

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

ФИЗИКА

*Методические рекомендации к самостоятельной работе
для студентов всех специальностей и направлений подготовки
очной формы обучения*

Часть 1

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА



Могилев 2025

УДК 531
ББК 22.31
Ф55

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «26» марта 2025 г.,
протокол № 7

Составители: д-р физ.-мат. наук, доц. А. В. Хомченко;
ст. преподаватель Н. С. Манкевич

Рецензент канд. техн. наук М. Н. Миронова

В методических рекомендациях приводятся задачи для проведения контрольных работ по разделам «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электростатика и постоянный ток».

Учебное издание

ФИЗИКА

Часть 1

Ответственный за выпуск	А. В. Хомченко
Корректор	А. А. Подошевко
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2025

Содержание

1 Общие указания к решению задач.....	4
2 Механика.....	5
3 Молекулярная физика и термодинамика.....	16
4 Электростатика и постоянный ток.....	22
Список литературы.....	31
Приложение А.....	32

1 Общие указания к решению задач

Предлагаемые методические рекомендации содержат задачи из разделов общего курса физики «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика» и «Электростатика и постоянный ток» в соответствии с учебными программами курса. Данное издание предназначено для проведения контрольных работ.

Решения задач следует начинать с краткой записи условия с приведением его к СИ. Значения физических величин и постоянных представлены в таблицах А.1–А.14. Решения необходимо сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда это возможно, дать чертеж, выполненный с помощью чертежных принадлежностей.

Решать задачу надо в общем виде, т. е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.

После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин обозначения единиц этих величин, произвести с ними 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.

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

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.

Вычисления по расчетной формуле необходимо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений [6]. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.

2 Механика

Кинематика поступательного движения.

2.1 Движение материальной точки задано уравнением $X = A \cdot t + B \cdot t^2$, где $A = 4 \text{ м/с}$; $B = -0,05 \text{ м/с}^2$. Определите момент времени, в который скорость точки равна 0. Найдите координату и ускорение в этот момент.

2.2 Камень брошен горизонтально со скоростью 10 м/с. Определите радиус кривизны траектории камня через 3 с после начала движения.

2.3 Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения имеет вид $X = 2 \cdot t + 0,04 \cdot t^3$. Найдите скорость и ускорение за первые 5 с движения. Найдите ускорение точки за пятую секунду движения.

2.4 Зависимость пройденного телом пути от времени выражается уравнением $s = At + Bt^2 + Ct^3$, где $A = 2 \text{ м/с}$; $B = 3 \text{ м/с}^2$; $C = 4 \text{ м/с}^3$. Определите среднее ускорение тела за 10 с после начала движения.

2.5 Зависимость пройденного телом пути от времени выражается уравнением $s = At - Bt^2 + Ct^3$, где $A = 2 \text{ м/с}$; $B = 3 \text{ м/с}^2$; $C = 4 \text{ м/с}^3$. Определите, в какой момент времени скорость тела будет равна 38 м/с.

2.6 Радиус-вектор точки, движущейся по плоскости, изменяется по закону $\vec{r} = At^3\vec{i} + Bt^2\vec{j}$, где $A = 2 \text{ м/с}$; $B = 1 \text{ м/с}^2$. Запишите законы изменения скорости и ускорения. Определите ускорение точки на момент времени 2 с после начала движения.

2.7 Тело брошено со скоростью 10 м/с под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Найдите радиус кривизны траектории тела через время 1 с после начала движения.

2.8 Радиус-вектор точки, движущейся по плоскости, изменяется по закону $\vec{r} = At^3\vec{i} + Bt^2\vec{j}$, где $A = 2 \text{ м/с}$; $B = 4 \text{ м/с}^2$. Запишите уравнение траектории точки и постройте её.

2.9 Тело брошено под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту со скоростью $v_0 = 20 \text{ м/с}$. Определите высоту подъема тела, нормальное a_n , тангенциальное a_τ и полное a ускорения тела в высшей точке траектории.

2.10 Радиус-вектор движущейся точки изменяется по закону $\vec{r} = (At+1)\vec{i} + Bt^3\vec{j} + Ct^2\vec{k}$, где $A = 2 \text{ м/с}$; $B = 5 \text{ м/с}^2$; $C = 4 \text{ м/с}^3$. Запишите, чему равны вектора скорости и ускорения. Определите ускорение точки на момент времени 2 с после начала движения.

2.11 Вагон движется с отрицательным ускорением $-0,5 \text{ м/с}^2$. Начальная скорость вагона 36 км/ч. На каком расстоянии от начальной точки вагон остановится?

2.12 Зависимость пройденного телом пути от времени выражается уравнением $s = At + Bt^2 + Ct^3$, где $A = 2 \text{ м/с}$; $B = 3 \text{ м/с}^2$; $C = 4 \text{ м/с}^3$. Определите скорость и ускорение тела на момент времени 10 с после начала движения.

2.13 Поезд движется со скоростью 36 км/ч. Затем, двигаясь равнозамедленно, останавливается через 40 с. Определите расстояние, пройденное поездом при торможении.

2.14 С балкона бросили мяч вертикально вверх с начальной скоростью 5 м/с, через 2 с мяч упал на землю. Определите высоту балкона над землёй и скорость мяча в момент удара о землю.

2.15 Тело брошено со скоростью v_0 под углом α к горизонту. Найдите скорость v_0 и угол α , если известно, что высота подъема тела 3 м и радиус кривизны траектории тела в верхней точке траектории 3 м.

2.16 Камень брошен с вышки в горизонтальном направлении с начальной скоростью $v_0 = 30$ м/с. Определите скорость камня в конце второй секунды после начала движения.

2.17 Камень брошен горизонтально со скоростью 10 м/с. Найдите нормальное и тангенциальное ускорения и радиус кривизны траектории через 1 с после начала движения. Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.18 Свободно падающее тело за последнюю секунду своего падения проходит путь $s = 100$ м. Определите полное время падения тела.

2.19 Точка движется по окружности радиусом $R = 2$ см. Зависимость пройденного пути от времени задаётся уравнением $X = A \cdot t^3$, где $A = 0,1$ м/с³. Найдите нормальное и тангенциальное ускорения точки в момент, когда её линейная скорость $v = 0,3$ м/с.

2.20 Зависимость пройденного телом пути по окружности радиусом $R = 3$ м задаётся уравнением $X = A \cdot t^2 + B \cdot t$, где $A = 0,4$ м/с²; $B = 0,1$ м/с. Определите для момента времени $t = 1$ с после начала движения ускорения: нормальное, тангенциальное, полное.

Кинематика вращательного движения.

2.21 Колесо радиусом $R = 0,1$ м вращается так, что угловое перемещение меняется по закону $\varphi = A \cdot t + B \cdot t^3$, где $A = 2$ рад/с; $B = 1$ рад/с³. Для точек, лежащих на ободе колеса, найдите угловую скорость, угловое ускорение, нормальное, тангенциальное и полное ускорения через 1 с после начала движения.

2.22 Вал вращается с постоянной частотой 180 об/мин. С некоторого момента он тормозится и вращается равнозамедленно с угловым ускорением, равным 3 рад/с². Через сколько времени вал остановится? Сколько оборотов он сделает до остановки?

2.23 Найдите угловое ускорение колеса, если через время $t = 2$ с после начала движения вектор полного ускорения точки, лежащей на ободе, составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с вектором её линейной скорости.

2.24 Точка движется по окружности радиусом $R = 2$ м согласно уравнению $\varphi = A \cdot t^2$, где $A = 2$ м/с. В какой момент времени t нормальное ускорение a_n

точки будет равно тангенциальному a_τ ? Определите полное ускорение в этот момент.

2.25 Колесо, вращаясь равноускоренно, достигло угловой скорости вращения $\omega = 10$ рад/с через $N = 20$ об после начала вращения. Определите угловое ускорение колеса.

2.26 Диск радиусом $R = 10$ см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе диска, от времени задается уравнением $v = At + Bt^2$, где $A = 2$ м/с; $B = 1$ м/с². Определите через какое время после начала движения нормальное ускорение будет равно тангенциальному.

2.27 Диск вращается с угловым ускорением $\varepsilon = -2$ рад/с². Сколько оборотов N сделает диск при изменении частоты вращения от $n_1 = 240$ мин⁻¹ до $n_2 = 90$ мин⁻¹? Найдите время Δt , в течение которого это произойдет.

2.28 Найдите радиус R вращающегося колеса, если известно, что линейная скорость точки, лежащей на ободе, в 3 раза больше линейной скорости точки, лежащей на 6 см ближе к оси колеса.

2.29 Точка движется с постоянной скоростью $v = 1$ м/с по окружности. Определите ее центростремительное ускорение, если за 3 с вектор скорости изменяет свое направление на угол 45°.

2.30 Точка движется по окружности радиусом $R = 30$ см с постоянным угловым ускорением. Определите тангенциальное ускорение точки, если известно, что за время $t = 4$ с она совершила три оборота и в конце третьего оборота её нормальное ускорение стало равно 2,7 м/с².

2.31 Зависимость углового перемещения от времени задается уравнением $\varphi = At - Bt^2 + Ct^3$, где $B = 3$ рад/с²; $C = 4$ рад/с³. Определите, в какой момент времени угловое ускорение тела станет $\varepsilon = 12$ рад/с².

2.32 Колесо вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 4$ рад/с². Определите радиус колеса, если через 1 с после начала движения полное ускорение колеса $a = 9$ м/с.

2.33 Вентилятор вращается со скоростью, соответствующей частоте 15 об/с. После выключения вентилятор до остановки сделал 80 об. Определите, через какое время вентилятор остановился. Движение считать равнозамедленным.

2.34 Вектор полного ускорения точки, движущейся по окружности, в данный момент времени составляет с вектором линейной скорости угол 60°. Определите нормальное или тангенциальное ускорение больше и во сколько раз.

2.35 Колесо вращается с частотой $n = 3$ об/с. Под действием сил трения оно остановилось через $t = 1$ мин. Определите угловое ускорение ε колеса.

2.36 Точка движется по окружности радиусом $R = 10$ см. Зависимость углового перемещения от времени выражается уравнением $\varphi = At - Bt^2 + Ct^3$,

где $A = 2$ рад/с; $B = 3$ рад/с²; $C = 4$ рад/с³. Определите для момента времени $t = 3$ с нормальное, тангенциальное и полное ускорения точки.

