpha t$ и $F_2 = 2\alpha t$, где α – постоянный коэффициент, t – время действия силы. Определите, в какой момент времени нить порвется.

- 196.** Маляр работает в подвесной люльке. Ему понадобилось срочно подняться вверх. Он принимается тянуть за веревку с такой силой, что сила его давления на пол люльки уменьшается до 400 Н. Масса люльки 12 кг, масса маляра 72 кг. Чему равно ускорение люльки?
- 197.** Два шарика массой m каждый, связанные нитью длины l , движутся со скоростью v по горизонтальному столу в направлении, перпендикулярном связывающей их нити (нить не провисает). Середина нити налетает на гвоздь. Чему равна сила натяжения нити сразу после этого события?
- 198.** По деревянным сходням, образующим угол α с горизонтом, втаскивают за привязанную к нему веревку ящик. Коэффициент трения ящика о сходни k . Под каким углом к горизонту следует тянуть веревку, чтобы с наименьшим усилием втащить ящик?
- 199.** Сила сопротивления воздуха, действующая на капли тумана, пропорциональна произведению радиуса на скорость: $f = -\gamma r v$. Капли радиуса 0,1 мм, падая с большой высоты, у земли имеют скорость около 1 м/с. Какую скорость будут иметь капли, радиус которых в два раза меньше? В десять раз меньше?
- 200.** Сила сопротивления, тормозящая моторную лодку массой m , пропорциональна квадрату скорости $F = -\alpha V^2$. За какое время после выключения мотора ее скорость уменьшится вдвое? Какое расстояние при этом пройдет лодка?

Приложения

Таблица 1

Основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Нормальное ускорение свободного падения	g	9,81 м/с ²
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Постоянная Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	8,31 Дж/(моль·К)
Молярный объем идеального газа при нормальных условиях	V_{0m}	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Элементарный заряд	e	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Скорость света в вакууме	c	$3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Стефана - Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная закона смещения Вина	b	$2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
	\hbar	$1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Ридберга	R	$1,10 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$
Радиус Бора	a_0	$0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
Комптоновская длина волны электрона	Λ	$2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$
Магнетон Бора	μ_B	$0,927 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2$
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ (13,6эВ)
Атомная единица массы	а. е. м.	$1,660 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Электрическая постоянная	ε_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$

Таблица 2

Некоторые астрономические величины

Наименование	Значение	Наименование	Значение
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м	Расстояние от центра Земли до центра Солнца	$1,49 \cdot 10^{11}$ м
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24}$ кг		
Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8$ м		
Масса Солнца	$1,98 \cdot 10^{30}$ кг	Расстояние от центра Земли до центра Луны	$3,84 \cdot 10^8$ м
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м		
Масса Луны	$7,33 \cdot 10^{22}$ кг		

Таблица 3

Плотность твердых тел

Твердое тело	Плотность кг/м ³	Твердое тело	Плотность кг/м ³	Твердое тело	Плотность кг/м ³
Алюминий	$2,70 \cdot 10^3$	Железо	$7,88 \cdot 10^3$	Свинец	$11,3 \cdot 10^3$
Барий	$3,50 \cdot 10^3$	Литий	$0,53 \cdot 10^3$	Серебро	$10,5 \cdot 10^3$
Ванадий	$6,02 \cdot 10^3$	Медь	$8,93 \cdot 10^3$	Цезий	$1,90 \cdot 10^3$
Висмут	$9,80 \cdot 10^3$	Никель	$8,90 \cdot 10^3$	Цинк	$7,15 \cdot 10^3$

Таблица 4

Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Жидкость	Плотность, кг/м ³
Вода (при 4 °С)	$1,00 \cdot 10^3$	Сероуглерод	$1,26 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$
Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$		

Таблица 5

Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м ³	Газ	Плотность, кг/м ³
Водород	0,09	Гелий	0,18
Воздух	1,29	Кислород	1,43

Таблица 6

Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей

Жидкость	Коэффициент, мН/м	Жидкость	Коэффициент, мН/м
Вода	72	Ртуть	500
Мыльная вода	40	Спирт	22

Таблица 7

Эффективный диаметр молекулы

Газ	Диаметр, м	Газ	Диаметр, м
Азот	$3,0 \cdot 10^{-10}$	Гелий	$1,9 \cdot 10^{-10}$
Водород	$2,3 \cdot 10^{-10}$	Кислород	$2,7 \cdot 10^{-10}$

Таблица 8

Диэлектрическая проницаемость

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Вода	81	Парафин	2,0
Масло трансформаторное	2,2	стекло	7,0

Таблица 9

Удельное сопротивление металлов

Металл	Удельное сопротивление	Металл	Удельное сопротивление
Железо	$9,8 \cdot 10^{-8}$	Нихром	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Медь	$1,7 \cdot 10^{-8}$	Серебро	$1,6 \cdot 10^{-8}$

Таблица 10

Энергия ионизации

Вещество	E_i , Дж	E_i , эВ
Водород	$2,18 \cdot 10^{-18}$	13,6
Гелий	$3,94 \cdot 10^{-18}$	24,6
Литий	$1,21 \cdot 10^{-17}$	75,6
Ртуть	$1,66 \cdot 10^{-18}$	10,4

