

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Агафонов Александр Викторович  
Должность: директор филиала  
Дата подписания: 01.09.2023 10:50:10  
Уникальный программный ключ:  
2539477a8ecf706dc9cff164bc411eb6d3c4ab06

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ"  
Чебоксарский институт (филиал)



**МОСКОВСКИЙ  
ПОЛИТЕХ**

Чебоксарский институт

Кафедра Информационных технологий и систем управления

## **ФИЗИКА**

**Методические указания для выполнения расчетно-графической  
работы по дисциплине «Физика» для специальности 08.05.01  
Строительство уникальных зданий и сооружений, студентами  
очной формы обучения.**

Чебоксары, 2023

Методические указания разработаны  
в соответствии с требованиями ФГОС ВО  
по направлению подготовки

### **08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений**

---

Авторы:

Лепаев Александр Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационных технологий, электроэнергетики и систем управления

---

*ФИО, ученая степень, ученое звание или должность, наименование кафедры*

Методические указания одобрены на заседании кафедры

**Информационных технологий, электроэнергетики и систем управления**

---

*наименование кафедры*

**1. Цель расчетно-графической работы** - выявить знания студентов основ физики, производить расчеты, привить обучающимся навыки самостоятельной работы с применением математических методов.

В ходе выполнения расчетно-графической работы обучающийся должен проявить умение самостоятельно работать с учебной литературой, применять теоретические знания для решения задач и анализа конкретных данных.

Расчетно-графическая работа должна быть выполнена и представлена в срок, установленный графиком учебного процесса.

**Выполнение расчетно-графической работы** включает следующие этапы:

- ознакомление с программой дисциплины «Физика», методическими рекомендациями по выполнению расчетно-графической работы; проработка соответствующих разделов физики: «МЕХАНИКА», «МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА» по рекомендованной учебной литературе, конспектам лекций;
- выполнение расчетов с применением освоенных методов.

Завершенная работа представляется для проверки на кафедру преподавателю в установленные учебным графиком сроки. Срок проверки не более 5-7 дней. Преподаватель проверяет качество работы, отмечает положительные стороны, недостатки работы и оценивает ее. Обучающиеся, не подготовившие расчетно-графическую работу, к зачету и экзамену не допускаются.

## **2. Выбор варианта и структура расчетно-графической работы**

Задания для расчетно-графических работ составляются преподавателем, который ведет данную дисциплину, и утверждаются кафедрой.

Номер варианта расчетно-графической работы выбирается обучающимся по последней цифре в шифре номера зачетной книжки. Так, например, если последняя цифра шифра 1, то обучающийся выполняет расчетно-графическую работу по варианту № 1.

По этому номеру и по таблице вариантов (таблица 1) находятся задачи, которые должен решить студент.

Таблица 1

Задачи	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120

2	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
3	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
4	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
5	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
6	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230
7	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
8	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270

Задания выполняются в течение 1-го семестра.

При выполнении расчетно-графической работы необходимо придерживаться следующей структуры:

- титульный лист;
- введение;
- расчетная часть;
- заключение;
- список использованной литературы.

**Титульный лист** является первой страницей расчетно-графической работы. Образец его оформления приведен в Приложении.

**Во введении** содержатся общие сведения о выполненной работе (0,5-1 с).

**В расчетной части** обучающийся должен показать умение применять математические методы расчетов, рассчитывать необходимые данные, делать на их основе аргументированные выводы.

Условия задач в расчетной части должны быть приведены полностью. Решение задач следует сопровождать развернутыми расчетами, ссылками на математические формулы, анализом и выводами. Задачи, в которых даны только ответы без промежуточных вычислений, считаются нерешенными.

Следует обратить особое внимание на выводы, которые должны быть обоснованными, подтверждаться предварительным анализом цифрового материала.

**В заключении** расчетно-графической работы (1 с.) в краткой форме резюмируются результаты работы.

После заключения приводится список литературы, включающий только те источники, которые были использованы при выполнении расчетно-графической работы и на которые имеются ссылки в тексте работы.

При описании литературных источников необходимо указать:

- фамилии и инициалы авторов;
- название книги, сборника, статьи;
- место издания;

- издательство;
- год издания;
- количество страниц или конкретные страницы (последние в случае ссылки на статью или статистический сборник).

Стандартный формат описания источников приведен в списке литературы.

### **3. Требования к оформлению расчетно-графической работы**

При оформлении расчетно-графической работы необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Объем работы - 5-10 страниц текста на стандартных листах формата А4, набранных на компьютере с использованием текстового редактора или вручную (письменно), табличного процессора или других программных средств (размер шрифта - 14 пунктов, интервал - 1,5).
2. Страницы должны быть пронумерованы и иметь поля слева и справа не менее 25 мм для замечаний преподавателя-консультанта.
3. В тексте не должно быть сокращений слов, кроме общепринятых.
4. Все промежуточные данные проводимых расчетов и результаты следует представлять в явном виде.
5. Все таблицы должны иметь сквозную нумерацию. Приведенные в работе иллюстрации (графики, диаграммы) должны иметь подрисуночные надписи.
6. Описание литературных источников выполняется в соответствии со стандартными требованиями, приведенными в предыдущем разделе.

### **4. Задания и методические указания для выполнения расчетно-графической работы студентами очной формы обучения**

#### **Механика**

**Понятие состояния в классической механике. Уравнения движения:** Модели в механике. Система отсчета. Траектория, путь, перемещение. Скорость, ускорение. Угловая скорость, угловое ускорение. Связь угловых и линейных характеристик движения. Тангенциальное, нормальное и полное ускорения.

**Динамика материальной точки:** Первый закон Ньютона. Масса.

Сила. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Силы трения

**Законы сохранения:** Импульс. Закон сохранения импульса. Центр масс. Энергия. Элементарная работа. Мощность. Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения механической энергии и превращения энергии. Абсолютно упругий и неупругий удары тел.

**Кинематика и динамика твердого тела:** Момент инерции. Кинетическая энергия вращения. Момент силы. Уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Деформации твердого тела. Напряжение. Абсолютная и относительная деформации. Закон Гука. Диаграмма растяжения.

**Тяготение. Элементы теории поля:** Закон всемирного тяготения. Законы Кеплера. Сила тяжести. Вес. Невесомость. Поле тяготения и его силовая и энергетическая характеристики. Работа в поле тяготения. Космические скорости. Неинерциальные системы отсчета. Силы инерции.

**Механика жидкостей:** Давление. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли и следствия из него. Вязкость. Режимы течения жидкостей. Движение тел в жидкостях и газах.

**Основы релятивистской механики:** Преобразования Галилея. Механический принцип относительности. Постулаты СТО. Преобразования Лоренца и следствия из них. Интервал между событиями. Основной закон релятивистской динамики материальной точки. Взаимосвязь массы и энергии.

**Механические колебания:** Гармонические колебания и его характеристики. Физический и математический маятники. Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний. Фигуры Лиссажу. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний. Логарифмический декремент затухания. Добротность. Автоколебания. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний. Резонанс.

**Упругие волны:** Продольные и поперечные волны. Волновое уравнение. Фазовая и групповая скорости. Интерференция волн. Стоячие волны. Звуковые волны. Эффект Доплера в акустике.

### **Молекулярная физика и термодинамика**

**Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) газов, статистическая физика:** Статистический и термодинамический методы исследования. Опытные законы идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Основное уравнение МКТ идеальных газов. Закон Максвелла о распределении молекул идеального газа по скоростям и энергиям. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.

**Элементы неравновесной термодинамики:** Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Опытное обоснование МКТ (Броуновское движение, опыт Штерна). Теплопроводность. Диффузия. Внутреннее трение (вязкость).

**Первое начало термодинамики:** Число степеней свободы молекулы. Закон равномерного распределения по степеням свободы молекул. Внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Работа

газа при изменении объема. Энтальпия. Теплоемкость. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Адиабатический и политропный процессы.