2.37 Колесо вращается равнозамедленно. За 4 мин оно изменило частоту вращения с 240 до 60 об/мин. Определите число полных оборотов, сделанных колесом за это время.

2.38 Точка движется по окружности радиусом $R = 10$ см с постоянным тангенциальным ускорением. К концу пятого оборота после начала движения линейная скорость точки $v = 0,8$ м/с. Определите тангенциальное ускорение точки.

2.39 Диск радиусом $R = 10$ см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе диска, от времени задается уравнением $v = At^2 - Bt$, где $A = 2$ м/с; $B = 1$ м/с². Определите, через какое время после начала движения нормальное ускорение будет равно тангенциальному.

2.40 Диск радиусом $R = 10$ см вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 6,28$ рад/с². К концу второй секунды движения для точек на ободе диска определите угол между направлением вектора полного ускорения и радиусом диска.

Динамика поступательного движения.

2.41 Автомобиль массой $m = 5000$ кг останавливается при торможении за $t = 8$ с, пройдя при этом расстояние $S = 33$ м. Найдите начальную скорость автомобиля и силу торможения, считая движение равнозамедленным.

2.42 С какой максимальной скоростью может ехать мотоциклист по горизонтальной плоскости, описывая дугу радиусом $r = 90$ м, если коэффициент трения колес о почву $\mu = 0,4$? На какой угол от вертикали должен отклониться мотоциклист при скорости $V_1 = 15$ м/с?

2.43 Верёвка выдерживает груз массой $m_1 = 110$ кг при вертикальном подъеме его с некоторым ускорением и груз массой $m_2 = 690$ кг при опускании его с таким же по модулю ускорением. Какой груз можно поднять с помощью этой веревки при равномерном подъеме? Сопротивлением воздуха пренебречь.

2.44 Брусok скользит с наклонной плоскости длиной 42 см и высотой 7 см и далее по горизонтальной плоскости на расстояние 142 см, после чего останавливается. Определите коэффициент трения, считая его везде одинаковым.

2.45 Тело массой $m = 1$ кг движется так, что его координаты X и Y изменяются от времени следующим образом: $X = A - Bt + Ct^2$, $Y = Dt^3$, где $C = 1$ м/с²; $D = 2$ м/с³. Определите ускорение тела и действующую на тело силу к концу пятой секунды.

2.46 На наклонной плоскости (рисунок 2.1) находится груз массой $m_1 = 5$ кг, связанный нитью, перекинутой через блок, с другим грузом массой $m_2 = 2$ кг. Коэффициент трения между первым грузом и плоскостью $\mu = 0,1$, угол наклона плоскости к горизонту

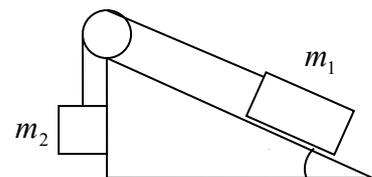


Рисунок 2.1

$\alpha = 37^\circ$. Определите ускорения грузов.

2.47 Чтобы удержать брусок массой $m = 2$ кг на наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$, к нему приложили силу, направленную вдоль наклонной плоскости. Коэффициент трения между бруском и поверхностью плоскости $\mu = 0,2$. Чему равна эта сила?

2.48 На тело массой 10 кг, лежащее на наклонной плоскости (угол 20°), действует горизонтально направленная сила $F = 8$ Н. Пренебрегая трением, определите ускорение тела.

2.49 Камень, подвешенный к потолку на верёвке длиной 1,8 м, движется в горизонтальной плоскости по окружности, отстоящей от потолка на расстоянии 1,25 м. Найдите частоту вращения камня.

2.50 На тело массой $m = 2$ кг, вначале покоившееся на горизонтальной плоскости, в течение времени $t = 2,6$ с действует горизонтальная сила $F = 12$ Н. Коэффициент трения о плоскость $\mu = 0,1$. Какое расстояние S пройдет тело за время движения?

2.51 Под действием постоянной силы $F = 1$ Н тело движется прямолинейно. Зависимость пройденного телом пути от времени задается уравнением $s = A - Bt + Ct^2$, где $C = 1$ м/с². Определите массу тела.

2.52 Тело скользит по наклонной плоскости, составляющей угол 30° с горизонтом. Определите коэффициент трения тела о плоскость, если известно, что пройдя расстояние 0,5 м, тело приобретает скорость 2 м/с.

2.53 Шоссе имеет вираж с уклоном в 10° при радиусе закругления дороги в 100 м. На какую скорость рассчитан вираж?

2.54 Зависимость пройденного телом пути от времени выражается уравнением $s = At - Bt^2 + Ct^3$, где $A = 2$ м/с; $B = 1$ м/с²; $C = 2$ м/с³. В конце первой секунды движения на тело действует сила $F = 2$ Н. Определите массу тела.

2.55 Молекула массой $m = 4,65 \cdot 10^{-26}$ кг, летящая по нормали к стенке сосуда со скоростью 600 м/с, ударяется о стенку сосуда под углом 60° к нормали и под таким же углом упруго отскакивает от неё без потери скорости. Найдите импульс силы, полученный стенкой за время удара.

2.56 Масса автомобиля 1 т. Во время движения на автомобиль действует сила трения, равная 0,1 силы тяжести, действующей на автомобиль. Определите силу тяги, развиваемую двигателем, если автомобиль движется с постоянной скоростью в гору. Наклон горы составляет угол 5° с горизонтом.

2.57 Невесомый блок укреплен на конце стола. Две гири массами $m_1 = m_2 = 1$ кг соединены нитью, перекинутой через блок. Гиря m_2 движется по столу. Коэффициент трения гири m_2 о стол равен 0,1. Гиря m_1 движется вертикально вниз. Определите ускорение, с которым движутся гири и силу натяжения нити. Трением в блоке пренебречь.

2.58 Шарик массой 100 г подлетает по нормали к стенке, ударяется о неё и

отлетает в противоположном направлении. Скорость шарика до удара равна 1,5 м/с, после удара – 0,15 м/с. Время контакта шарика со стенкой составляет 0,0004 с. Определите силу удара.

2.59 Автомобиль массой 10 т за 5 с проходит равноускоренно расстояние 25 м. Определите силу тяги автомобиля. Начальную скорость принять равной 0.

2.60 Гирька массой 50 г, привязанная к нити длиной 25 см, описывает в горизонтальной плоскости окружность. Скорость вращения гирьки соответствует частоте 2 об/с. Определите силу натяжения нити.

Работа и энергия. Законы сохранения импульса и энергии.

2.61 Работа, затраченная на толкание ядра, брошенного под углом 30° к горизонту, $A = 216$ Дж. Через сколько времени и на каком расстоянии от места бросания ядро упадет на землю? Масса ядра – 2 кг. Соппротивление воздуха не учитывать.

2.62 Найдите, какую мощность развивает двигатель автомобиля, если известно, что масса автомобиля $m = 1$ т и он едет в гору с уклоном 5 м на каждые 100 м пути с постоянной скоростью 36 км/ч. Коэффициент трения $\mu = 0,07$.

2.63 Какую минимальную работу необходимо совершить, чтобы лежащий на земле стержень длиной $l = 2$ м и массой $m = 100$ кг поставить вертикально?

2.64 Шарик массой $m = 0,1$ кг, подвешенный на нити длиной $l = 1$ м, раскрутили так, что он начал двигаться по окружности в горизонтальной плоскости. Чему будет равна работа по раскручиванию шарика, если при движении нить образует с вертикалью угол $\alpha = 60^\circ$?

2.65 С башни высотой $h = 25$ м горизонтально брошен камень со скоростью $v_0 = 15$ м/с. Найдите кинетическую и потенциальную энергии камня через время $t = 1$ с после начала движения. Масса камня $m = 0,2$ кг.

2.66 Подвешенный на нити шарик массой $m = 200$ г отклоняют на угол 45° . Определите силу натяжения нити в момент прохождения шариком положения равновесия.

2.67 В тело массой 990 г, лежащее на горизонтальной поверхности, попадает пуля массой 10 г и застревает в нём. Скорость пули направлена горизонтально и равна 700 м/с. Какой путь пройдёт тело до остановки, если коэффициент трения между телом и поверхностью $\mu = 0,05$?

2.68 Тело скользит сначала по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 8^\circ$ с горизонтом, а затем по горизонтальной поверхности. Найдите, чему равен коэффициент трения, если известно, что тело проходит по горизонтали такое же расстояние, как и по наклонной плоскости.

2.69 Тело массой $m = 3$ кг, имея начальную скорость $v_0 = 0$ м/с, скользит по наклонной поверхности высотой $h = 0,5$ м и длиной склона $L = 1$ м. К основанию наклонной плоскости оно приходит со скоростью $v = 2,45$ м/с. Найдите

коэффициент трения тела о плоскость и количество теплоты Q , выделившееся при трении.

2.70 Мяч массой 150 г, движущийся со скоростью 6 м/с, ударяется о стенку так, что угол между векторами скорости до удара и после удара равен 60° . Считая удар упругим, определите его продолжительность, если известно, что сила удара 20 Н.

2.71 Человек, стоящий на неподвижной тележке, бросает в горизонтальном направлении камень массой $m = 2$ кг. Тележка с человеком покатилась назад и в первый момент после броска её скорость $v = 0,1$ м/с. Масса тележки с человеком $M = 100$ кг. Найдите кинетическую энергию брошенного камня через время $t = 0,5$ с после начала движения.

2.72 Снаряд, имеющий скорость $v = 100$ м/с в верхней точке траектории, на высоте $h = 100$ м разорвался на две части массами $m_1 = 1$ кг и $m_2 = 1,5$ кг. Скорость большего осколка $V_2 = 250$ м/с и по направлению совпадает со скоростью снаряда до разрыва. Определите расстояние между точками падения обоих осколков. Соппротивлением воздуха пренебречь.

2.73 Летящий снаряд разорвался на два осколка с одинаковыми массами. Угол между векторами V_1 и V_2 равен 90° . Модули скоростей осколков составляют $V_1 = 300$ м/с и $V_2 = 400$ м/с. Найдите скорость снаряда до разрыва.

2.74 В шар массой $M = 5$ кг, висящий на нити длиной $L = 49$ см, попадает пуля массой $m = 20$ г, летящая с горизонтальной скоростью $v_1 = 1000$ м/с. Пробив шар, пуля продолжает движение в том же направлении со скоростью $v = 500$ м/с. Определите угол отклонения нити от вертикали.

