МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
″Оренбургский государственный университет″

Кафедра общей физики

А.А.ЧАКАК

ЗАДАНИЯ ПО ФИЗИКЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 10 КЛАССА
ЗАОЧНОЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ШКОЛЫ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования ″Оренбургский государственный университет″.

Оренбург 2006

УДК 53 (076.5)
ББК 22.3я 73
Ч 16

Рецензент:
доктор физико-математических наук, профессор Н.А.Манаков

Чакак А.А.

Ч 16 **Задания по физике: методические указания для учащихся 10 класса заочной физико-технической школы / А.А. Чакак. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 70 с.**

Методические указания предназначены для учащихся 10 класса заочной физико-технической школы при Оренбургском областном центре детского научно-технического творчества. Программа по физике состоит из 6 заданий, посвященных отдельным темам школьного курса физики. Каждое задание состоит из 25 задач, входящих в несколько разделов. Каждый раздел содержит задачи, близкие по своей тематике, но имеющие различный уровень сложности. Подобранные в указаниях задачи и имеющиеся в них рекомендации и справочный материал могут оказаться полезными для учителей и учащихся профильных классов, как в текущей работе, так и при подготовке к ЕГЭ.

Методические указания рекомендованы к изданию кафедрой общей физики ОГУ. Составитель – Чакак А.А.

ББК 22.3я 73

Содержание

Введение

Уважаемые учащиеся ЗФТШ ОГУ!

В разработанной нами программе обучения предусмотрено выполнение 6-и контрольных заданий, охватывающих большинство тем курса физики, изучаемого в 9-х и 10-х классах обычной средней школы. Любое из 6-и заданий содержит 25 задач, разбитых на 5 разделов: A, B, C, D, E. Каждый раздел состоит из задач близких по своей тематике, но имеющих различную сложность. Уровень сложности указан в скобках после номера задачи.

П р и м е р 1. Номер 2.5(4) имеет 5-я задача 2-го задания, 4-го уровня сложности.

Первому уровню сложности отвечают наиболее простые задачи. С усложнением номер уровня повышается, но даже для задач максимального уровня сложности решение не требует знаний, выходящих за рамки школьного курса физики.

Перед началом работы Вам следует внимательно изучить изложенные ниже правила. Обращаем Ваше внимание на необходимость их строгого соблюдения.

При выполнении каждого задания Вы должны самостоятельно выбрать ***ровно 10 задач***, решения которых будут Вами высланы в ЗФТШ. Цифра в скобках после буквы, обозначающей раздел, указывает на ***количество задач из раздела, обязательных для решения.***

При выполнении задания Вы должны самостоятельно выбрать ***ровно 10 задач***, решения которых будут Вами высланы в ЗФТШ.

Правила отбора задач проще всего понять на конкретном примере.

П р и м е р 2.

Задание 1

Задание содержит 5 разделов:

Раздел A (1) – 5 задач
Раздел B (1) – 3 задачи
Раздел C (1) – 3 задачи
Раздел D (3) – 6 задач
Раздел E (3) – 8 задач

Номера нескольких задач подчеркнуты и указаны в начале раздела:

1.4 (2) – раздел A
1.8 (2) – раздел B
1.14 (3) – раздел D
1.18 (3) – раздел E

Эти задачи ***желательно*** решить. Если не удастся решить эти задачи, замените их другими задачами Задания.

Таким образом, Вам предлагается решить:

Из Раздела A задачу 1.4;
Из Раздела B задачу 1.8;
Из Раздела C 1 задачу по Вашему выбору;

Из Раздела D задачу 1.14 и 2 задачи по Вашему выбору;

Из Раздела E задачу 1.18 и 2 задачи по Вашему выбору.

Итак, Вы уже имеете список из 9 задач. До необходимых 10 задач Вам не хватает одной. Оставшуюся вакансию Вы можете заполнить задачей из любого раздела.

При выборе задач для решения мы советуем руководствоваться Вашим уровнем подготовки и целями, которые Вы ставите перед собой: научиться решать задачи, подготовиться к выпускным экзаменам в школе или вступительным в институт и т.п. Одним из условий успешного образования является непрерывное, но постепенное овладение новыми знаниями и методами решения задач. Поэтому не стоит выбирать для решения задачи, которые кажутся Вам либо очень легкими, либо очень сложными. По мере углубления Вашего понимания физики старайтесь увеличивать уровень сложности задач.