**Второе и третье начала термодинамики:** Круговой процесс (цикл). Обратимые и необратимые процессы. Энтропия системы, ее статистическое толкование и связь с термодинамической вероятностью. Равенство неравенство Клаузиуса. Второе начало термодинамики. Третье начало термодинамики (уравнение Нернста-Планка). Тепловые двигатели, холодильные машины. Цикл Карно и его КПД.

**Реальные газы и жидкости:** Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия. Уравнение и изотермы Ван-Дер-Ваальса. Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. Сжижение газов. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Свободная энергия. Смачивание. Давление под искривленной поверхностью жидкости. Капиллярные явления.

**Твердые тела:** Твердые тела. Моно- и поликристаллы. Типы кристаллических твердых тел. Дефекты в кристаллах. Испарение, сублимация, плавление и кристаллизация. Аморфные тела. Фазовые переходы первого и второго рода. Диаграмма состояния. Тройная точка.

### ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются по таблицам вариантов.

2. Контрольные работы надо выполнять в школьной тетради, на обложке которой привести следующие сведения: номер контрольной работы, наименование дисциплины, специальность, курс и форму обучения, учебный шифр, фамилия и инициалы студента, а также фамилия ведущего преподавателя.

3. Условия задач в контрольной работе надо переписать полностью без сокращений. Каждую задачу необходимо начинать с новой страницы.

4. В конце контрольной работы следует указать учебники или учебные пособия, которые использовались студентом при решении задач.

5. Контрольную работу на проверку следует сдать в деканаты своих факультетов до начала экзаменационной сессии.

6. Если контрольная работа при проверке не зачтена, студент обязан исправить неверные решения и представить исправленную работу на повторную проверку непосредственно преподавателю. Исправления необходимо сделать в той же тетради.

7. Студент должен быть готов во время зачета или экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

8. Решения задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда это, возможно, сделать схематический чертеж или рисунок, поясняющий содержание задачи.

9. Решать задачу необходимо в общем, виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задач. При таком способе решения не производится вычисления промежуточных величин.

10. После получения сложной расчетной формулы для проверки правильности ее следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин обозначения единиц этих величин, произвести с ним необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.

11. Числовые значения величин при подставке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах СИ. В виде исключения допускает выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющие одинаковые степени.

12. При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать  $3,52 \cdot 10^3$ , вместо 0,00129 записать  $1,29 \cdot 10^{-3}$  и т. п.

13. Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.

### Задачи

**101.** Точка двигалась в течение  $t_1 = 15$  с со скоростью  $V_1 = 5$  м/с, в течение  $t_2 = 10$  с со скоростью  $V_2 = 8$  м/с, и в течение  $t_3 = 6$  с со скоростью  $V_3 = 20$  м/с. Определить среднюю путевую скорость точки.

**102.** Три четверти своего пути автомобиль прошел со скоростью  $V_1 = 60$  км/ч, остальную часть – со скоростью  $V_2 = 80$  км/ч. Какова средняя скорость автомобиля?

**103.** Первую половину пути тело двигалось со скоростью  $V_1 = 2$  м/с, вторую – со скоростью  $V_2 = 8$  м/с. Определите среднюю путевую скорость  $\langle V \rangle$ .

**104.** Велосипедист проехал первую половину пути со скоростью  $V_1 = 16$  км/ч, вторую половину пути – со скоростью  $V_2 = 12$  км/ч.



Определите среднюю скорость велосипедиста.

**105.** Тело падает с высоты  $h \approx 100$  м с нулевой начальной скоростью. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, какой путь пройдет тело за последнюю секунду падения.

**106.** Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением  $s \approx A - Bt + Ct^2 + Dt^3$  ( $A \approx 6$ ;  $B \approx 3 \text{ м/с}$ ;  $C \approx 2 \text{ м/с}^2$ ;  $D \approx 1 \text{ м/с}^3$ ). Определите для тела в интервале времени от  $t_1 \approx 1 \text{ с}$  до  $t_2 \approx 4 \text{ с}$ : 1) среднюю скорость; 2) среднее ускорение.

**107.** Поезд движется со скоростью  $V_0 = 20$  км/ч. Если выключить ток, то поезд, двигаясь равнозамедленно, останавливается через время  $t \approx 20 \text{ с}$ . Каково ускорение  $a$  поезда? На каком расстоянии  $S$  надо выключить ток?

**108.** Свободно падающее тело в последнюю секунду движения проходит половину всего пути. С какой высоты падает  $h$  тело и каково время  $t$  его падения.

**109.** Движение материальной точки задано уравнением  $x \approx At + Bt^2$ , где  $A \approx 4 \text{ м/с}$   $B \approx -0,05 \text{ м/с}^2$ . Определить момент времени, в который скорость  $V$  точки равна нулю. Найти координату и ускорение в этот момент.

**110.** С балкона бросили мячик вертикально вверх с начальной скоростью  $V_0 \approx 5 \text{ м/с}$ . Через  $t \approx 2$  с мячик упал на землю. Определить высоту балкона над землей и скорость мячика в момент удара о землю.

**111.** Диск радиусом  $r \approx 20$  см вращается согласно уравнению  $\varphi \approx 3 - t + 0,1t^3$ . Определить тангенциальное  $a_{\tau}$  и нормальное  $a_n$  и полное  $a$  ускорения точек на окружности диска для момента времени  $t \approx 10 \text{ с}$ .

**111.** Маховик начал вращаться равноускоренно и за время  $t \approx 10 \text{ с}$  достиг частоты вращения  $n \approx 300 \text{ мин}^{-1}$ . Определить угловое ускорение  $\epsilon$  маховика и число  $N$  оборотов, которые он сделал за это время.

**112.** Диск вращается с угловым ускорением  $\epsilon \approx -2 \text{ рад/с}^2$ . Сколько оборотов  $N$  сделает диск при изменении частоты вращения от  $n_1 \approx 240 \text{ мин}^{-1}$  до  $n_2 \approx 90 \text{ мин}^{-1}$ ? Найти время  $\Delta t$ , в течение которого это произошло.

**113.** Якорь электродвигателя, имеющий частоту вращения  $n \approx 50 \text{ с}^{-1}$ , после выключения тока, сделав  $N \approx 314$  оборотов, остановился. Определить угловое ускорение  $\epsilon$  якоря.

**114.** Линейная скорость  $V_1$ , лежащих на окружности радиуса  $R$  вращающегося диска равна  $3 \text{ м/с}$ . Точки, расположенные ближе к оси на  $\Delta R \approx 10 \text{ см}$ , имеют скорость  $V_2 \approx 2 \text{ м/с}$ . Определить частоту вращения  $n$  диска.

**115.** По дуге окружности радиусом  $R \approx 10$  м движется точка. В некоторый момент времени нормальное ускорение  $a_n \approx 4,9 \text{ м/с}^2$ ; в этот момент векторы полного и нормального ускорений образуют угол  $\varphi \approx 60^\circ$ . Найти скорость  $V$  и тангенциальное ускорение  $a_{\tau}$  точки.

**116.** Диск радиусом  $r \approx 10$  см, находившийся в состоянии покоя,

начал вращаться с постоянным угловым ускорением  $\epsilon = 0,5 \text{ рад/с}^2$ . Найти тангенциальное  $a_{\tau}$  и нормальное  $a_n$  и полное  $a$  ускорения точек, лежащих на окружности диска, в конце второй секунды после начала движения.

**117.** На цилиндр, который может вращаться около горизонтальной оси, намотана нить. К концу нити привязали грузик и предоставили ему возможность опускаться. Двигаясь равноускоренно, грузик за время  $t = 3 \text{ с}$  опустился на  $h = 1,5 \text{ м}$ . Определите угловое ускорение цилиндра, если его радиус  $r = 4 \text{ см}$ .

**118.** Тело брошено горизонтально со скоростью  $V_0 = 15 \text{ м/с}$ . Пренебрегая сопротивлением воздуха, определить радиус кривизны траектории тела через  $t = 2 \text{ с}$  после начала движения.