2.75 Два тела массами m и $2m$ движутся по взаимно перпендикулярным направлениям с равными скоростями. В результате удара тело массой m останавливается. Какую часть его энергии составляет выделившаяся при ударе теплота?

2.76 Тело массой 5 кг ударяется о неподвижное тело массой 2,5 кг, которое после удара начинает двигаться с кинетической энергией в 5 Дж. Считая удар центральным и упругим, найдите кинетическую энергию первого тела до и после удара.

2.77 Два шара массами $m_1 = 9$ кг и $m_2 = 12$ кг подвешены на нитях длиной $L = 1,5$ м. Первоначально шары соприкасаются между собой, затем меньший шар отклонили на угол $\alpha = 30^\circ$ и отпустили. Считая удар неупругим, определите высоту h , на которую поднимутся оба шара после удара.

2.78 Стальной шарик массой $m = 20$ кг, падая с высоты $h_1 = 1$ м на стальную плиту, отскакивает от неё на высоту $h_2 = 81$ см. Найдите импульс силы, полученный плитой за время удара, и количество теплоты, выделившееся при ударе.

2.79 Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на невесомом жёстком стержне, и застревает в нём. Масса пули $m_1 = 5$ г, масса

шара $m_2 = 5$ кг. Скорость пули $v_1 = 500$ м/с. При какой предельной длине стержня шар от удара пули поднимается до верхней точки окружности?

2.80 При центральном упругом ударе движущееся тело массой m_1 ударяется в покоящееся тело массой m_2 , в результате чего скорость первого тела уменьшается в 2 раза. Определите, во сколько раз масса первого тела больше массы второго; кинетическую энергию E_2 второго тела непосредственно после удара, если кинетическая энергия E первого тела непосредственно перед ударом равна 800 Дж.

Динамика вращательного движения.

2.81 Определите момент инерции J тонкого однородного стержня длиной $l = 30$ см и массой $m = 100$ г относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через точку, отстоящую от конца стержня на $1/3$ его длины.

2.82 Диаметр диска $d = 20$ см, масса $m = 800$ г. Определите момент инерции J диска относительно оси, проходящей через середину одного из радиусов перпендикулярно плоскости диска.

2.83 На обод маховика диаметром $d = 60$ см намотан шнур, к концу которого привязан груз массой $m = 2$ кг. Определите момент инерции J маховика, если он, вращаясь равноускоренно под действием силы тяжести груза, за время $t = 3$ с приобрел угловую скорость $\omega = 9$ рад/с.

2.84 Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязали грузики массами $m_1 = 100$ г и $m_2 = 110$ г. С каким ускорением a будут двигаться грузики, если масса m блока равна 400 г? Трение при вращении блока ничтожно мало.

2.85 Шар массой $m = 10$ кг и радиусом $R = 20$ см вращается относительно оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$, где $B = 4$ рад/с²; $C = -1$ рад/с³. Определите закон изменения момента сил, действующих на шар; момент сил M в момент времени $t = 2$ с.

2.86 Через неподвижный блок массой $m = 0,2$ кг перекинут шнур, к концам которого подвесили грузы массами $m_1 = 0,3$ кг и $m_2 = 0,5$ кг. Определите силы T_1 и T_2 натяжения шнура по обе стороны блока во время движения грузов, если масса блока равномерно распределена по ободу.

2.87 Шкив радиусом $R = 5$ см жестко связан с маховиком и имеет с ним общую ось вращения. Момент инерции системы $J = 105$ г·см². На шкив намотана нить, к концу которой прикреплен груз массой $m = 0,5$ кг. Какое ускорение приобретает груз, опустившись с высоты $h = 0,5$ м? Каково будет натяжение нити во время движения груза?

2.88 К ободу однородного диска радиусом $R = 0,2$ м приложена касательная сила $F = 98,1$ Н. При вращении на диск действует момент сил трения $M_{тр} = 4,9$ Н·м. Найдите массу диска, если известно, что он вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 100$ рад/с².

2.89 Тонкий однородный стержень длиной $l = 50$ см и массой $m = 400$ г вращается с угловым ускорением $\varepsilon = 3$ рад/с² около оси, проходящей перпендикулярно стержню через его середину. Определите вращающий момент M .

2.90 Маховик в виде однородного диска массой $m = 50$ кг и радиусом $R = 20$ см был раскручен до частоты $n = 480$ об/мин и затем предоставлен самому себе. Под влиянием трения через $t = 50$ с он остановился, сделав $N = 200$ об. Найдите момент силы трения.

2.91 Обруч массой 2 кг и радиусом 20 см вращается равноускоренно с угловым ускорением 5 рад/с² относительно оси, проходящей через центр масс обруча перпендикулярно его плоскости. Определите момент силы, действующий на обруч.

2.92 На однородный сплошной цилиндрический вал радиусом 50 см намотана легкая нить, к концу которой прикреплен груз массой 6,4 кг. Груз, разматывая нить, опускается с ускорением 2 м/с². Определите момент инерции вала.

2.93 На барабан массой 5 кг намотан шнур, к концу которого привязан груз массой 2 кг. Определите ускорение барабана. Барабан считать однородным цилиндром.

2.94 К ободу колеса, имеющего форму диска, радиусом 20 см и массой 5 кг приложена касательная сила в 10 Н. Определите, через какое время после начала действия силы колесо будет иметь частоту вращения, равную 100 об/с.

2.95 Шар массой 5 кг и радиусом 10 см прикреплен к концу легкого стержня длиной 40 см. Шар вращается относительно оси, проходящей через свободный конец стержня. Определите момент инерции шара относительно данной оси вращения.

Законы сохранения во вращательном движении.

2.96 Маховик, момент инерции которого $J = 245$ кг·м², вращается с частотой $n = 20$ об/с. После того как на колесо перестал действовать вращающий момент, оно остановилось, сделав $N = 1000$ об. Найдите момент сил трения $M_{тр}$ и время t , прошедшее от момента прекращения действия вращающего момента до остановки колеса.

2.97 Маховик начинает вращаться с постоянным угловым ускорением $\varepsilon = 0,5$ рад/с² и через время $t_1 = 15$ с после начала движения приобретает момент импульса $L_1 = 73,5$ кг·м²/с. Найдите кинетическую энергию колеса через время $t_2 = 20$ с после начала движения.

2.98 Кинетическая энергия E_k вращающегося маховика равна 1 кДж. Под действием постоянного тормозящего момента маховик начал вращаться равнозамедленно и, сделав $N = 80$ об, остановился. Определите момент силы торможения.

2.99 Шар и сплошной цилиндр одинаковой массы, изготовленные из одного и того же материала, катятся без скольжения с одинаковой скоростью.

Определите, во сколько раз кинетическая энергия шара меньше кинетической энергии сплошного цилиндра.

2.100 Колесо, вращаясь равнозамедленно при торможении, уменьшило за $t = 1$ мин частоту вращения от 300 до 180 об/мин. Момент инерции колеса $J = 2 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Найдите работу торможения и число оборотов, сделанных колесом за эту минуту.

2.101 Маховик вращается с частотой $n = 10$ об/с. Его кинетическая энергия $E_k = 7,85 \text{ кДж}$. За какое время t момент сил $M = 50 \text{ Н}\cdot\text{м}$, приложенный к маховику, увеличит его угловую скорость вдвое?

2.102 Обруч и диск, имеющие одинаковую массу $m_1 = m_2$, катятся без скольжения с одинаковой скоростью v . Кинетическая энергия обруча $E_{k1} = 39,2 \text{ Дж}$. Найдите кинетическую энергию диска E_{k2} .

2.103 Шар катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Его полная кинетическая энергия E_k равна 14 Дж. Определите кинетическую энергию поступательного E_{k1} и вращательного E_{k2} движений шара.

2.104 Полый тонкостенный цилиндр катится по горизонтальной плоскости со скоростью $v_0 = 1,5 \text{ м/с}$. Определите путь, который он пройдет в гору за счет кинетической энергии, если уклон горы равен 5 м на каждые 100 м пути.

2.105 Шар массой $m = 1 \text{ кг}$, катящийся без скольжения, ударяется о стенку и откатывается от неё. Скорость шара до удара о стенку $v = 10 \text{ см/с}$, после удара $u = 8 \text{ см/с}$. Найдите количество теплоты Q , выделившееся при ударе шара о стенку.

2.106 Колесо вращается с постоянной частотой 10 об/с. Его кинетическая энергия равна 800 Дж. За какое время момент силы, равный 50 Н·м, приложенный к этому колесу, увеличит угловую скорость вращения вдвое?

2.107 Маховик в виде диска массой $m = 80 \text{ кг}$ и радиусом $R = 30 \text{ см}$ находится в состоянии покоя. Какую работу A_1 надо совершить, чтобы сообщить маховику частоту $n_1 = 10 \text{ с}^{-1}$? Какую работу A_2 пришлось бы совершить, если бы при такой же массе диск имел меньшую толщину, но вдвое больше радиус?

2.108 Платформа в виде однородного диска $m = 100 \text{ кг}$ вращается с частотой $n_1 = 10 \text{ мин}^{-1}$. На краю платформы стоит человек, масса которого $m_1 = 60 \text{ кг}$. С какой частотой n_2 будет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр? Момент инерции человека следует рассчитывать как для материальной точки.

2.109 На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках стержень длиной $l = 2,4 \text{ м}$ и массой $m = 8 \text{ кг}$, расположенный вертикально по оси вращения скамейки. Скамья с человеком вращается с частотой $n_1 = 1 \text{ с}^{-1}$. С какой частотой n_2 будет вращаться скамья с человеком, если он повернет стержень в горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи равен $6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

2.110 Горизонтальная платформа массой 100 кг вращается относительно оси, проходящей через центр платформы, делая 3 об/мин. Человек массой 65 кг стоит при этом на краю платформы. Человек переходит по радиусу от края платформы ближе к её центру. Частота вращения при этом – 6 об/мин. Определите, на каком расстоянии от центра оказался человек. Платформу считать однородным диском радиусом 10 м, человека – материальной точкой.

Релятивистская механика.

2.111 Определите скорость, при которой релятивистское сокращение линейных размеров тела составляет 10 %.

2.112 Собственное время жизни нестабильной частицы $\Delta t_0 = 10$ нс. Какой путь пролетит эта частица до распада в лабораторной системе отсчета, где ее время жизни $\Delta t = 20$ нс?