В н и м а н и е! *Оценка Вашей работы не зависит от уровня сложности задач.*

Обязательные требования:

1. Число высылаемых на проверку задач в задании не должно быть ***меньше 10.*** В противном случае нам будет трудно оценить Вашу работу, и в любом случае оценка будет снижена. Не бойтесь высылать решения, в которых Вы не уверены. Один из наилучших методов обучения – анализ собственных ошибок.

2. Число высылаемых на проверку задач в задании не должно быть ***больше 10.*** В Вашей работе будут проверены и оценены ***только 10 задач***, которые в этом случае преподаватель выберет сам.

3. При оформлении решений не забывайте:

- нумеровать задачи и страницы листов с решениями;
- записывать полный ответ;
- условия задач приводить в краткой общепринятой форме;
- подробно пояснять введенные Вами обозначения физических величин в тексте решения и на рисунках.

Будем благодарны читателям за любые отзывы и замечания.

Желаем успехов!

Рекомендации по выполнению заданий. Характерные ошибки

Методы и приемы решения задач весьма разнообразны, однако при решении задач целесообразно руководствоваться следующими основными правилами:

- разобраться в условии задачи;
- если позволяет характер задачи, обязательно сделать чертеж или схематический рисунок;
- представить физическое явление или процесс, о котором говорится в условии. Выяснить, какие теоретические положения связаны с рассматриваемой задачей в целом и с ее отдельными элементами; какие физические законы и их следствия можно применять для решения; какие физические модели и идеализации использованы в условии, а какие могут быть применены при решении;
- отобрать законы, их следствия, соотношения, с помощью которых можно описать физическую ситуацию задачи. Выявить причинно-следственные связи между заданными и неизвестными величинами, установить математическую связь между ними;
- на основании отобранных законов и их следствий записать уравнение (систему уравнений), выражающее условие задачи. Векторные уравнения записать в проекциях на оси координат;
- преобразовать (решить) составленные уравнения так, чтобы искомая величина была выражена через заданные и табличные данные в аналитическом виде, т.е. получить расчетную формулу в общем виде (в буквенных обозначениях). Проводить промежуточные численные расчеты нецелесообразно. Эти расчеты, как правило, являются излишними, так как часто окончательное выражение для искомой физической величины имеет простой вид. Следует также иметь ввиду, что при промежуточных расчетах увеличивается вероятность допустить ошибку;
- получив ответ в аналитическом виде, проверить полученное решение с помощью анализа размерностей. Неверная размерность однозначно указывает на допущенную при решении ошибку;
- подставить числовые значения в определенной системе единиц (предпочтительнее использовать Международную систему единиц - СИ) и провести вычисления. Получив численное значение искомой величины, обязательно указывайте ее размерность;
- оценить правдоподобность ответа, продумать, разумным ли получилось численное значение искомой величины (так, скорость тела не может быть больше скорости света в вакууме, дальность полета камня, брошенного человеком, не может быть порядка 1 км и т.д.).

Наш опыт работы с учащимися показывает, что наибольшие затруднения при решении задач вызывают следующие разделы школьного курса физики:

- графики зависимости кинематических величин от времени при равномерном и равнопеременном движении;

- нахождение всех сил, действующих на тело в конкретных условиях. Принцип суперпозиции сил;

- рациональный выбор системы координат, обеспечивающей наиболее простой вид системы уравнений, приводящей к решению задачи;

- насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность воздуха.

Часто допускаемые ошибки:

- не учитывают влияние начальных условий на характер движения тел;
- при анализе движения в произвольном направлении не пользуются принципом независимого сложения движений, т.е. не рассматривают движение проекций исследуемого тела на взаимно ортогональные направления;
- при решении динамических задач не учитывают разное воздействие сил трения покоя и сил трения скольжения на характер движения тел;
- не учитывают векторный характер законов Ньютона;
- бывают затруднения при определении веса, состояния невесомости, потенциальной энергии;
- встречаются ошибки в определении направления полного ускорения и равнодействующей силы при равнопеременном движении тела по окружности;
- не учитывают, что применение законов сохранения в некоторых задачах по динамике упрощает ход решения;
- забывают основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа;
- встречаются затруднения при применении первого закона термодинамики к изопроцессам;
- неспособность решать задачи, требующие комбинированного использования знаний по нескольким разделам;
- некоторые абитуриенты путают формулы для нахождения сопротивления участка цепи постоянного тока при последовательном и параллельном соединении резисторов с формулами для определения емкости батареи конденсаторов при их параллельном и последовательном соединении.