**119.** Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением  $a_{\tau} = 0,5 \text{ м/с}^2$ . Определить полное ускорение  $a$  точки на участке кривой с радиусом кривизны  $R = 3 \text{ м}$ , если точка движется на этом участке со скоростью  $V = 2 \text{ м/с}$ .

**121.** Для сжатия пружины на  $x_1 = 1 \text{ см}$  нужно приложить силу  $F = 10 \text{ Н}$ . Какую работу  $A$  нужно совершить, чтобы сжать пружину на  $x_2 = 10 \text{ см}$ , если сила пропорциональна сжатию?

**122.** Определить во сколько раз сила притяжения на Земле больше силы притяжения на Марсе, если радиус Марса составляет  $0,53$  радиуса Земли, а масса Марса –  $0,11$  массы Земли.

**123.** Космическая ракета летит на Луну. В какой точке прямой, соединяющей центры масс Луны и Земли, ракета будет притягиваться Землей и Луной с одинаковой силой.

**124.** Радиус планеты равен  $100 \text{ км}$ , средняя плотность  $\rho$  вещества планеты равна  $3 \text{ г/см}^3$ . Определить вторую космическую скорость  $V_2$  у поверхности этой планеты.

**125.** Какую надо совершить работу  $A$ , чтобы пружину жесткостью  $k = 800 \text{ Н/м}$ , сжатую на  $x = 6 \text{ см}$ , дополнительно сжать на  $\Delta x = 8 \text{ см}$ .

**126.** Определить жесткость  $k$  системы двух пружин при последовательном и параллельном их соединении. Жесткость пружин  $k_1 = 2 \text{ кН/м}$  и  $k_2 = 6 \text{ кН/м}$ .

**127.** Определить высоту, на которой ускорение свободного падения составляет  $25\%$  от ускорения свободного падения на поверхности Земли.

**128.** Определить работу, которую совершат силы гравитационного поля Земли, если тело массой  $m = 1 \text{ кг}$  упадет на поверхность Земли с высоты, равной радиусу Земли. Радиус Земли и ускорение свободного падения  $g$  на ее поверхности считать известным.

**129.** Две пружины жесткостью  $k_1 = 0,3 \text{ кН/м}$  и  $k_2 = 0,8 \text{ кН/м}$  соединены последовательно. Определить абсолютную деформацию  $x_1$  первой пружины, если вторая деформирована на  $x_2 = 1,5 \text{ см}$ .

**130.** Определить работу растяжения двух соединенных

последовательно пружин жесткостями  $k_1 = 400 \text{ Н/м}$  и  $k_2 = 250 \text{ Н/м}$ , если первая пружина растянулась при этом на  $x = 2 \text{ см}$ .

**131.** При горизонтальном полете со скоростью  $V = 250 \text{ м/с}$  снаряд массой  $m = 8 \text{ кг}$  разорвался на две части. Одна часть массой  $m_1 = 6 \text{ кг}$  получила скорость  $V_1 = 400 \text{ м/с}$  в направлении полета снаряда. Определить скорость второй части снаряда.

**132.** Орудие, жестко скрепленное на платформе, производит выстрел вдоль полотна железной дороги под углом  $\alpha = 30^\circ$  к линии горизонта. Определить скорость  $V_1$  отката платформы, если снаряд вылетает со скоростью  $V_2 = 480 \text{ м/с}$ . Масса платформы с орудием и снарядами  $m_1 = 18 \text{ т}$ , масса снаряда  $m_2 = 60 \text{ кг}$ .

**133.** Снаряд, летевший со скоростью  $V = 400 \text{ м/с}$  в верхней точке траектории разорвался на два осколка. Меньший осколок, масса которого составляет 40% от массы снаряда, полетел в противоположном направлении со скоростью  $V_1 = 150 \text{ м/с}$ . Определить скорость  $V_2$  большего осколка.

**134.** На сколько переместится относительно берега лодка длиной  $l = 3,5 \text{ м}$  и массой  $m_1 = 200 \text{ кг}$ , если стоящий на корме человек массой  $m_2 = 80 \text{ кг}$  переместится на нос лодки?

**135.** На полу стоит тележка в виде длинной доски, снабженная легкими колесами. На одном конце стоит человек. Масса его  $m_1 = 60 \text{ кг}$ , масса доски  $m_2 = 20 \text{ кг}$ . С какой скоростью (относительно пола) будет двигаться тележка, если человек пойдет вдоль нее со скоростью (относительно доски)  $V = 1 \text{ м/с}$ .

**136.** Конькобежец, стоя на коньках на льду, бросает камень массой  $m_1 = 2,5 \text{ кг}$  под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту со скоростью  $V_1 = 10 \text{ м/с}$ . Какова будет скорость  $V_2$  движения конькобежца, если его масса  $m_2 = 60 \text{ кг}$ ?

**137.** Шар массой  $m_1 = 10 \text{ кг}$ , движущийся со скоростью  $V_1 = 4 \text{ м/с}$ , сталкивается с шаром массой  $m_2 = 4 \text{ кг}$ , скорость  $V_2$  которого равна  $12 \text{ м/с}$ . Считая удар прямым, неупругим, найти скорость  $u$  шаров после удара в двух случаях: 1) малый шар нагоняет большой шар, движущийся в том же направлении; 2) шары движутся навстречу друг другу.

**138.** Платформа с песком общей массой  $M = 2 \text{ т}$  стоит на рельсах на горизонтальном участке пути. В песок попадает снаряд массой  $m = 8 \text{ кг}$  и застревает в нем. Пренебрегая трением, определить, с какой скоростью будет двигаться платформа, если в момент попадания скорость снаряда  $V = 450 \text{ м/с}$ , а ее направление – сверху вниз под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту.

**139.** Человек массой  $m_1 = 70 \text{ кг}$ , бегущий со скоростью  $V_1 = 9 \text{ км/ч}$ , догоняет тележку массой  $m_2 = 190 \text{ кг}$ , движущийся со скоростью  $V_2 = 3,6 \text{ км/ч}$ , и вскакивает на нее. С какой скоростью станет двигаться тележка с человеком. С какой скоростью станет двигаться тележка с человеком, если человек до прыжка бежал на встречу тележке.

**140.** Лодка длиной  $l=3\text{ м}$  и массой  $m=120\text{ кг}$  стоит спокойно на воде. На носу и корме находятся два рыбака массами  $m_1=60\text{ кг}$  и  $m_2=90\text{ кг}$ . На сколько сдвинется относительно воды, если рыбаки поменяются местами.

**141.** С какой наименьшей высоты  $h$  должен начать скатываться акробат на велосипеде (не работая ногами), чтобы проехать по дорожке, имеющей форму «мертвой петли» радиусом  $R=4\text{ м}$ , и не оторваться от дорожки в верхней точке петли? Трением пренебречь.

**142.** Найти работу  $A$  подъема груза по наклонной плоскости длиной  $l=2\text{ м}$ , если масса груза равна  $m=100\text{ кг}$ , угол наклона  $\alpha=30^\circ$ , коэффициент трения  $f=0,1$  и груз движется с ускорением  $a=1\text{ м/с}^2$ .

**143.** Ядро атома распадается на два осколка массами  $m_1=1,6 \cdot 10^{-25}\text{ кг}$  и  $m_2=2,4 \cdot 10^{-25}\text{ кг}$ . Определить кинетическую энергию  $T_2$  второго осколка, если кинетическая энергия  $T_1$  первого осколка равна  $18\text{ нДж}$ .

**144.** При выстреле из орудия снаряд массой  $m_1=10\text{ кг}$  получает кинетическую энергию  $T_1=1,8\text{ МДж}$ . Определить кинетическую энергию  $T_2$  ствола орудия вследствие отдачи, если масса  $m_2$  ствола орудия равна  $600\text{ кг}$ .

**145.** Конькобежец, стоя на льду, бросил вперед гирию массой  $m_1=5\text{ кг}$  и вследствие отдачи откатился назад со скоростью  $V_2=1\text{ м/с}$ . Определить работу  $A$ , совершенную конькобежцем при бросании гири, если его масса  $m_2=60\text{ кг}$ .