2.113 В системе K' покоится стержень, собственная длина которого равна 1 м. Стержень расположен так, что составляет угол 45° с осью X' . Определите длину системы стержня и угол в системе K , если скорость системы K' относительно K равна $0,8$ с.

2.114 Определите релятивистский импульс электрона, кинетическая энергия которого $T = 1$ ГэВ.

2.115 Сколько времени пройдет на земле, если в ракете, движущейся со скоростью $v = 0,95$ с относительно Земли, пройдет $t = 10$ лет?

2.116 Один близнец отправляется в космическое путешествие, другой остается на Земле, причем путешествие длится 40 лет (по земным часам) со скоростью $v = 0,2$ с. Определите, на сколько моложе окажется космический путешественник.

2.117 Во сколько раз релятивистская масса частицы, скорость которой отличается от скорости света на 0,01 %, превышает ее массу покоя?

2.118 Найдите скорость, при которой релятивистский импульс частицы в 2 раза превышает её ньютоновский импульс.

2.119 Какую работу надо совершить, чтобы увеличить скорость частицы с массой m от 0,6 до 0,8 с? Сравните результат со значением, вычисленным по нерелятивистской формуле.

2.120 При какой скорости кинетическая энергия любой частицы равна ее энергии покоя?

3 Молекулярная физика и термодинамика

Молекулярно-кинетическая теория вещества. Газовые законы.

3.1 Найдите число молекул газа N , средняя квадратичная скорость которых при температуре $t = 27\text{ }^\circ\text{C}$ равна 500 м/с , если масса газа $m = 10\text{ г}$.

3.2 Плотность одного газа при давлении 400 кПа $\rho_1 = 1,6\text{ кг/м}^3$. Вторым газом массой 2 кг занимает объем 10 м^3 при давлении 200 кПа . Во сколько раз средняя квадратичная скорость молекул второго газа больше, чем первого?

3.3 Определите среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы газа, находящегося под давлением $0,1\text{ Па}$. Концентрация молекул газа равна 10^{13} см^{-3} .

3.4 Определите среднюю квадратичную скорость молекулы аргона при давлении 20 кПа . Концентрация молекул этого газа при указанном давлении составляет $3 \cdot 10^{25}\text{ м}^{-3}$.

3.5 Во сколько раз изменится давление одноатомного газа в результате одновременного уменьшения его объема в 3 раза и увеличения средней кинетической энергии молекул в 2 раза?

3.6 Чему равна энергия теплового движения 20 г кислорода при температуре $10\text{ }^\circ\text{C}$? Какая часть этой энергии приходится на долю поступательного движения и какая – на долю вращательного?

3.7 В баллоне находится газ при температуре $t = 17\text{ }^\circ\text{C}$. Во сколько раз уменьшится давление этого газа, если 20% его выйдет из баллона, а температура при этом понизится на $\Delta t = 10\text{ }^\circ\text{C}$?

3.8 Какая часть газа осталась в баллоне, давление в котором было $p_1 = 1,2 \cdot 10^7\text{ Па}$, а температура $t_1 = 27\text{ }^\circ\text{C}$, если давление упало до 10^5 Па и баллон при этом охладился до $t_2 = -23\text{ }^\circ\text{C}$?

3.9 Найдите плотность ρ смеси кислорода O_2 и углекислого газа CO_2 . Масса кислорода $m_1 = 50\text{ г}$, масса углекислого газа $m_2 = 80\text{ г}$. Смесь газов находится под давлением $p = 5\text{ МПа}$ и при температуре $t = 7\text{ }^\circ\text{C}$.

3.10 Баллон объемом $V = 30\text{ л}$ содержит смесь водорода и гелия при температуре $T = 300\text{ К}$ и давлении $p = 828\text{ кПа}$. Масса смеси $m = 24\text{ г}$. Определите массу m_1 водорода и массу m_2 гелия.

3.11 Плотность некоторого газа при температуре $t = 10\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $0,2\text{ МПа}$ равна $0,34\text{ кг/м}^3$. Чему равна молярная масса этого газа?

3.12 Определите среднюю молярную массу смеси газов, состоящей из 1 кг водорода, 4 кг гелия и 16 кг кислорода.

3.13 В открытом сосуде находится 90 г газа. Температуру газа увеличивают в $1,5$ раза при постоянном давлении. Во сколько раз при этом уменьшается плотность газа?

3.14 В баллоне объемом 25 л находится водород при температуре 290 К. После того как часть водорода израсходовали, давление в баллоне понизилось на 0,4 МПа. Определите массу израсходованного водорода.

3.15 Азот массой 10 г находится при давлении 304 кПа и температуре 10 °С. После изобарного расширения газ занял объем 10 л. Определите плотность газа до и после расширения.

3.16 В сосуде объемом 2 л находятся 6 г углекислого газа (CO_2) и 5 г закиси азота (N_2O) при температуре 127 °С. Определите давление смеси в сосуде.

3.17 Газ находится в закрытом баллоне при нормальных условиях. Давление газа при нагревании увеличилось на 50 %. Определите, на сколько при этом увеличилась температура.

3.18 При увеличении давления в 2 раза объем газа уменьшился на 15 л. Определите начальный объем газа. Температуру газа считать постоянной.

3.19 Кислород массой 10 г находится при давлении 304 кПа и температуре 10 °С. После изобарного расширения газ занял объем 10 л. Определите объем и плотность газа до расширения.

3.20 Во сколько раз плотность воздуха, заполняющего помещение зимой при температуре 7 °С, больше его плотности летом при температуре 37 °С. Давление газа считать постоянным.

Элементы классической статистики. Явления переноса.

3.21 Найдите коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега молекул при этих условиях равна $1,6 \cdot 10^{-7}$ м.

3.22 Коэффициенты диффузии и внутреннего трения водорода при некоторых условиях равны $D = 1,42 \text{ см}^2/\text{с}$ и $\eta = 8,5 \cdot 10^{-6} \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ соответственно. Найдите число молекул водорода в 1 м^3 при этих условиях.

3.23 Найдите коэффициент теплопроводности воздуха при температуре 10 °С и давлении 10^5 Па. Эффективный диаметр молекулы воздуха принять равным 0,3 нм.

3.24 Пространство между двумя параллельными пластинами площадью 150 см^2 каждая, находящимися на расстоянии 5 мм друг от друга, заполнено кислородом. Одна пластина поддерживается при температуре 17 °С, другая – при температуре 27 °С. Определите количество теплоты Q , прошедшее за время 5 мин посредством теплопроводности от одной пластины к другой. Кислород находится при нормальных условиях. Эффективный диаметр молекул кислорода считать равным 0,36 нм.

3.25 Определите массу азота, прошедшего вследствие диффузии через площадку 50 см^2 за 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.

3.26 В сосуде находится кислород при нормальных условиях. Найдите среднее число столкновений молекул Z в этом объеме за время $t = 2$ с. Эффективный диаметр молекул кислорода считать равным $0,27$ нм.

3.27 Во сколько раз уменьшится среднее число столкновений в 1 с молекул двухатомного газа, если объем газа адиабатически увеличить в 2 раза?

3.28 Какое давление надо создать внутри сферического сосуда, диаметр которого равен 100 см, чтобы молекулы не сталкивались друг с другом? Эффективный диаметр молекулы газа считать равным $0,3$ нм, а температуру газа – 0 °С.

3.29 При температуре 47 °С и некотором давлении средняя длина свободного пробега молекул кислорода равна 40 нм. В результате изотермического сжатия объем газа уменьшился в 2 раза. Определите среднее число столкновений молекул за 1 с в конце сжатия.

3.30 Средняя квадратичная скорость молекулы углекислого газа при давлении $P = 10^5$ Па равна 628 м/с. Определите среднюю длину свободного пробега молекул. Эффективный диаметр молекулы считать равным $0,4$ нм.

3.31 Какая часть молекул водорода при $t = 0$ °С обладает скоростями от $v_1 = 2000$ м/с до $v_2 = 2100$ м/с?

3.32 Какая часть молекул имеет модуль скорости, лежащий между $v = v_g/2$ и $v = 2v_g$?

3.33 Какая часть молекул азота, находящегося при температуре $T = 400$ К, имеет скорости, лежащие в интервале $v_k + \Delta v$, где $\Delta v = 20$ м/с?

3.34 На какой высоте h над поверхностью Земли атмосферное давление вдвое меньше, чем на её поверхности? Считать, что температура воздуха равна 17 °С и не изменяется с высотой.

3.35 Пылинки, взвешенные в воздухе, имеют массу $m = 10^{-18}$ г. Во сколько раз уменьшится их концентрация при увеличении высоты на $\Delta h = 10$ м? Температура воздуха $T = 300$ К.

Первое начало термодинамики. Теплоемкость.

3.36 Некоторый газ находится в баллоне объемом 100 л при температуре 350 К и давлении $0,2$ МПа. Теплоемкость этого газа при постоянном объеме $C_V = 140$ Дж/К. Определите отношение C_p/C_V .

3.37 Определите удельные теплоемкости c_V и c_p смеси, содержащей азот массой $m_1 = 8$ кг и водяной пар массой $m_2 = 8$ кг, принимая эти газы за идеальные.

3.38 Некоторый газ массой $m = 2$ кг при температуре $T = 410$ К занимает объем $V = 0,1$ м³. Определите давление газа, если его удельная теплоемкость $c_p = 519$ Дж/(кг·К) и $\gamma = 1,67$.

3.39 Каковы удельные теплоемкости c_V и c_p смеси газов, содержащей кис-

лород массой $m_1 = 14$ г и азот массой $m_2 = 24$ г?

3.40 Найдите отношение C_p/C_V для смеси газов, состоящей из гелия массой $m_1 = 12$ г и водорода массой $m_2 = 2$ г.

3.41 Найдите показатель адиабаты смеси водорода и неона, если массовые доли обоих газов в смеси одинаковы.

3.42 Разность удельных теплоемкостей $c_p - c_V$ некоторого двухатомного газа равна 260 Дж/(кг·К). Найдите молярную массу M газа и его удельные теплоемкости c_V и c_p .

3.43 Определите удельную теплоемкость c_V смеси газов, содержащей $V_1 = 5$ л водорода и $V_2 = 3$ л гелия. Газы находятся при одинаковых условиях.