Таблица 11

Подвижность ионов в газах, $m^2/(V \cdot c)$

Газ	Положительные ионы	Отрицательные ионы
Азот	$1,27 \cdot 10^{-4}$	$1,81 \cdot 10^{-4}$
Водород	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$
Воздух	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$

Таблица 12

Показатель преломления

Вещество	Показатель	Вещество	Показатель
Алмаз	2,42	Глицерин	1,47
Вода	1,33	Стекло	1,50

Таблица 13

Работа выхода электронов

Металл	A, Дж	A, эВ
Калий	$3,5 \cdot 10^{-19}$	2,2
Литий	$3,7 \cdot 10^{-19}$	2,3
Платина	$10 \cdot 10^{-19}$	6,3
Рубидий	$3,4 \cdot 10^{-19}$	2,1
Серебро	$7,5 \cdot 10^{-19}$	4,7
Цезий	$3,2 \cdot 10^{-19}$	2,0
Цинк	$6,4 \cdot 10^{-19}$	4,0

Таблица 14

Относительные атомные массы (округленные значения)

Элемент	Символ	A	Z	Элемент	Символ	A	Z
Азот	N	14	7	Марганец	Mn	55	25
Алюминий	Al	27	13	Медь	Cu	64	29
Аргон	Ar	40	18	Молибден	Mo	96	42
Барий	Ba	137	56	Натрий	Na	23	11
Ванадий	V	60	23	Неон	Ne	20	10
Водород	H	1	1	Никель	Ni	59	28
Вольфрам	W	184	74	Олово	Sn	119	50
Гелий	He	4	2	Платина	Pt	195	78
Железо	Fe	56	26	Ртуть	Hg	201	80
Золото	Au	197	79	Сера	S	32	16
Калий	K	39	19	Серебро	Ag	108	47
Кальций	Ca	40	20	Уран	U	238	92
Кислород	O	16	8	Углерод	C	12	6
Магний	Mg	24	12	Хлор	Cl	35	17

Таблица 15

Массы атомов легких изотопов

Изотоп	Символ	Масса, а. е. м.	Изотоп	Символ	Масса, а. е. м.
Нейтрон	1_0n	1,00867	Бор	${}^{10}_5B$	10,01294
Водород	1_1H	1,00783		${}^{11}_5B$	11,00930
	2_1H	2,01410	Углерод	${}^{12}_6C$	12,00000
	3_1H	3,01605		${}^{13}_6C$	13,00335
Гелий	3_2He	3,01603	Азот	${}^{14}_6C$	14,00324
	4_2He	4,00260		${}^{14}_7N$	14,00307
Литий	6_3Li	6,01513	Кислород	${}^{16}_8O$	15,99491
	7_3Li	7,01601			
Бериллий	7_4Be	7,01693		${}^{17}_8O$	16,99913
	9_4Be	9,01219			

Таблица 16

Периоды полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ	Период полураспада	Изотоп	Символ	Период полураспада
Актиний	${}^{225}_{89}Ac$	10 суток	Йод	${}^{131}_{53}I$	8 суток
Кобальт	${}^{60}_{27}Co$	5,3 года	Стронций	${}^{90}_{38}Sr$	27 лет
Магний	${}^{27}_{12}Mg$	10 минут	Фосфор	${}^{32}_{15}P$	14,3 суток
Радий	${}^{226}_{86}Ra$	1620 лет	Церий	${}^{144}_{58}Ce$	285 суток
Радон	${}^{222}_{86}Rn$	3,8 суток			

Таблица 17

Масса и энергия покоя некоторых частиц

Частица	m_0		E_0	
	кг	а. е. м.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
α -Частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733
Нейтральный π -мезон	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14498	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135

Таблица 18

**Множители и приставки для образования десятичных кратных и
дольных единиц и их наименования**

Приставка		Множи- тель	Приставка		Множи- тель
Наимено- вание	Обозначе- ние		Наимено- вание	Обозначе- ние	
экса	Э	10^{18}	деци	д	10^{-1}
пэта	П	10^{15}	санتي	с	10^{-2}
тера	Т	10^{12}	милли	м	10^{-3}
гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
мега	М	10^6	нано	н	10^{-9}
кило	к	10^3	пико	п	10^{-12}
гекто	г	10^2	фемто	ф	10^{-15}
дека	да	10^1	атто	а	10^{-18}

Содержание

Введение.....	1
Общие методические указания.....	1
Указания к выполнению контрольной работы.....	4
Указания к решению задач.....	5
Программа курса физики.....	7
Литература	13
Раздел I. Физические основы механики.....	14
Примеры решения задач	18
Раздел II Молекулярная физика. Термодинамика	25
Примеры решения задач	29
Таблица вариантов к контрольной работе №1 для студентов 1-го курса направления подготовки «Землеустройство и кадастры»	34
Приложения	50

Бондаренко Юлия Дмитриевна

Физика. Часть 1.: методические указания для выполнения контрольной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю) для обучающихся заочной формы обучения по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» [Электронный ресурс]: / Ю.Д. Бондаренко; ФГБОУ ВО ПГСХА.- Электрон. текст. дан. – Уссурийск: ПГСХА, 2021. – 58 с. - Режим доступа: www.de.primacad.ru.

ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр-т Блюхера, 44