**146.** Под действием силы  $F=400\text{ Н}$ , направленной вертикально вверх, груз массой  $m=20\text{ кг}$  поднят на высоту  $h=15\text{ м}$ . Какой потенциальной энергией  $P$  будет обладать поднятый груз? Какую работу  $A$  совершит сила  $F$ .

**147.** Камешек скользит с наивысшей точки купола, имеющего форму полусферы. Какую дугу  $\alpha$  опишет камешек, прежде чем оторвется от поверхности купола? Трением пренебречь.

**148.** Под действием постоянной силы  $F$  вагонетка прошла путь  $s=5\text{ м}$  и приобрела скорость  $V=2\text{ м/с}$ . Определить работу  $A$  силы, если масса вагонетки равна  $400\text{ кг}$  и коэффициент трения равен  $f=0,01$ .

**149.** Материальная точка массой  $m=2\text{ кг}$  двигалась под действием некоторой силы согласно уравнению  $x=A+Bt+Ct^2+Dt^3$ , где  $A=10\text{ м}$ ;  $B=-2\text{ м/с}$ ;  $C=1\text{ м/с}^2$ ,  $D=-0,2\text{ м/с}^3$ . Найти мощность  $N$ , затрачиваемую на движение точки, в момент времени  $t=2\text{ с}$ .

**150.** В баллистический маятник массой  $M=5\text{ кг}$  попала пуля массой  $m=10\text{ г}$  и застряла в нем. Найти скорость  $V$  пули, если маятник, отклонившись после удара, поднялся на высоту  $h=10\text{ см}$ .

**151.** По касательной к шкиву в виде диска диаметром  $D=75\text{ см}$  и массой  $m=40\text{ кг}$  приложена сила  $F=1\text{ кН}$ . Определить угловое ускорение  $\alpha$  и частоту вращения  $n$  маховика через время  $t=10\text{ с}$  после начала действия силы, если радиус шкива  $r$  равен  $12\text{ см}$ .

**152.** Маховик в виде сплошного диска, момент инерции которого

$J = 150 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ , вращается с частотой  $n = 240 \text{ об/мин}$ . Через  $t = 1 \text{ мин}$  после начала действия сил торможения он остановился. Определить момент  $M$  сил торможения и число оборотов от начала торможения до полной остановки.

**153.** К ободу колеса радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$  и массой  $m = 50 \text{ кг}$  приложена касательная сила  $F = 98,1 \text{ Н}$ . Найти угловое ускорение  $\epsilon$  колеса. Через какое время  $t$  после начала действия силы колесо будет иметь частоту вращения  $n = 100 \text{ с}^{-1}$ ? Колесо считать однородным диском. Трением пренебречь.

**154.** На обод маховика диаметром  $D = 75 \text{ см}$  намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $m = 2 \text{ кг}$ . Определить момент инерции  $J$  маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время  $t = 3 \text{ с}$  приобрел угловую скорость  $\omega = 9 \text{ рад/с}$ .

**155.** На однородный сплошной цилиндрический вал радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$  намотана легкая нить, к концу которой прикреплен груз массой  $m = 5 \text{ кг}$ . Груз, разматывая нить, опускается с ускорением  $a = 1,96 \text{ м/с}^2$ . Определить момент инерции вала.

**156.** Определить момент силы  $M$ , который необходимо приложить к блоку, вращающемуся с частотой  $n = 12 \text{ с}^{-1}$ , чтобы он остановился в течение времени  $\Delta t = 8 \text{ с}$ . Диаметр блока  $D = 30 \text{ см}$ . Массу блока  $m = 6 \text{ кг}$  считать равномерно распределенной по ободу.

**157.** Нить с привязанными к ее концам грузами массами  $m_1 = 50 \text{ г}$  и  $m_2 = 60 \text{ г}$  перекинута через блок диаметром  $D = 4 \text{ см}$ . Определить момент инерции  $J$  блока, если под действием силы тяжести грузов он получил угловое ускорение  $\epsilon = 1,5 \text{ рад/с}^2$ .

**158.** Стержень вращается вокруг оси, проходящей через его середину, согласно уравнению  $\varphi = 2t + 0,2t^3$ . Определить вращающий момент  $M$ , действующей на стержень через время  $t = 2 \text{ с}$  после начала вращения, если момент инерции стержня  $J = 0,048 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

**159.** К ободу однородного сплошного диска радиусом  $R = 0,5 \text{ м}$  приложена постоянная касательная сила  $F = 200 \text{ Н}$ . При вращении диска на него действует момент сил трения  $M = 2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Определить массу диска, если известно, что его угловое ускорение  $\epsilon$  постоянно и равно  $14 \text{ рад/с}^2$ .

**160.** На барабан радиусом  $R = 50 \text{ см}$  намотан шнур, к концу которого привязан груз массой  $m = 10 \text{ кг}$ . Найти момент инерции  $J$  барабана, если известно, что груз опускается с ускорением  $a = 2,04 \text{ м/с}^2$ .

**161.** На краю платформы в виде диска, вращающегося по инерции вокруг вертикальной оси с частотой  $n_1 = 8 \text{ мин}^{-1}$ , стоит человек массой  $m_1 = 70 \text{ кг}$ . Когда человек перешел в центр платформы, она стала вращаться с частотой  $n_2 = 10 \text{ мин}^{-1}$ . Определить массу  $m_2$  платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

**162.** Горизонтальная платформа массой  $m = 25 \text{ кг}$  и радиусом  $R = 80 \text{ см}$  вращается с частотой  $n_1 = 9 \text{ мин}^{-1}$ . В центре платформы стоит

человек и держит в расставленных руках гири. Считая платформу диском, определить частоту вращения платформы, если человек, опустив руки, уменьшит свой момент инерции от  $J_1 = 3,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$  до  $J_2 = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

**163.** На краю неподвижной платформы могущей вращаться вокруг вертикальной оси стоит человек массой  $m_1 = 60 \text{ кг}$ . Диаметр платформы  $D = 0,8 \text{ м}$ , масса  $m_1 = 6 \text{ кг}$ . С какой угловой скоростью  $\omega$  начнет вращаться платформа, если человек поймает летящий на него мяч массой  $m = 0,5 \text{ кг}$ ? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии  $r = 0,4 \text{ м}$  от оси платформы. Скорость мяча  $V = 5 \text{ м/с}$ .

**164.** Человек, стоящий на скамье Жуковского, держит в руках стержень длиной  $l = 2,5 \text{ м}$  и массой  $m = 8 \text{ кг}$ , расположенный вертикально вдоль оси вращения скамейки. Эта система (скамья и человек) обладает моментом инерции  $J = 10 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$  и вращается с частотой  $n_1 = 12 \text{ мин}^{-1}$ . Определите частоту  $n_2$  вращения систем, если стержень повернут в горизонтальное положение.

**165.** Платформа, имеющая форму сплошного однородного диска, может вращаться по инерции вокруг неподвижной вертикальной оси. На краю платформы стоит человек, масса которого в 3 раза меньше массы платформы. Определите, как и во сколько раз изменится угловая скорость вращения платформы, если человек перейдет ближе к центру на расстояние, равное половине радиуса платформы.

**166.** Маховик в виде диска массой  $m = 80 \text{ кг}$  и радиусом  $R = 30 \text{ см}$  находится в состоянии покоя. Какую работу  $A_1$  нужно совершить маховику частоту  $n = 10 \text{ с}^{-1}$ . Какую работу  $A_2$  пришлось бы совершить, если бы при той же массе диск имел меньшую толщину, но вдвое больший радиус.

**167.** Колесо радиусом  $R = 30 \text{ см}$  и массой  $m = 3 \text{ кг}$  скатывается без трения по наклонной плоскости длиной  $l = 5 \text{ м}$  и углом наклона  $\alpha = 25^\circ$ . Определить момент инерции колеса, если его скорость  $v$  в конце движения составляла  $4,6 \text{ м/с}$ .