3.44 Найдите показатель адиабаты γ для смеси газов, содержащей гелий массой $m_1 = 10$ г и водород массой $m_2 = 4$ г.

3.45 Найдите удельные теплоемкости c_V и c_p некоторого газа, если известно, что масса 1 кмоль этого газа равна $M = 30$ кг/кмоль и отношение $C_p/C_V = 1,4$.

3.46 Кислород массой $m = 4$ кг занимал объем $V_1 = 1,4$ м³ при давлении $p_1 = 0,3$ МПа. Газ нагревали сначала при постоянном давлении до объема $V_2 = 3,4$ м³, а затем при постоянном объеме – до давления $p_2 = 0,6$ МПа. Определите изменение внутренней энергии газа, совершенную газом работу и количество теплоты, переданное при этом газу.

3.47 При изотермическом расширении водорода массой $m = 3$ г объем газа V_1 увеличился в 2 раза. Определите работу расширения, совершенную газом, если температура газа $T = 290$ К. Определите количество теплоты, переданное при этом газу.

3.48 В цилиндре под поршнем находился азот массой $m = 22$ г. Газ нагревали от 310 до 460 К при постоянном давлении. Определите количество теплоты, переданное газу, совершенную газом работу и приращение внутренней энергии.

3.49 Кислород нагревают от $t_1 = 50$ °С до $t_2 = 60$ °С. Масса кислорода $m = 160$ г. Найдите количество поглощенной теплоты и изменение внутренней энергии при изохорном и изобарном процессах. Начальное давление близко к атмосферному.

3.50 Определите работу расширения $m = 1,2$ кг водорода при постоянном давлении и количество теплоты, переданное водороду, если в процессе нагревания температура газа повысилась на $\Delta T = 120$ К.

3.51 Найдите конечное давление и работу, совершенную газом при изотермическом процессе.

3.52 Газ, занимавший объем 25 л при нормальных условиях, был изобарически нагрет до температуры 385 К. Определите работу расширения газа.

3.53 Найдите изменение внутренней энергии 1 моля двухатомного идеаль-

ного газа, изобарически расширившегося от объема $V_1 = 10$ л до объема $V_2 = 20$ л при давлении $p = 0,5$ МПа.

3.54 Воздух, находящийся под давлением $p_1 = 0,6$ МПа, был адиабатически сжат до давления $p_2 = 1,5$ МПа. Какое будет давление p_3 , когда сжатый воздух при постоянном объеме охладится до первоначальной температуры?

3.55 Азот, занимавший при давлении $p_1 = 10^5$ Па объем $V_1 = 10$ л, расширяется вдвое. Найдите конечное давление и работу, совершенную газом при адиабатном процессе.

Круговые процессы.

3.56 Совершая цикл Карно, газ получил от нагревателя количество теплоты $Q_1 = 1002$ Дж и совершил работу $A = 202$ Дж. Температура нагревателя $T_1 = 375$ К. Определите температуру холодильника.

3.57 Газ совершил цикл Карно. Температура нагревателя – 480 К, холодильника – 260 К. При изотермическом расширении газ совершил работу $A_p = 100$ Дж. Определите термический КПД η цикла, а также количество теплоты Q_2 , которое газ отдает холодильнику при изотермическом сжатии.

3.58 Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в $n = 3,5$ раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу $Q = 15$ Дж теплоты. Какую работу совершил газ?

3.59 Найдите КПД цикла, проводимого с идеальным двухатомным газом и состоящего из двух изотерм с температурами $T_1 = 390$ К и $T_2 = 290$ К и двух изохор с объемами $V_1 = 20$ л и $V_2 = 10$ л.

3.60 Температура пара, поступающего в паровую машину, $t_1 = 127$ °С; температура в конденсаторе $t_2 = 27$ °С. Определите теоретически максимальную работу при затрате количества теплоты $Q_1 = 4,2$ кДж.

3.61 1 кмоль кислорода O_2 совершает цикл Карно в интервале температур от 27 °С до 327 °С. Известно, что отношение максимального за цикл давления p_{\max} к минимальному давлению p_{\min} равно 20. Определите КПД цикла η и работу A , совершаемую газом за цикл.

3.62 Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя в 4 раза выше температуры T_2 охладителя. Какую долю ω количества теплоты, получаемого за один цикл от нагревателя, газ отдает охладителю?

3.63 Идеальный газ совершает цикл Карно. Температура T_1 нагревателя в 3 раза выше температуры T_2 охладителя. Нагреватель передал газу количество теплоты $Q_1 = 42$ кДж. Какую работу A совершил газ?

3.64 Азот массой 28 г находится при температуре 310 К в сосуде объемом 2 л. Газ расширяется адиабатически так, что его объем увеличивается в 5 раз. Затем он охлаждается при постоянном давлении до первоначального объема. Затем путем изохорного нагрева газ приводят в начальное состояние. Построй-

те график цикла. Определите работу, совершенную за цикл, изменение внутренней энергии за цикл, КПД цикла.

3.65 Тепловой двигатель работает по циклу, состоящему из изотермического, изобарного и адиабатного процессов. При изобарном процессе рабочее тело – идеальный газ – нагревается от температуры $T_1 = 200$ К до $T_2 = 500$ К. Определите коэффициент полезного действия данного теплового двигателя и двигателя, работающего по циклу Карно, происходящему между максимальной и минимальной температурами данного цикла.

Энтропия.

3.66 Найдите изменение энтропии при превращении $m = 10$ г льда при $t_1 = -20$ °С в пар при $t_2 = 100$ °С.

3.67 Найдите прирост энтропии при превращении $m = 1$ г воды при $t_1 = 0$ °С в пар при $t_2 = 100$ °С.

3.68 10 г кислорода нагревается от $t_1 = 50$ °С до $t_2 = 150$ °С. Найдите изменение энтропии, если нагревание происходит изохорически; изобарически.

3.69 640 г расплавленного свинца при температуре плавления вылили на лед при $t = 0$ °С. Найдите изменение энтропии при этом процессе.

3.70 Найдите изменение энтропии при переходе $m = 8$ г кислорода от объема $V_1 = 10$ л при температуре $t_1 = 80$ °С к объему $V_2 = 40$ л при температуре $t_2 = 300$ °С.

3.71 Найдите изменение энтропии при переходе $m = 6$ г водорода от объема $V_1 = 20$ л под давлением $p_1 = 1,5 \cdot 10^5$ Н/м² к объему $V_2 = 60$ л под давлением $p_2 = 1 \cdot 10^5$ Н/м².

3.72 Водород массой $m = 6,6$ г расширяется изобарически до удвоения объема. Найдите изменение энтропии при этом расширении.

3.73 Найдите изменение энтропии при изобарическом расширении гелия массой $m = 8$ г от объема $V_1 = 10$ л до $V_2 = 25$ л.

3.74 Масса $m = 10,5$ г азота изотермически расширяется от объема $V_1 = 2$ л до $V_2 = 5$ л. Найдите прирост энтропии в этом процессе.

3.75 В результате нагревания $m = 22$ г азота его абсолютная температура увеличилась в 1,2 раза, а энтропия – на 4,19 Дж/К. При каких условиях производилось нагревание (при постоянном объеме или при постоянном давлении)?

Реальные газы.

3.76 Какую температуру имеет масса $m = 2$ г азота, занимающего объем $V = 820$ см³ при давлении $p = 0,2$ МПа? Газ следует рассматривать как идеальный; реальный.

3.77 В закрытом сосуде объемом $V = 0,5$ м³ находится 0,6 кмоль углекислого газа при давлении $p = 3$ МПа. Пользуясь уравнением Ван-дер-Ваальса, найдите, во сколько раз надо увеличить температуру газа, чтобы давление

увеличилось вдвое.

3.78 Найдите давление, обусловленное силами взаимодействия молекул, заключенных в 1 кмоль газа при нормальных условиях. Критическая температура и критическое давление этого газа $T_k = 417 \text{ К}$ и $p_k = 7,7 \text{ МПа}$.

3.79 Во сколько раз давление газа больше его критического давления, если известно, что его объем и температура вдвое больше критических значений этих величин.

3.80 1 моль гелия занимает объем $V = 237 \text{ м}^3$ при температуре $t = -200 \text{ }^\circ\text{С}$. Найдите давление газа, пользуясь уравнением Ван-дер-Ваальса.

3.81 В сосуде объемом $V = 10 \text{ л}$ находится $m = 0,25 \text{ кг}$ азота при температуре $t = 27 \text{ }^\circ\text{С}$. Какую часть давления газа составляет давление, обусловленное силами взаимодействия молекул? Какую часть объема сосуда составляет собственный объем молекул?

3.82 0,5 кмоль трехатомного газа адиабатически расширяется в вакуум от $V_1 = 0,5 \text{ м}^3$ до $V_2 = 3 \text{ м}^3$. Температура газа при этом понижается на 12,2 К. Найдите постоянную a , входящую в уравнение Ван-дер-Ваальса.

3.83 20 кг азота адиабатически расширяется в вакуум от объема $V_1 = 1 \text{ м}^3$ до $V_2 = 2 \text{ м}^3$. Найдите понижение температуры при этом расширении, считая известной для азота постоянную a , входящую в уравнение Ван-дер-Ваальса.

3.84 Найдите коэффициент диффузии гелия при температуре $t = 17 \text{ }^\circ\text{С}$ и давлении $p = 150 \text{ кПа}$. Эффективный диаметр атома вычислите, считая известными для гелия критические значения T_k и p_k .

3.85 Гелий массой $m = 10 \text{ г}$ занимает объем $V = 100 \text{ см}^3$ при давлении $p = 100 \text{ МПа}$. Найдите температуру газа, считая его идеальным; реальным.

4 Электростатика и постоянный ток

Основы электростатики. Напряженность и потенциал.

4.1 Тонкий длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью $\tau = 10 \text{ мкКл/м}$. На продолжении оси стержня на расстоянии $d = 3 \text{ см}$ от его конца находится точечный заряд $Q = 10 \text{ нКл}$. Определите силу взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

4.2 Эбонитовый сплошной шар радиусом $R = 5 \text{ см}$ несёт заряд, равномерно распределённый с объёмной плотностью $\rho = 10 \text{ нКл/м}^3$. Определите напряжённость E электрического поля в точках: на расстоянии $r_1 = 3 \text{ см}$ от центра шара; на поверхности шара; на расстоянии $r_2 = 10 \text{ см}$ от центра шара.