В любом деле самое трудное – начало. Многие неудачи объясняются тем, что начинают решать наугад, на ″авось″. Следует потратить несколько минут на тщательный анализ особенностей условия задачи и ее цели. Это поможет выбрать правильное направление поиска решения. Приняв же бездумно шаблонный путь, можно рисковать увеличить объем ненужной работы и шансы появления ошибок.

Хороший чертеж часто помогает в формировании идеи решения. Чертеж должен быть достаточно крупным, чтобы не было риска запутаться в наслоении линий. Нужно избегать частных случаев, например, прямоугольный или равнобедренный треугольник и т.п., так как они могут направить мысль по ошибочному пути.

Изучив условие, не следует заострять внимание на искомой величине и пытаться сразу ее найти. Только план решения позволяет записать условие с помощью уравнений и свести, таким образом, задачу от физической к математической.

Довольно часто даже знание физических законов учащимися не позволяет им завершить решение заданий из-за незнания, например, таких понятий элементарной математики, как:

- решение квадратных уравнений;
- площади (объёмы) простейших фигур (тел);
- таблица умножения;
- теорема синусов и косинусов;
- преобразование алгебраических выражений, в том числе арифметические операции с дробями и степенными функциями;
- операции с векторами;
- десятичные приставки к названиям единиц;
- беспомощность при работе с электронными калькуляторами.

1 Задание 1

Раздел А (1). Масса и размеры молекул

1.1(2). За время t=10 суток из стакана воды испарилось m=100 г воды. Сколько в среднем в секунду вылетало молекул с поверхности воды? Молярная масса воды μ=18 г/моль.

1.2(3). Оценить радиус r атома железа, предположив, что в железе атомы в виде твердых шаров расположены вплотную друг к другу. Плотность железа ρ =7,8 г/см^3, молярная масса μ=0,056 кг/моль.

1.3(1). Кусок алюминия и кусок железа содержат одинаковое количество вещества. Какова масса куска алюминия m_{Al}, если масса куска железа m_{Fe}=2 кг? Молярные массы алюминия μ_{Al}=27 г/моль, железа μ_{Fe}=56 г/моль.

1.4(2). Определить отношение объемов кусков алюминия и меди, содержащих одинаковое число атомов. Молярные массы алюминия μ_{Al}=27 г/моль и меди μ_{Cu}=64 г/моль, плотности алюминия ρ_{Al}=2,8 г/см^3 и меди ρ_{Cu}=8,96 г/см^3.

1.5(1). Определите массу молекулы серной кислоты (H_2SO_4). Сколько атомов кислорода содержится в 196 г серной кислоты?

Раздел В (1). Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов

1.6(2). В сосуде объемом V=100 л находится под давлением P=10^5 Па аргон в количестве m=160 г. Чему равна средняя кинетическая энергия $\langle E_к \rangle$ молекулы аргона? Молярная масса аргона μ=40 г/моль.

1.7(2). Два разных идеальных газа в количестве ν_1=2 моль и ν_2=8 моль содержатся в одинаковых сосудах. Считая средние кинетические энергии их молекул одинаковыми, определить отношение давлений газов P_1/P_2 в сосудах.

1.8(2). Считая неон идеальным газом, определите его концентрацию в сосуде при давлении газа на стенки сосуда P=2·10^5 Па и средней квадратичной скорости молекул v=510 м/с. Молярная масса неона μ=20 г/моль.

Раздел С (1). Температура и кинетическая энергия

1.9(1). Вычислить концентрацию молекул идеального одноатомного газа при давлении P=1,01·10^5 Па, если наиболее вероятная энергия молекулы этого газа E=3,8·10^{-21} Дж.

1.10(3). Два одинаковых сосуда наполнены идеальным газом при температуре T_1, и соединены между собой трубкой, объемом которой можно пренебречь. Во сколько раз изменится давление газа в сосудах, если один из них нагреть до температуры T_2, а во втором поддерживать температуру T_1? Изменением объема нагретого сосуда пренебречь.

1.11(5). В горизонтальном герметически закрытом цилиндре длиной 2L и площадью сечения S находится невесомый, скользящий без трения тонкий поршень. Поршень соединен с левым торцом цилиндра пружиной жесткостью k и удерживается в середине цилиндра. В правой половине цилиндра находится идеальный одноатомный газ, давление и температура которого P_1 и T_1, в левой половине цилиндра - вакуум (рисунок 1.1). Найти установившуюся температуру газа T_2, после того, как поршень отпустили. Длина недеформированной пружины равна 2L. Потерями энергии на нагрев цилиндра с поршнем пренебречь.