**168.** Платформа в виде диска радиусом  $R = 1,5 \text{ м}$  и массой  $m_1 = 180 \text{ кг}$  вращается по инерции около вертикальной оси с частотой  $n_1 = 10 \text{ мин}^{-1}$ . в центре платформы стоит человек массой  $m_2 = 60 \text{ кг}$ . Какую линейную скорость относительно пола помещения будет иметь человек, если он перейдет на край платформы?

**169.** Горизонтальная платформа массой  $m_1 = 150 \text{ кг}$  вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платформы, с частотой  $n = 8 \text{ мин}^{-1}$ . Человек массой  $m_2 = 70 \text{ кг}$  стоит при этом на краю платформы. С какой угловой скоростью начнет вращаться платформа, если человек перейдет от края платформы к ее центру? Считать платформу круглым однородным диском, а человека – материальной точкой.

**170.** Стержень длиной  $l = 1,5 \text{ м}$  и массой  $m = 10 \text{ кг}$  может вращаться

вокруг неподвижной оси, проходящей через верхний конец стержня. В середину стержня ударяет пуля массой  $m_0 = 10$  г, летящая в горизонтальном направлении со скоростью  $V_0 = 500$  м/с, и застревает в стержне. На какой угол отклонится стержень после удара?

**171.** Шарик массой  $m = 60$  г колеблется с периодом  $T = 2$  с. В начальный момент времени смещение шарика  $x_0 = 4,0$  см и он обладает энергией  $E = 0,02$  Дж. Записать уравнение простого гармонического колебания шарика и закон изменения возвращающей силы с течением времени.

**172.** Складываются два колебания одинакового направления и одинакового периода:  $x_1 = A_1 \sin \omega_1 t$  и  $x_2 = A_2 \sin \omega_2(t + \tau)$ , где  $A_1 = A_2 = 3$  см,  $\omega_1 = \omega_2 = \pi$  с<sup>-1</sup>,  $\tau = 0,5$  с. Определить амплитуду  $A$  и начальную фазу  $\varphi_0$  результирующего колебания. Написать его уравнение. Построить векторную диаграмму для момента времени  $t = 0,1$ .

**173.** Точка участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, уравнения которых  $x = A_1 \sin \omega_1 t$  и  $y = A_2 \cos \omega_2 t$ , где  $A_1 = 8$  см,  $A_2 = 4$  см,  $\omega_1 = \omega_2 = 2$  с<sup>-1</sup>. Написать уравнение траектории и построить ее. Показать направление движения точки.

**174.** Определить период  $T$  колебаний математического маятника, если его модуль максимального перемещения  $\Delta r = 18$  см, и максимальная скорость  $v_{\max} = 16$  см/с.

**175.** Определить частоту  $\nu$  простых гармонических колебаний диска радиусом  $R = 20$  см около горизонтальной оси, проходящей через середину радиуса диска перпендикулярно его плоскости.

**176.** На гладком горизонтальном столе лежит шар массой  $M = 200$  г, прикрепленный к горизонтально расположенной легкой пружине с жесткостью  $k = 500$  Н/м. В шар попадает пуля массой  $m = 10$  г, летящая со скоростью  $v = 300$  м/с, и застревает в нем. Пренебрегая перемещением шара во время удара и сопротивлением воздуха, определить амплитуду  $A$  и период  $T$  колебаний шара.

**177.** Определить период  $T$  простых гармонических колебаний диска радиусом  $R = 40$  см около горизонтальной оси, проходящей через образующую диска.

**178.** Точка совершает простые гармонические колебания, уравнение которых  $x = A \sin \omega t$ , где  $A = 5$  см,  $\omega = 2$  с<sup>-1</sup>. В момент времени, когда точка обладала потенциальной энергией  $\Pi = 0,1$  мДж, на нее действовала возвращающая сила  $F = 5$  мН. Найти этот момент времени  $t$ .

**179.** Материальная точка совершает простые гармонические колебания так, что в начальный момент времени смещение  $x_0 = 4$  см, а скорость  $v_0 = 10$  см/с. Определить амплитуду  $A$  и начальную фазу  $\varphi_0$  колебаний, если их период  $T = 2$  с.

**180.** На стержне длиной  $l = 30$  см укреплены два одинаковых грузика: 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  $L$  и период  $T$  простых гармонических колебаний данного физического маятника. Массой стержня пренебречь.

## **МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА** **ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

### **Задачи**

**201.** Определить количества  $\nu$  вещества и число молекул  $N$  кислорода массой  $m=0,5$ кг.

**202.** Сколько атомов содержится в ртути массой  $m=1$ г и количеством вещества  $\nu=0,2$ моль.

**203.** Найти молярную массу  $M$  и массу  $m_0$  одной молекулы поваренной соли.

**204.** Определить массу  $m_0$  одной молекулы углекислого газа.

**205.** В баллоне  $V=3$ л содержится кислород массой  $m=10$ г. Определить концентрацию молекул газа.

**206.** Определить количества вещества  $\nu$  и число молекул  $N$  азота массой  $m=0,2$ кг.

**207.** Определить молярную массу  $M$  и массу  $m_0$  одной молекулы азота и окиси азота NO.

**208.** Определить концентрацию  $n$  молекул кислорода, находящегося в сосуде вместимостью  $V=2$ л. Количество вещества  $\nu$  кислорода равна  $0,2$  моль.

**209.** Определить количества вещества  $\nu$  водорода, заполняющего сосуд объемом  $V=3$ л, если концентрация молекул газа в сосуде  $n=2 \cdot 10^{18} \text{м}^{-3}$ .

**210.** Сколько атомов содержат газы массой  $m=1$ г каждый: 1) гелий; 2) углерод.

**211.** Определить внутреннюю энергию  $U$  водорода, а также среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon_k \rangle$  молекулы этого газа при температуре  $T=300$ К, если количество вещества  $\nu$  этого газа равно  $0,5$ моль.

**212.** Определить суммарную кинетическую энергию  $E_k$  поступательного движения всех молекул газа находящегося в сосуде вместимостью  $V=3$  л под давлением  $p=540$  кПа.

**213.** Количество вещества гелия  $\nu=1,5$ моль, температура  $T=120$ К. Определить суммарную кинетическую энергию  $E_k$  поступательного движения всех молекул этого газа.

**214.** Молярная внутренняя энергия  $U_m$  некоторого двухатомного газа равна  $6,02$ кДж/моль. Определить кинетическую энергию  $\langle \epsilon_{вр} \rangle$  вращательного движения одной молекулы этого газа. Газ считать идеальным.



**215.** Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon \rangle$  одной молекулы водяного пара при температуре  $T = 500\text{K}$ .

**216.** Определить среднюю квадратичную скорость  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$  молекулы газа, заключенного в сосуд вместимостью  $V = 2\text{л}$  под давлением  $p = 200\text{кПа}$ . Масса газа  $m = 0,3\text{г}$ .

**217.** Водород находится при температуре  $T = 300\text{K}$ . Найти среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon_{\text{вр}} \rangle$  вращательного движения одной молекулы, а также этого газа суммарную кинетическую энергию  $E_{\text{к}}$  всех молекул этого газа; количество вещества  $\nu$  водорода  $0,5\text{моль}$ .

**218.** При какой температуре средняя кинетическая энергия  $\langle \epsilon_{\text{к}} \rangle$  поступательного движения молекулы газа равна  $4,14 \cdot 10^{-21}\text{ Дж}$ ?

**219.** В азоте взвешены мельчайшие пылинки, которые движутся так, как если бы они были очень крупными молекулами. Масса каждой пылинки равна  $6 \cdot 10^{-10}\text{г}$ . Газ находится при температуре  $T = 400\text{K}$ . Определить средние квадратичные скорости  $\langle v_{\text{кв}} \rangle$ , а также средние кинетические энергии  $\langle \epsilon_{\text{пост}} \rangle$  поступательного движения азота и пылинки.