4.3 Найти потенциальную энергию W системы трёх точечных зарядов $q_1 = 10 \text{ нКл}$, $q_2 = 20 \text{ нКл}$ и $q_3 = -30 \text{ нКл}$, расположенных в вершинах равносностороннего треугольника со стороной $a = 10 \text{ см}$.

4.4 Бесконечная прямая нить несёт равномерно распределённый заряд ($\tau = 0,1$ мкКл/м). Определите работу A_{12} сил поля по перемещению заряда $Q = 10$ нКл от точки 1 в точку 2 (рисунок 4.1).

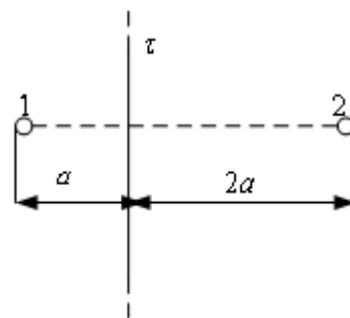


Рисунок 4.1

4.5 Два точечных заряда взаимодействуют с силой 8 мН. Какова будет сила взаимодействия между зарядами, если, не меняя расстояния между ними, величину каждого из зарядов увеличить в 2 раза?

4.6 По поверхности сферы радиусом 30 см распределен заряд 4 нКл. Чему равен потенциал в центре сферы?

4.7 Два одинаковых по размеру металлических шарика несут заряды 7 и -3 мкКл. Шарики привели в соприкосновение и развели на некоторое расстояние, после чего сила их взаимодействия оказалась равной 40 Н. Определите это расстояние (в сантиметрах).

4.8 Три маленьких шарика заряжены одинаковыми по модулю зарядами $q = 10$ мкКл. Расстояние $a = 0,2$ м. Определите энергию взаимодействия зарядов. Знаки зарядов указаны на рисунке 4.2.

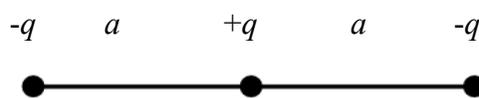


Рисунок 4.2

4.9 Маленький шарик, подвешенный на шелковой нити, имеет заряд 49 нКл. В горизонтальном электрическом поле с напряженностью 100 кВ/м нить отклонилась от вертикали на угол, тангенс которого 0,125. Найдите массу (в граммах) шарика.

4.10 Какую работу необходимо совершить, чтобы три одинаковых точечных положительных заряда q , находящихся в вакууме вдоль одной прямой на расстоянии a друг от друга, расположить в вершинах равностороннего треугольника (рисунок 4.3) со стороной $a/2$?

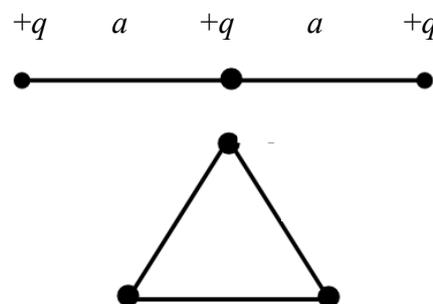


Рисунок 4.3

4.11 Два одинаковых отрицательных точечных заряда по 100 нКл массой 0,3 г каждый движутся по окружности радиусом 10 см вокруг положительного заряда 100 нКл. При этом отрицательные заряды находятся на концах одного диаметра. Найти угловую скорость вращения зарядов (в радианах в секунду).

4.12 Найти ускорение, с которым падает шарик массой 0,01 кг с зарядом 1 мкКл в однородном электрическом поле с напряженностью 20 кВ/м. Вектор напряженности направлен вертикально вверх. Трение не учитывать.

4.13 Два точечных заряда по 10 нКл закреплены на расстоянии 4 см друг от друга. Посередине между зарядами помещают заряженную частицу массой 2 мг с зарядом 36 нКл и отпускают. Какую скорость приобретет частица на большом расстоянии от зарядов?

4.14 Два одинаковых проводящих шарика, обладающих зарядами 50 и 10 нКл, находятся на некотором расстоянии друг от друга. Их приводят в соприкосновение и разводят на прежнее расстояние. На сколько процентов увеличится в результате сила взаимодействия?

4.15 Протон, движущийся со скоростью 100 км/с, влетает в электрическое поле с напряженностью 50 В/м в направлении, противоположном направлению силовых линий поля. Через сколько микросекунд скорость протона станет равной нулю? Отношение заряда протона к его массе – 10^8 Кл/кг.

4.16 Два одинаково заряженных шарика одного размера и массы подвешены на нитях одинаковой длины, закрепленных в одной точке. Опуская шарики в жидкий диэлектрик, заметили, что угол отклонения нитей от вертикали в воздухе и в диэлектрике остается одним и тем же. Найдите диэлектрическую проницаемость диэлектрика, если его плотность в 1,25 раза меньше плотности материала шариков.

4.17 По тонкому кольцу радиусом 6 см распределен заряд 4 нКл. Найдите потенциал поля кольца в точке, лежащей на оси кольца на расстоянии 8 см от его центра.

4.18 Маленький шарик массой 0,01 мг, несущий заряд 10 нКл, помещен в однородное электрическое поле, направленное горизонтально. Шарик начинает двигаться и через 4 с приобретает скорость 50 м/с. Найдите напряженность электрического поля (в милливольтах на метр).

4.19 Электрическое поле создается двумя положительными точечными зарядами $q_1 = 9 \cdot 10^{-9}$ Кл и $q_2 = 4 \cdot 10^{-9}$ Кл. Чему равно расстояние между этими зарядами, если известно, что точка, где напряженность электрического поля равна нулю, находится на расстоянии 33 см от первого заряда?

4.20 Два одинаковых маленьких шарика массой 80 г каждый подвешены к одной точке на нитях длиной 30 см. Какой заряд (в микрокулонах) надо сообщить каждому шарiku, чтобы нити разошлись под прямым углом друг к другу?

4.21 По кольцу, расположенному горизонтально, могут свободно перемещаться три шарика. Заряд первого шарика q_1 , второго и третьего q_2 каждый. Чему равно отношение зарядов q_1/q_2 , если при равновесии дуга между зарядами составляет 60° ?

4.22 На концах невесомого стержня длиной 1 м находятся два невесомых шарика с зарядами +1 Кл и –1 Кл. На перпендикуляре, проведенном через середину стержня, на расстоянии 0,5 м от основания перпендикуляра расположен точечный заряд 1 Кл. Определите вращающий момент (в килоньютонах на метр), действующий на стержень.

4.23 В вершинах острых углов ромба со стороной 1 м помещены положительные заряды по 1 нКл, а в вершине одного из тупых углов – положительный заряд 5 нКл. Определите напряженность электрического поля в четвертой вершине ромба, если меньшая диагональ ромба равна его стороне.

Ёлектроёмкость. Конденсатор.

4.24 Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U_1 = 100$ В. Какая будет разность потенциалов U_1 , если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора?

4.25 Сила F притяжения между пластинами плоского воздушного конденсатора равна 50 мН. Площадь каждой пластины – 200 см². Найдите плотность энергии ω поля конденсатора.

4.26 Конденсатор ёмкостью $C_1 = 666$ пФ зарядили до разности потенциалов $U_1 = 1,5$ кВ и отключили от источника тока. Затем к конденсатору присоединили параллельно второй незаряженный конденсатор ёмкостью $C_2 = 444$ пФ. Определите энергию, израсходованную на образование искры, проскочившей при соединении конденсаторов.

4.27 Конденсаторы ёмкостями $C_1 = 10$ нФ, $C_2 = 40$ нФ, $C_3 = 20$ нФ и $C_4 = 30$ нФ соединены так, как показано на рисунке 4.4. Определите ёмкость батареи конденсаторов.

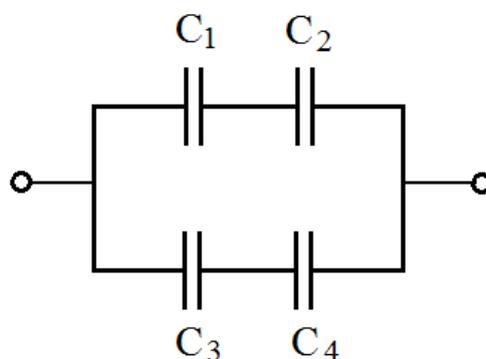


Рисунок 4.4

4.28 Во сколько раз увеличится ёмкость плоского конденсатора, если площадь пластин увеличить в 8 раз, а расстояние между ними уменьшить в 2 раза?

4.29 Два конденсатора, рассчитанные на максимальное напряжение 300 В каждый, но имеющие различные ёмкости – 500 и 300 пФ, соединены последовательно. Какое наибольшее напряжение можно приложить к такому составному конденсатору?

4.30 Одну пластину незаряженного конденсатора, обладающего ёмкостью 1 нФ, заземляют, а другую присоединяют длинным тонким проводом к удаленному проводящему шару радиусом 20 см, имеющему заряд 92 мкКл. Какой заряд (в микрокулонах) останется на шаре?

4.31 Два одинаковых воздушных конденсатора соединены последовательно и присоединены к источнику постоянного напряжения. У одного из них втрое увеличивают расстояние между пластинами. Во сколько раз уменьшится напряженность поля в этом конденсаторе?

4.32 Два конденсатора, ёмкость одного из которых в 4 раза больше, чем ёмкость другого, соединили последовательно и подключили к источнику напряжения с ЭДС 75 В. Затем заряженные конденсаторы отключили от источника и друг от друга и соединили параллельно. Чему будет равно после этого напряжение на конденсаторах?

4.33 Конденсатор ёмкостью C_1 , заряженный до разности потенциалов 300 В, и конденсатор ёмкостью C_2 , заряженный до разности потенциалов 50 В,

соединили одноименными обкладками. При этом напряжение на батарее конденсаторов стало равным 100 В. Чему равно отношение емкости второго конденсатора к емкости первого?

4.34 Заряженный конденсатор емкостью C_1 подключили параллельно к незаряженному конденсатору емкостью $C_2 = 4$ мкФ. При этом напряжение на батарее конденсаторов стало равно 100 В, а её энергия $2,5 \cdot 10^{-2}$ Дж. Определите емкость конденсатора C_1 .