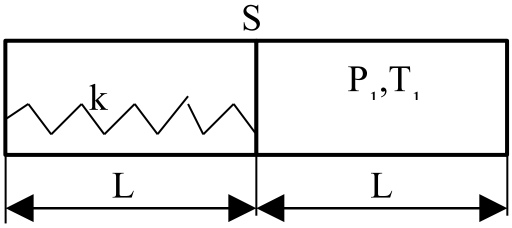

Рисунок 1.1

Раздел D (3).Уравнение состояния идеального газа

1.12(2). Горизонтальный цилиндр длины L=85 см разделен на две части тонким подвижным поршнем. Левая часть цилиндра заполнена кислородом, а правая - водородом. На каком расстоянии от левого торца цилиндра находится поршень, если давления, температуры и массы газов в обеих частях цилиндра одинаковы? Молярные массы кислорода и водорода равны соответственно μ_1=0,032 кг/моль и μ_2= 0,002 кг/моль. Трением пренебречь.

1.13(2). В вертикальном открытом сверху цилиндрическом сосуде, имеющем площадь поперечного сечения S, на высоте h от дна находится поршень массы m, поддерживаемый снизу сжатым газом с молярной массой μ. Температура газа равна T, атмосферное давление P_0. Определить массу газа в сосуде.

1.14(3). Сосуд объемом V=20 л содержит смесь из водорода (μ_1=2 г/моль) и гелия (μ_2=4 г/моль) при температуре t=27 °C и давлении $P=2\cdot10^5$ Па. Определить массу смеси m, если отношение массы водорода в сосуде к массе гелия равно n=0,4.

1.15(3). Через трубку переменного сечения продувают воздух. Входное отверстие имеет площадь поперечного сечения S_1, выходное – S_2 (рисунок 1.2). На входе скорость воздуха постоянна и равна v_1, температура T_1, давление P_1. На выходе из трубки температура воздуха T_2, давление P_2. Найти скорость воздуха v_2 в выходном сечении трубки.

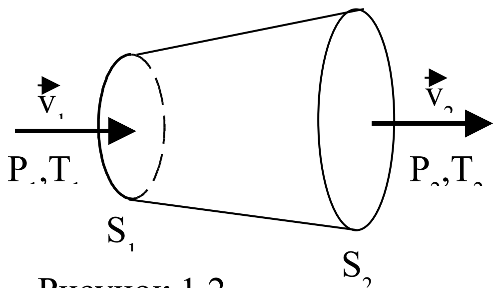

Рисунок 1.2

1.16(4). Посередине горизонтального закрытого цилиндра длиной h=40 см и площадью основания S=80 см^2 расположен тяжелый поршень массы M=10 кг. В одну половину цилиндра быстро вводят аргон, а в другую - гелий, причем в обеих половинах сосуда устанавливаются одинаковые давления газов, равные $P_0=2\cdot10^4$ Па. После того как поршень становится проницаемым для гелия, цилиндр переворачивают в вертикальное положение так, что гелий оказывается над поршнем, а аргон - под поршнем. Через некоторое время поршень занимает равновесное положение, смещаясь вверх. Найти смещение поршня. Температура газов одинаковая и все время поддерживается постоянной. Толщиной поршня и его трением о стенки цилиндра пренебречь.

1.17(2). В баллоне находилось некоторое количество идеального газа при атмосферном давлении P_0. При открытом вентиле баллон был нагрет, после чего вентиль закрыли, и газ остыл до первоначальной температуры T_0. При этом давление газа в баллоне упало до $P=0{,}5\ P_0$. Определить изменение температуры ΔT баллона с газом при нагревании.

Раздел Е (3). Прямолинейное равномерное и равнопеременное движение

1.18(3). Автомобиль, имея некоторую начальную скорость v_0, движется равноускоренно по прямолинейному участку дороги, преодолев за время t=10 с расстояние S=200 м. Найти ускорение *a* автомобиля, если его скорость за это время увеличилась в *n*=3 раза.

1.19(2). Стержень AB длины L опирается концами о пол и стенку (рисунок 1.3). Найти зависимость координаты y_B конца стержня B от времени t при движении конца стержня A с постоянной скоростью v в направлении горизонтальной оси $0x$, если первоначально конец A имеет координату x_0.