**220.** Определить среднюю кинетическую энергию  $\langle \epsilon_{\text{пост}} \rangle$  поступательного движения и  $\langle \epsilon_{\text{вр}} \rangle$  вращательного движения молекулы азота при температуре  $T = 300\text{K}$ . Определить также полную кинетическую энергию  $E_{\text{к}}$  молекулы при тех же условиях.

**221.** Каким должен быть наименьший объем  $V$  баллона вмещающего массу  $m = 6,4\text{кг}$  кислорода, если его стенки при температуре  $t = 20^\circ\text{C}$  выдерживают давление  $p = 15,7\text{МПа}$ .

**222.** В баллоне находилось масса  $m = 10\text{ кг}$  газа при давлении  $p_1 = 10\text{МПа}$ . Какую массу  $\Delta m$  газа взяли из баллона, если давление стало равным  $p_2 = 2,5\text{МПа}$ ? Температуру газа считать постоянной.

**223.** Найти  $m$  воздуха, заполняющего аудиторию высотой  $h = 5\text{м}$  и площадью пола  $S = 200\text{м}^2$ . Давление воздуха  $p = 100\text{кПа}$ . Температура помещения  $t = 17^\circ\text{C}$ . Молярная масса воздуха  $M = 0,029\text{кг/моль}$ .

**224.** Какое количества  $\nu$  газа находится в баллоне  $V = 10\text{м}^3$  при давлении  $p = 96\text{кПа}$  и температуре  $t = 17^\circ\text{C}$ ?

**225.** В баллоне вместимостью  $15\text{ л}$  находится азот под давлением  $100\text{ кПа}$  при температуре  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ . После того как из баллона выпустили азот массой  $14\text{г}$ , температура газа стало равной  $t_2 = 17^\circ\text{C}$ . Определите давление азота, оставшегося в баллоне.

**226.** В сосуде вместимостью  $V = 0,3\text{л}$  при температуре  $t = 290\text{K}$  находится некоторый газ. На сколько понизится давление газа в сосуде, если из него из-за утечки выйдет  $N = 10^{19}$  молекул?

**227.** Давление воздуха внутри плотно закупоренной бутылки  $t_1 = 7^\circ\text{C}$  было  $p_1 = 100\text{кПа}$ . При нагревании бутылки пробка вылетела. До какой температуры  $t_2$  нагрели бутылку, если известно, что пробка

вылетела при давлении воздуха в бутылке  $p_2 \approx 130 \text{ кПа}$ ?

**228.** Масса  $m \approx 12 \text{ г}$  газа занимает объем  $V \approx 4 \text{ л}$  при температуре  $t_1 \approx 7^\circ \text{C}$ . После нагревания газа при постоянном давлении его плотность стало равной  $\rho \approx 0,6 \text{ кг/м}^3$ . До какой температуры  $t_2$  нагрели газ?

**229.** Баллон  $V \approx 12 \text{ л}$  содержит углекислый газ. Давление  $p$  газа равно  $1 \text{ МПа}$ , температура  $T \approx 300 \text{ К}$ . Определить массу  $m$  газа в баллоне.

**230.** Газ при температуре  $T \approx 309 \text{ К}$  давление  $p \approx 0,7 \text{ МПа}$  имеет плотность  $\rho \approx 12 \text{ кг/м}^3$ . Определить относительную молекулярную массу  $M_r$  газа.

**231.** В сосуде 1 объемом  $V \approx 3 \text{ л}$  находится газ под давлением  $p_1 \approx 0,2 \text{ МПа}$ . В сосуде 2 объемом  $V \approx 4 \text{ л}$  находится то же газ под давлением  $p_2 \approx 0,1 \text{ МПа}$ . Температуры газа в обоих сосудах одинаковы. Под каким давлением  $p$  будет находиться газ, если соединить сосуды с трубкой.

**232.** Баллон вместимостью  $V \approx 20 \text{ л}$  содержит смесь водорода и азота при температуре  $290 \text{ К}$  и давлении  $1 \text{ МПа}$ . Определите массу водорода, если масса смеси равна  $150 \text{ г}$ .

**233.** В закрытом сосуде вместимостью  $20 \text{ л}$  находится водород массой  $6 \text{ г}$  и гелий массой  $12 \text{ г}$ . Определите: 1) давление; 2) молярную массу газовой смеси в сосуде, если температура смеси  $T \approx 300 \text{ К}$ .

**234.** Один баллон объемом  $V \approx 10 \text{ л}$  содержит кислород под давлением  $p_1 \approx 1,5 \text{ МПа}$ , другой баллон объемом  $V \approx 22 \text{ л}$  содержит азот под давлением  $p_2 \approx 0,6 \text{ МПа}$ . Когда баллоны соединили между собой, оба газа смешались, образовав однородную смесь (без изменения температуры). Найти парциальные давления  $p_1$  и  $p_2$  обоих газов в смеси и полное давление  $p$  смеси.

**235.** Смесь водорода и азота общей массой  $m \approx 290 \text{ г}$  при температуре  $T = 600 \text{ К}$  и давлении  $p \approx 2,46 \text{ МПа}$  занимает объем  $V \approx 30 \text{ л}$ . Определить массу  $m_1$  водорода и массу  $m_2$  азота.

**236.** В баллонах объем  $V_1 \approx 20 \text{ л}$  и  $V_2 \approx 44 \text{ л}$  содержится газ. Давление в первом баллоне  $p_1 \approx 2,4 \text{ МПа}$ , во втором –  $p_2 \approx 1,6 \text{ МПа}$ . Определить общее давление  $p$  и парциальные  $p_1$  и  $p_2$  после соединения баллонов, если температура газа осталось прежней.

**237.** В сосуде с объемом  $V \approx 0,01 \text{ м}^3$  содержится смесь газов – азота массой  $m_1 \approx 7 \text{ г}$  и водорода массой  $m_2 \approx 1 \text{ г}$  – при температуре  $T = 280 \text{ К}$ . Определить давление  $p$  смеси газов.

**238.** В сосуде объемом  $V \approx 2 \text{ л}$  находится масса  $m_1 \approx 6 \text{ г}$  углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) и масса  $m_2$  закиси азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) при температуре  $t \approx 127^\circ \text{C}$ . Найти давление  $p$  смеси в сосуде.

**239.** В сосуде находятся масса  $m_1 \approx 14 \text{ г}$  азота и масса  $m_2 \approx 9 \text{ г}$  водорода при температуре  $t \approx 10^\circ \text{C}$  и давлении  $p \approx 1 \text{ МПа}$ . Найти молярную массу  $M$  смеси и объем  $V$  сосуда.

**240.** В сосуде находится масса  $m_1 \approx 10 \text{ г}$  углекислого газа и масса

$m_2 \square 15\text{г}$  азота. Найти плотность  $\square$  смеси при температуре  $t \square 27^\circ\text{C}$  и давлении  $p \square 150\text{Па}$ .

**241.** Найти среднюю длину свободного хода пробега  $\langle l \rangle$  молекул воздуха при нормальных условиях. Диаметр молекул воздуха  $\square$

$\square 0,3\text{нм}$ .

**242.** Баллон вместимостью  $V \square 10\text{л}$  содержит водород массой  $m \square 1\text{г}$ . Определить среднюю длину свободного хода пробега  $\langle l \rangle$  молекулы.

**243.** Определить плотность  $\square$  разреженного водорода, если средняя длина свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул равна  $1\text{см}$ .

**244.** Какова средняя арифметическая скорость  $\langle \square \rangle$  молекул кислорода при нормальных условиях; если известно, что среднее значение свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекулы кислорода при этих условиях равно  $100\text{нм}$ .

**245.** Найти среднюю длину свободного хода пробега  $\langle l \rangle$  молекул азота в сосуде объемом  $V \square 5\text{л}$ . Масса газа  $m \square 0,5\text{кг}$ .