4.35 Плоский конденсатор, площадь каждой пластины которого $S = 400$ см², заполнен двумя слоями диэлектрика. Граница между ними параллельна обкладкам. Первый слой – прессшпан ($\epsilon_1 = 2$) толщиной $l_1 = 0,2$ см, второй слой – стекло ($\epsilon_2 = 7$) толщиной $l_2 = 0,3$ см. Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U = 600$ В. Найдите энергию конденсатора.

4.36 Радиус центральной жилы коаксиального кабеля – 1,5 см, радиус оболочки – 3,5 см. Между центральной жилой и оболочкой приложена разность потенциалов 2300 В. Определите напряженность электрического поля на расстоянии 2 см от оси кабеля.

Постоянный электрический ток.

4.37 Определите падение напряжения на сопротивлениях R_1 , R_2 и R_3 (рисунок 4.5), если амперметр показывает ток $I = 3$ А. $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 4$ Ом. Найдите токи I_2 и I_3 в сопротивлениях R_2 и R_3 .

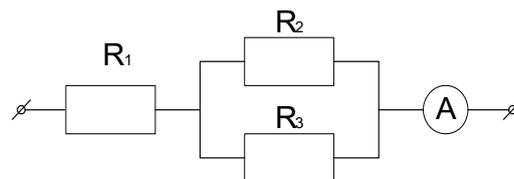


Рисунок 4.5

4.38 Найдите внутреннее сопротивление генератора, если известно, что мощность, выделяемая во внешней цепи, одинакова при двух значениях внешнего сопротивления $R_1 = 5$ Ом и $R_2 = 4$ Ом. Найдите КПД генератора в каждом из этих случаев. Определите силу тока I_3 в резисторе сопротивлением R_3 (рисунок 4.6) и напряжение U_3 на концах резистора, если $\epsilon_1 = 4$ В, $\epsilon_2 = 3$ В, $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = 6$ Ом, $R_3 = 1$ Ом. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

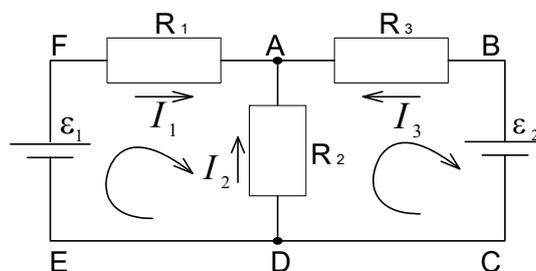


Рисунок 4.6

4.39 В сеть с напряжением 100 В включено сопротивление 34 Ом, а последовательно с ним – два параллельно включенных сопротивления 20 и 80 Ом. Найдите напряжение на сопротивлении 80 Ом.

4.40 Сколько энергии израсходовала электрическая лампа накаливания при постоянном напряжении 12 В, если по ней протекло 600 Кл электричества?

4.41 Резистор с сопротивлением $R = 22$ Ом изготовлен из медного провода массой $m = 11$ г. Если удельное сопротивление меди $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом · м, а её плотность $\rho_0 = 8,9 \cdot 10^3$ кг/м³, то чему равна длина провода?

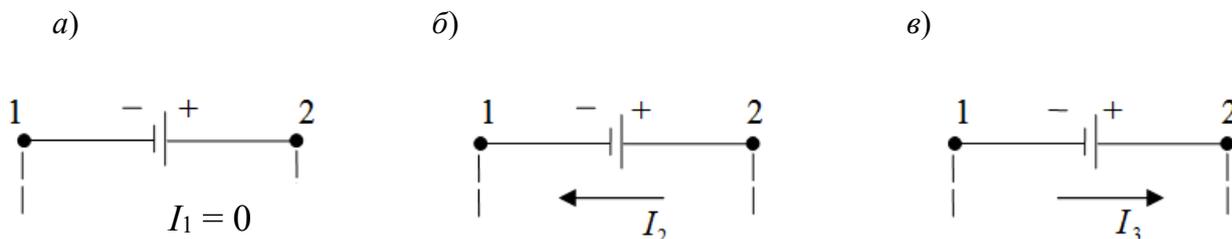
4.42 Батарея для карманного фонаря состоит из трех последовательно соединенных элементов с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом каждый. Найдите силу тока, проходящего через лампу фонаря, если ее сопротивление 0,9 Ом.

4.43 Отрезок однородной проволоки разрезали на восемь одинаковых частей и соединили эти части параллельно. Сопротивление такой системы оказалось равным 1 Ом. Каким было сопротивление проволоки до того, как ее разрезали?

4.44 Какое количество аккумуляторов с ЭДС по 2 В и внутренним сопротивлением по 1 Ом каждый необходимо соединить в батарею последовательно, чтобы в проводнике сопротивлением 6 Ом, подключенном к батарее, получить силу тока 0,5 А?

4.45 Два сопротивления 5 и 7 Ом соединены последовательно. На обоих сопротивлениях выделилось 960 Дж теплоты. Какое количество теплоты выделилось за это время на первом сопротивлении?

4.46 Определите разность потенциалов $\varphi_2 - \varphi_1$ на зажимах источника ($\varepsilon_1 = 4$ В; $r = 0,5$ Ом), включённого в некоторую цепь. Направления тока показаны на рисунке 4.7, а ($I_1 = 0$); рисунке 4.7, б ($I_2 = 2$ А); рисунке 4.7, в ($I_3 = 10$ А).



а – $\varphi_2 - \varphi_1 = \varepsilon_1 = 4$ В; б – $\varphi_2 - \varphi_1 = 5$ В; в – $\varphi_2 - \varphi_1 = -1$ В

Рисунок 4.7

4.47 Из 80 одинаковых сопротивлений сделали составное двумя способами: один раз – соединив последовательно 16 одинаковых групп по пять параллельно соединенных сопротивлений в каждой группе, второй раз – соединив параллельно 20 одинаковых групп по четыре последовательно соединенных сопротивления в каждой группе. Во сколько раз сопротивление во втором случае меньше, чем в первом?

4.48 Три источника с ЭДС $\varepsilon_1 = 6$ В, $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 4$ В и внутренними сопротивлениями $r = 0,5$ Ом каждый соединены, как показано на рисунке 4.8, и замкнуты на резистор с сопротивлением R . Определите разность потенциалов $\varphi_D - \varphi_C$ и $\varphi_K - \varphi_D$ при сопротивлении резистора $R = 4$ Ом

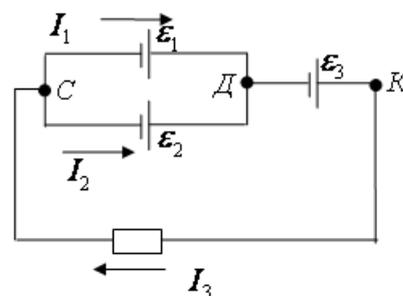


Рисунок 4.8

4.49 Сколько времени (в минутах) потребуется для испарения 132 г кипящей воды, если вода получает 50 % энергии, выделяющейся в электроплитке? Напряжение на плитке – 220 В, сила тока – 4,6 А. Удельная теплота парообразования воды – 2,3 МДж/кг.

4.50 В каждое ребро бесконечной сетки с квадратными ячейками включено сопротивление 20 Ом. Чему равно сопротивление сетки при подключении ее соседними узлами?

4.51 Три одинаковые батареи с внутренним сопротивлением 6 Ом каждая замкнули на некоторое сопротивление, причем один раз соединили параллельно, а другой – последовательно. При этом сила тока во внешней цепи была одна и та же. Чему равно внешнее сопротивление?

4.52 Две одинаковые лампы и добавочное сопротивление 3 Ом соединены последовательно и включены в сеть с постоянным напряжением 110 В. Найдите силу тока в цепи, если напряжение на каждой лампе 40 В.

4.53 Два вольтметра, соединенных последовательно, подключены к источнику тока и показывают 8 и 4 В. Если подключить к источнику только второй вольтметр, он покажет 10 В. Чему равна ЭДС источника?

4.54 При последовательном подключении к сети постоянного тока двух проводников сила тока в сети в 6,25 раза меньше, чем при параллельном соединении этих же проводников. Во сколько раз отличаются сопротивления проводников?

4.55 Две проволоки из одинакового материала диаметрами 0,2 и 0,8 мм служат нагревателями и включаются в сеть параллельно. При длительной работе температуры проволок оказываются одинаковыми. Найдите длину более толстой проволоки, если длина более тонкой 55 см, а количество теплоты, отдаваемое за 1 с в окружающую среду, пропорционально площади поверхности (при одинаковой температуре).

4.56 Если вольтметр соединить последовательно с сопротивлением 14 кОм, то при напряжении в сети 120 В он покажет 50 В. Если соединить его последовательно с неизвестным сопротивлением, то при подключении к той же сети он покажет 10 В. Определите величину неизвестного сопротивления.

4.57 Два источника тока (первый – с ЭДС 5 В и внутренним сопротивлением 1 Ом, второй – с ЭДС 3 В и внутренним сопротивлением 3 Ом), соединяют последовательно и замыкают на внешнее сопротивление 12 Ом. Во сколько раз разность потенциалов на первом источнике больше, чем на втором?

4.58 Два проводника одинаковой длины из одного и того же материала соединены последовательно. Диаметр первого проводника – 1 мм, второго – 2 мм. К системе приложено напряжение 300 В. Определите напряжение на втором проводнике.

4.59 Сколько энергии потребляет двигатель трамвая за 10 мин непрерывной работы, если напряжение на коллекторных пластинах двигателя 500 В,

а сила тока в обмотке двигателя 120 А?

4.60 По проводнику с сопротивлением 6 Ом пропускали постоянный ток в течение 9 с. Какое количество теплоты выделилось в проводнике за это время, если через его сечение прошел заряд 3 Кл?

4.61 Электрическая кастрюля и чайник, потребляющие мощности 600 и 300 Вт, включены в сеть параллельно, и вода в них закипает одновременно через 20 мин. На сколько минут позже закипит вода в кастрюле, чем в чайнике, если их включить последовательно?

4.62 Какой заряд проходит через поперечное сечение проводника в течение 5 с, если за этот промежуток времени сила тока равномерно возрастает от 0 до 12 А?

4.63 Два сопротивления 5 и 7 Ом соединены последовательно. На обоих сопротивлениях выделилось 960 Дж теплоты. Какое количество теплоты выделилось за это время на первом сопротивлении?

4.64 Какое дополнительное сопротивление нужно параллельно подключить к амперметру с внутренним сопротивлением 2 Ом для расширения его пределов измерения в 5 раз?