**246.** Определить среднюю продолжительность  $\langle \square \rangle$  свободного пробега молекул воздуха при температуре  $t \square 27^\circ\text{C}$  и давлении  $p \square 0,5\text{кПа}$ . Диаметр молекул водорода принять равным  $0,28\text{нм}$ .

**247.** Найти среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул углекислого газа при температуре  $t \square 100^\circ\text{C}$  и давлением  $p \square 13,3\text{Па}$ . Диаметр молекул углекислого газа  $\square \square 0,32\text{нм}$ .

**248.** Найти среднюю длину свободного пробега  $\langle l \rangle$  молекул водорода при давлении  $p \square 0,1\text{Па}$  и температуре  $T \square 100\text{К}$ .

**249.** Найти среднюю продолжительность  $\langle \tau \rangle$  свободного пробега молекул кислорода при температуре  $T \square 250\text{К}$  и давлении  $p \square 100\text{Па}$ .

**250.** Найти среднее число столкновений  $\langle z \rangle$  в единицу времени молекул углекислого газа при температуре  $t \square 100^\circ\text{C}$ , если средняя длина свободного пробега  $\square \square 870\text{мкм}$ .

**251.** Определить количество теплоты  $Q$ , которые надо сообщить кислороду объемом  $V \square 50\text{л}$  при его изохорном нагревании, чтобы давление газа повысилось на  $\Delta p \square 0,5\text{МПа}$ ?

**252.** При изотермическом расширении азота при температуре  $T = 280\text{К}$  объем его увеличился в два раза. Определить: 1) совершенную при расширении газа работу  $A$ ; 2) изменение  $\Delta U$  внутренней энергии; 3) количество теплоты  $Q$ , полученное газом. Масса азота  $m \square 0,2\text{кг}$ .

**253.** Кислород массой  $m \square 200\text{г}$  занимает объем  $V_1 \square 100\text{л}$  и находится под давлением  $p_1 \square 200\text{кПа}$ . При нагревании газ расширяется при постоянном давлении до объема  $V_2 \square 300\text{л}$ , а затем его давление возросло до  $p_2 \square 500\text{кПа}$  при неизменном объеме. Найти изменения внутренней энергии  $\Delta U$  газа, совершенную газом работу  $A$  и теплоту  $Q$ ,

переданную газу. Построить график процесса.

**254.** Объем водорода при изотермическом расширении ( $T=300\text{K}$ ) увеличился в  $n=3$  раза. Определить работу  $A$ , совершенную газом, и теплоту  $Q$ , полученную при этом. Масса  $m$  водорода равна  $200\text{г}$ .

**255.** Азот массой  $m=0,1\text{кг}$  был изобарно нагрет от температуры  $T_1=200\text{K}$  до температуры  $T_2=400\text{K}$ . Определить работу  $A$ , совершенную газом, полученную им теплоту  $Q$  и изменения  $\Delta U$  внутренней энергии азота.

**256.** Во сколько раз увеличился объем водорода, содержащий количество вещества  $\nu=0,4\text{моль}$  при изотермическом расширении, если при этом газ получит количество теплоты  $Q=800\text{Дж}$ . Температура водорода  $T=300\text{K}$ .

**257.** Какая работа  $A$  совершается при изотермическом расширении водорода массой  $m=5\text{г}$ , взятого при температуре  $T=290\text{K}$ , если объем газа увеличился в 3 раза?

**258.** Какая доля  $W_1$  – количество теплоты  $Q$ , проводимого к идеальному двухатомному газу при изобарном процессе, расходуется на увеличение  $\Delta U$  внутренней энергии газа и какая доля  $W_2$  – на работу  $A$  расширения?

**259.** Определить работу  $A$ , которую совершает азот, если ему при постоянном давлении сообщить количество теплоты  $Q=21\text{кДж}$ . Найти также изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа.

**260.** Масса  $m=10\text{г}$  кислорода находится при давлении  $p=300\text{кПа}$  и температуре  $t=10^\circ\text{C}$ . После нагревания при  $p=\text{const}$  газ занял объем  $V=10\text{л}$ . Найти количество теплоты  $Q$ , полученное газом, изменение  $\Delta U$  внутренней энергии газа и работу  $A$ , совершенную газом при расширении.

**261.** В результате кругового процесса газ совершил работу  $A=1\text{Дж}$  и передал охладителю количество теплоты  $Q_2=4,2\text{Дж}$ . Определить к.п.д.  $\eta$  цикла.

**262.** Совершая замкнутый процесс, газ получил от нагревателя количество теплоты  $Q=4\text{кДж}$ . Определить работу  $A$  газа при протекании цикла, если его термический к.п.д.  $\eta=0,1$ .

**263.** Идеальный газ совершил цикл Карно,  $2/3$  количество теплоты  $Q_1$ , полученного из нагревателя, отдает охладителю. Температура  $T_2$  охладителя равна  $280\text{K}$ . Определить температуру  $T_1$  нагревателя.

**264.** Идеальный газ совершил цикл Карно. Температура  $T_1$  нагревателя в четыре раза выше температуры охладителя. Какую долю  $w$  количество теплоты, полученного за один цикл от нагревателя, газ отдает охладителю?

**265.** Идеальная тепловая машина, работающая по циклу Карно, за цикл получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=2,512\text{кДж}$ .

Температура нагревателя  $T_1 \square 400\text{К}$ , температура холодильника  $T_2 \square 300\text{К}$ . Найти работу  $A$ , совершенную машиной за один цикл и количество теплоты  $Q_2$ , отдаваемое холодильнику за один цикл.

**266.** Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. При этом 80%количество теплоты, получаемое от нагревателя, передается холодильнику. Машина получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1=6,28\text{кДж}$ . Найти к.п.д.  $\eta$  цикла и работу  $A$ , совершаемую за один цикл.

**267.** В цикле Карно газ получил от нагревателя теплоту  $Q_1 \square 500\text{Дж}$  и совершил работу  $A \square 100\text{Дж}$ . Температура нагревателя  $T_1 \square 400\text{К}$ . Определить температуру  $T_2$  охладителя.

**268.** Газ, совершающий цикл Карно, получает теплоту  $Q_1 \square 84\text{кДж}$ . Определить работу  $A$  газа, если температура  $T_1$  теплоотдатчика в три раза выше температуры  $T_2$  теплоприемника.

**269.** Во сколько раз увеличится к.п.д.  $\eta$  цикла Карно при повышении температуры теплоотдатчика от  $T_1 \square 380\text{К}$  до  $T_1 \square 560\text{К}$ . Температура теплоприемника  $T_2 \square 280\text{К}$ .

**270.** Определить работу  $A_2$  изотермического сжатия газа, совершающего цикл Карно, к.п.д. которого  $\eta \square 0,4$ , если работа изотермического расширения  $A_1 \square 8\text{Дж}$ .

**271.** Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы, выдувая мыльный пузырек, увеличить его диаметр от  $d_1 \square 1\text{см}$  до  $d_2 \square 11\text{см}$ ? Считать процесс изотермическим.

**272.** Воздушный пузырек диаметром  $d \square 2\text{мкм}$  находится в воде у самой ее поверхности. Определить плотность  $\rho$  воздуха в пузырьке, если воздух над поверхностью воды находится при нормальных условиях.

**273.** На сколько давление  $p$  воздуха внутри мыльного пузыря больше атмосферного давления  $p_0$ , если диаметр мыльного пузыря  $d \square 5\text{мм}$ ?

**274.** Глицерин поднялся в капиллярной трубке на высоту  $h \square 20\text{мм}$ . Определить поверхностное натяжение  $\sigma$  глицерина, если диаметр  $d$  канала трубки равен 1мм.

**275.** Вода по каплям вытекает из вертикальной трубки внутренним радиусом  $r \square 1\text{мм}$ . Найти радиус  $R$  капли в момент отрыва. Каплю считать сферической. Диаметр шейки капли в момент отрыва считать равным внутреннему диаметру трубки.