4.65 Сколько времени (в минутах) потребуется для испарения 132 г кипящей воды, если вода получает 50 % энергии, выделяющейся в электроплитке? Напряжение на плитке – 220 В, сила тока – 4,6 А. Удельная теплота парообразования воды – 2,3 МДж/кг.

4.66 Батарея состоит из n последовательно соединённых элементов, ЭДС каждого из которых ε и внутреннее сопротивление r . Определите ток, при котором полезная мощность равна P , и наибольшую полезную мощность.

4.67 От источника, разность потенциалов на клеммах которого $\Delta\varphi_0$, требуется передать мощность P на расстояние L . Допустимая «потеря» напряжения в проводах n . Рассчитайте минимальное сечение медного провода, пригодного для этой цепи.

4.68 С каким коэффициентом полезного действия работает свинцовый аккумулятор, ЭДС которого ε , если во внешней цепи с сопротивлением R идёт ток I ? Какую максимальную полезную мощность может дать аккумулятор во внешней цепи? Как при этом изменится его КПД?

4.69 По проводнику, сопротивление которого R , течёт равномерно нарастающий ток. За время t в проводнике выделилась теплота Q . Определите заряд, протёкший за это время по проводнику (в момент времени, принятый за начальный, ток в проводнике был равен нулю).

4.70 Ток в проводнике с сопротивлением R равномерно убывает от значения I_1 до I_2 в течение времени t . Определите количество теплоты, выделившееся в проводнике за указанный промежуток времени.

4.71 В схеме, приведенной на рисунке 4.9, сопротивления подобраны так, что ток через батарею с ЭДС ε_1 не идёт. Даны значения ε_1 , ε_2 и R_3 . Внутренними сопротивлениями источников можно пренебречь. Определите напряжение на сопротивлении R_2 , силу тока в сопротивлении R_3 и величины сопротивлений R_1 , R_2 , R_4 .

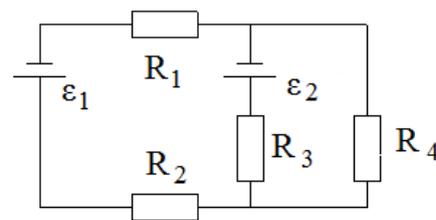


Рисунок 4.9

4.72 Имеется миллиамперметр с сопротивлением R , предназначенный для измерения токов не более I_0 . Что нужно сделать для того, чтобы этим прибором измерять токи до значения I_1 , напряжения до значения U_1 ?

4.73 Электродуховка должна за время t выпарить объём V воды, взятой при температуре T . Какова должна быть длина нихромовой проволоки сечением S , если печь работает под напряжением U и её КПД равен 80 %?

4.74 Проводка от магистрали в здание осуществлена проводом, сопротивление которого R . Напряжение в магистрали постоянно и равно U_0 . Какова максимальная допустимая потребляемая в здании мощность, если напряжение на включаемых в сеть приборах не должно падать ниже значения U ?

4.75 Батарея аккумуляторов соединена параллельно с генератором постоянного тока. ЭДС генератора ε_1 , батареи ε_2 , их внутренние сопротивления равны между собой: $r_1 = r_2 = r$. В зависимости от нагрузки в сети аккумуляторы будут разряжаться и помогать генератору питать сеть или заряжаться. Определите, какой из этих случаев будет иметь место при сопротивлении сети, равном R .

4.76 В схеме, показанной на рисунке 4.10, $\varepsilon_1 = 20$ В, $\varepsilon_2 = 25$ В, $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 15$ Ом, внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Определите работу, совершенную источниками, и количество выделившейся в цепи джоулевой теплоты за интервал времени $\Delta t = 0,54$ с при $R_3 = 82$ Ом. При каком сопротивлении R_3 выделяемая на этом резисторе тепловая мощность максимальна?

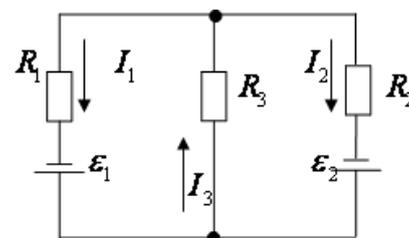


Рисунок 4.10

Список литературы

- 1 **Трофимова, Т. И.** Курс физики : учеб. пособие / Т. И. Трофимова. – М. : Высш. шк., 2017. – 560 с.
- 2 **Савельев, И. В.** Курс общей физики: учеб. пособие: в 3 т. Т. 1: Механика. Молекулярная физика / И. В. Савельев. – 15-е изд., стер. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2019. – 432 с.
- 3 **Савельев, И. В.** Курс общей физики: учеб. пособие: в 3 т. Т. 2 : Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И. В. Савельев. – 15-е изд., стер. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2019. – 500 с.
- 4 **Трофимова, Т. И.** Курс физики. Задачи и решения : учеб. пособие / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. – М. : Академия, 2004. – 592 с.
- 6 **Волькенштейн, В. С.** Сборник задач по общему курсу физики / В. С. Волькенштейн. – М. : Наука, 2003. – 328 с.
- 6 **Чертов, А. Г.** Задачник по физике / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – М. : Альянс, 2019. – 640 с.

Приложение А (справочное)

Таблица А.1 – Основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Нормальное ускорение свободного падения около Земли	g	9,81 м/с ²
Гравитационная постоянная	γ	$6,67 \cdot 10^{-11}$ м ³ /(кг·с ²)
Постоянная Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Молярная газовая постоянная	R	8,31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Элементарный заряд	e	$1,60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Скорость света в вакууме	c	$3,00 \cdot 10^8$ м/с
Атомная единица массы	а. е. м.	$1,660 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м

Таблица А.2 – Некоторые астрономические величины

Наименование	Значение
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ 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
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

Таблица А.3 – Плотность твердых тел

Твердое тело	Плотность, кг/м ³	Твердое тело	Плотность, кг/м ³
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	$6,02 \cdot 10^3$	Олово	$7,30 \cdot 10^3$
Висмут	$9,80 \cdot 10^3$	Свинец	$11,3 \cdot 10^3$
Вольфрам	$19,35 \cdot 10^3$	Серебро	$10,5 \cdot 10^3$
Железо	$7,88 \cdot 10^3$	Сталь	$7,60 \cdot 10^3$
Литий	$0,53 \cdot 10^3$	Цезий	$1,90 \cdot 10^3$
Лед (при $t = 0$ °С)	$0,92 \cdot 10^3$	Цинк	$7,15 \cdot 10^3$

Таблица А.4 – Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Жидкость	Плотность, кг/м ³
Вода (при 4 °С)	$1,00 \cdot 10^3$	Нефть	$0,94 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	Сероуглерод	$1,26 \cdot 10^3$
Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$

Таблица А.5 – Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м ³	Газ	Плотность, кг/м ³
Азот	1,25	Гелий	0,18
Аргон	1,78	Кислород	1,43
Водород	0,09	Криптон	3,73
Воздух	1,29	Неон	0,89

Таблица А.6 – Эффективный диаметр молекулы

Газ	Диаметр, м	Газ	Диаметр, м
Азот	$3,0 \cdot 10^{-10}$	Воздух	$3,7 \cdot 10^{-10}$
Аргон	$3,7 \cdot 10^{-10}$	Гелий	$1,9 \cdot 10^{-10}$
Водород	$2,3 \cdot 10^{-10}$	Кислород	$2,7 \cdot 10^{-10}$
Водяной пар	$4,7 \cdot 10^{-10}$	Неон	$2,6 \cdot 10^{-10}$

Таблица А.7 – Удельная теплота парообразования воды

$t, ^\circ\text{C}$	0	50	100	200
$r, \text{МДж/кг}$	2,49	2,38	2,26	1,94

Таблица А.8 – Удельная теплота плавления некоторых твердых тел

Вещество	Удельная теплота плавления, кДж/кг
Алюминий	322
Железо	272
Лед	335
Медь	176
Свинец	24,3

Таблица А.9 – Удельная теплоемкость некоторых жидкостей (при 20 °С)

Вещество	Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)
Бензол	1720
Вода	4190
Глицерин	2430
Касторовое масло	1800
Керосин	2140
Ртуть	138
Спирт	2510

Таблица А.10 – Относительные атомные массы (округленные значения) A_r и порядковые номера Z некоторых элементов

Элемент	Символ	A_r	Z	Элемент	Символ	A_r	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	Углерод	C	12	6
Кислород	O	16	8	Уран	U	238	92
Магний	Mg	24	12	Хлор	Cl	35	17

Таблица А.11 – Массы покоя некоторых частиц

Частица	m_0	
	кг	а. е. м.
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867
β -частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149

Таблица А.12 – Критические параметры и поправки Ван-дер-Ваальса

Газ	Критическая температура $T_{кр}, K$	Критическое давление $p_{кр}, MPa$	Поправки Ван-дер-Ваальса	
			$a, H \cdot m^4 / \text{моль}^2$	$b, 10^{-5} m^3 / \text{моль}$
Азот	126	3,39	0,135	3,86
Аргон	151	4,86	0,134	3,22
Водяной пар	647	22,1	0,545	3,04
Кислород	155	5,08	0,136	3,17
Неон	44,4	2,72	0,209	1,70
Углекислый газ	304	7,38	0,361	4,28
Хлор	417	7,71	0,650	5,62

Таблица А.13 – Диэлектрическая проницаемость

Диэлектрик	ϵ	Диэлектрик	ϵ
Вода	81	Слюда	7,5
Воздух	1,00058	Спирт	26
Воск	7,8	Стекло	6,0
Керосин	2,0	Фарфор	6,0
Парафин	2,0	Эбонит	2,7
Плексиглас	3,5	Масло трансформаторное	2,2
Полиэтилен	2,3		

Таблица А.14 – Удельные сопротивления проводников и изоляторов

Проводник	Удельное сопротивление (при 20 °С) ρ , 10^{-9} Ом·м	Температурный коэффициент α , $кК^{-1}$	Изолятор	Удельное сопротивление ρ , Ом·м
Алюминий	25	4,5	Бумага	10^{10}
Вольфрам	50	4,8	Парафин	10^{15}
Железо	98	6,5	Слюда	10^{13}
Золото	20	4,0	Фарфор	10^{13}
Медь	17	4,3	Шеллак	10^{14}
Свинец	190	4,2	Эбонит	10^{14}
Серебро	16	4,1	Янтарь	10^{17}