**276.** На сколько нагреется капля ртути, полученная от слияния двух капель  $r \square 1\text{мм}$  каждая?

**277.** Какую работу против сил поверхностного натяжения надо совершить, чтобы выдуть мыльный пузырек диаметром  $d \square 4\text{см}$ ? Поверхностное натяжение мыльного пузыря  $\sigma \square 0,043\text{Н/м}$ .

**278.** В сосуд с ртутью опущен открытый капилляр, внутренний диаметр которого  $d \square 3\text{мм}$ . Разность уровней ртути в сосуде и в капилляре  $\square h \square 3,7\text{мм}$ . Найти радиус кривизны  $R$  мениска в капилляре.

**279.** На какую высоту поднимается бензол в капилляре, внутренний диаметр которого  $d \approx 1$  мм? Смачивание считать полным.

**280.** Капилляр, внутренний радиус которого  $r \approx 0,5$  мм, опущен в жидкость. Определить массу жидкости, поднявшейся в капилляре, если его поверхностное натяжение равно  $60 \text{ мН/м}$ .

## **5. Критерии оценки расчетно-графической работы и типовые ошибки при ее выполнении.**

Критерии оценки расчетно-графической работы:

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся в том случае, если все задачи решены, к задачам приведены пояснения;

- оценка «не зачтено» ставится в том случае, если какая-либо задача отсутствует или приведены недостаточные пояснения к решению задачи.

При выполнении расчетно-графической работы по физике часто встречаются следующие ошибки:

1. Не соблюдены правила оформления расчетно-графической работы.
2. Не выдержана структура расчетно-графической работы (отсутствует библиографический список, теоретическая часть к задаче и т. д.).
3. Не указаны единицы измерения полученных результатов.
4. В задаче отсутствуют выводы или содержимое выводов к задаче неконструктивны.
5. Отсутствие готовности обучающегося отвечать на теоретические вопросы, являющиеся основой для решения задачи.
6. Задание на расчетно-графическую работу выполнено не по своему варианту.

## **6. Рекомендуемая литература**

### **Основная литература**

Механика, молекулярная физика и основы термодинамики : учебное пособие для выполнения лабораторных работ / В. А. Андреев [и др.] ; под ред. В. В. Самарина. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2010.

Оптика и квантовая физика : учебное пособие для выполнения лабораторных работ / В. А. Андреев [и др.] ; под ред. С. М. Казакова. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2010.

Самарин, В. В. Атомная и ядерная физика : учеб. пособие для выполнения лабораторных работ / В. В. Самарин. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2012.

Трофимова, Т. И. Курс физики [Текст] : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. - 14-е изд., стер. - М. : Академия, 2007. - 559 с.

Демидченко В. И. Физика [Электронный ресурс] : учебник / В.И. Демидченко, И.В. Демидченко. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2016. — 581 с. - Режим доступа : <http://znanium.com/bookread2.php?book=469821>

#### Дополнительная литература

Чертов, А. Г. Задачник по физике : учебное пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1988.

Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики с решениями : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова, З. Г. Павлова. - 7-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2006.

Хавруняк В. Г. Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Г. Хавруняк. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с. - Режим доступа : <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=375844>

#### Периодика

Наука и Жизнь [Электронный ресурс] : научно-популярный журнал / гл. ред. Лозовская Е.Л. – М.: Наука и жизнь, 2018. – Режим доступа: [https://biblioclub.ru/index.php?page=journal\\_red&jid=430673](https://biblioclub.ru/index.php?page=journal_red&jid=430673)

Вестник БГУ. Серия 1. Физика. Математика. Информатика [Электронный ресурс] : научно-теоретический журнал / Белорусский государственный университет. - Режим доступа: [https://e.lanbook.com/journal/2495#journal\\_name](https://e.lanbook.com/journal/2495#journal_name)

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для написания РГР**

1. Znanium.com [Электронный ресурс]: электронно-

библиотечная система. – Режим доступа: <http://znanium.com>.

2. «Университетская библиотека онлайн» - [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>.

3. Издательство ЛАНЬ [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

(справочное)

### **Форма титульного листа**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**



**РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №1**  
**по дисциплине**  
**«ФИЗИКА»**

Выполнил: студент \_\_ курса

\_\_\_\_\_  
(Ф. И. О.) очной формы обучения  
специальность \_\_\_\_\_  
уч. шифр \_\_\_\_\_  
конт. телефон \_\_\_\_\_

Проверил: \_\_\_\_\_

**Чебоксары 20\_\_**

**1. ТАБЛИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

Таблица 1

***Основные физические постоянные (округленные значения)***

Нормальное ускорение свободного падения	$g$	9,81 м/с <sup>2</sup>
Гравитационная постоянная	$G$	6,67 $\square$ 10 <sup>-11</sup> м <sup>2</sup> /(кг $\square$ с)
Постоянная Авогадро	$N_A$	6,02 $\square$ 10 <sup>23</sup> моль <sup>-1</sup>
Молярная газовая постоянная	$R$	8,31 Дж/(моль $\square$ К)
Стандартный объем*	$V_m$	22,4 $\square$ 10 <sup>-3</sup> м <sup>3</sup> /моль
Постоянная Больцмана	$k$	1,38 $\square$ 10 <sup>-23</sup> Дж/К

\* Молярный объем идеального газа при нормальных условиях.

Таблица 2

**Некоторые астрономические величины**

Наименование	Числовое значение
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24}$ кг
Средняя плотность Земли	$5,52 \cdot 10^3$ кг/м <sup>3</sup>
Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8$ м
Масса Солнца	$1,98 \cdot 10^{30}$ кг
Средняя плотность Солнца	$1,41 \cdot 10^3$ кг/м <sup>3</sup>
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м
Масса Луны	$7,33 \cdot 10^{22}$ кг
Расстояние от центра Земли до центра Солнца	$1,49 \cdot 10^{11}$ м
Расстояние от центра Земли до центра Луны	$3,84 \cdot 10^8$ м
Период обращения Луны вокруг Земли	27,3 сут. $\cdot 2,36 \cdot 10^6$ с

Таблица 3

**Плотность твердых тел**

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

Таблица 4

**Плотность жидкостей**

Жидкость	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Жидкость	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Бензол	$0,88 \cdot 10^3$	Керосин	$0,80 \cdot 10^3$
Вода	$1,00 \cdot 10^3$	Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	Сероуглерод	$1,26 \cdot 10^3$
Касторовое масло	$0,90 \cdot 10^3$	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$

Таблица 5

**Плотность газов (при нормальных условиях)**

Газ	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Газ	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Азот	1,25	Воздух	1,29
Аргон	1,78	Гелий	0,18
Водород	0,09	Кислород	1,43

Таблица 6

**Коэффициент поверхностного натяжения**

Жидкость	Коэффициент, мН/м	Жидкость	Коэффициент, мН/м
Бензол	30	Мыльная пленка	40
Вода	72	Ртуть	500
Глицерин	62	Спирт	22

Таблица 7

### *Эффективный диаметр молекулы*

Газ	Диаметр, нм	Газ	Диаметр, нм
Азот	0,30	Воздух	0,27
Аргон	0,35	Гелий	0,19
Водород	0,23	Кислород	0,27

Таблица 8

### *Относительные атомные массы (округленные значения) Ar элементов периодической системы*

Элемент	Символ	Ar	Элемент	Символ	Ar
Азот	N	14	Марганец	Mn	55
Алюминий	Al	27	Медь	Cu	64
Аргон	Ar	40	Молибден	Mo	96
Барий	Ba	137	Натрий	Na	23
Ванадий	V	60	Неон	Ne	20
Водород	H	1	Никель	Ni	59
Вольфрам	W	184	Олово	Sn	119
Гелий	He	4	Платина	Pt	195
Железо	Fe	56	Ртуть	Hg	201
Золото	Au	197	Сера	S	32
Калий	K	39	Серебро	Ag	108
Кальций	Ca	40	Углерод	C	12
Кислород	O	16	Уран	U	238
Магний	Mg	24	Хлор	Cl	35