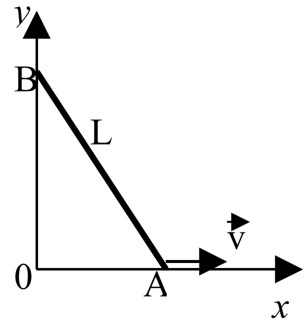

Рисунок 1.3

1.20(2). Пловец переплывает реку шириной h. Под каким углом α к направлению течения он должен плыть, чтобы переправиться на противоположный берег в кратчайшее время? На каком расстоянии S от точки старта он окажется, если скорость реки равна u, а скорость пловца относительно воды равна v?

1.21(2). Звезда горнолыжного спорта идет по трассе скоростного спуска со скоростью v=120 км/ч. Скорость начинающего горнолыжника на этой же трассе в *n*=5 раз меньше. От подножия горы спортсмены добираются до места старта с помощью подъемника, движущегося со скоростью v=2 м/с. Определите отношение средних скоростей спортсменов между двумя последовательными стартами, если пути подъема и спуска равны, а временем на остановки можно пренебречь.

1.22(1). Из пункта *A* в пункт *B*, расстояние между которыми L=120 км, движется со скоростью v_1=40 км/ч товарный поезд. Одновременно с ним из пункта *B* в пункт *A* по параллельному пути движется со скоростью v_2=60 км/ч пассажирский поезд. Запишите уравнения движения поездов $x_1(t)$ и $x_2(t)$ в системе координат $0x$, начало которой совпадает с пунктом *A*, а направление - с направлением движения товарного поезда. Определите через сколько времени t_0 и на каком расстоянии S_0 от пункта *A* поезда встретятся.

1.23(2). Электропоезд метрополитена подъезжает к платформе станции и спустя t=20 с останавливается. Считая движение электропоезда равнозамедленным, определите длину участка торможения L, если посередине этого участка он двигался со скоростью v_c=7 м/с.

1.24(3). Двигаясь равноускоренно под уклон, поезд в течение $t=40$ с увеличил скорость на $\Delta v=10$ м/с по сравнению со скоростью, которую он имел в начале спуска. Определить расстояние S, пройденное поездом за последние $\Delta t=4$ с спуска, если его средняя скорость на участке спуска оказалась равной $v=54$ км/ч.

1.25(2). Первую половину пути автомобиль шел со скоростью $v_1=40$ км/ч. Затем, двигаясь под углом $\alpha=60°$ к своему начальному направлению движения, прошел вторую половину пути со скоростью $v_2=60$ км/ч. Во сколько раз путь автомобиля больше модуля его перемещения?

2 Задание 2

Раздел А (1). Изопроцессы в газах

2.1(3). В теплоизолированном цилиндре под поршнем находится некоторое количество идеального газа. Газ медленно сжимается поршнем и переводится из состояния 1 с давлением $0{,}5P_0$, объемом $2V_0$ и температурой T_0 в состояние 2 с давлением P_0 объемом V_0. Какой наибольшей температуры достигает газ при этом процессе, если на P-V диаграмме процесс изображается прямолинейным отрезком (рисунок 2.1).

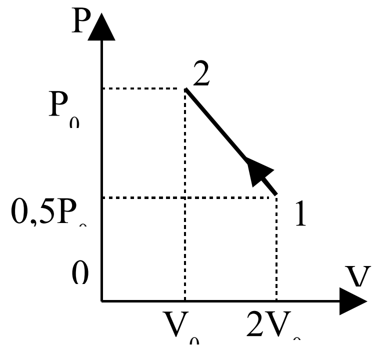

Рисунок 2.1

2.2(2). Два сосуда одинаковой емкости содержат аргон: один - при температуре T_1 и давлении P_1, другой - при температуре T_2 и давлении P_2. Сосуды соединяются, и после выравнивания давлений и температур газ оказывается нагретым до температуры T. Какое давление P устанавливается при этом в сосудах?

2.3(2). На дне вертикального герметически закрытого и откачанного цилиндра лежит тяжелый скользящий без трения поршень. Под поршень вводится такое количество идеального газа, имеющего температуру $T=300$ К, что поршень поднимается вверх и нижнее его основание оказывается на высоте $h=30$ см от дна цилиндра. Определить перемещение Δh поршня, если содержащийся под ним газ нагреть на $\Delta T=10$ К.

2.4(2). В открытую с двух сторон горизонтальную трубку сечения $S=10$ см^2 вставлены два невесомых поршня. В исходном состоянии поршни соединены нерастяжимой нитью и находятся на максимально возможном расстоянии друг от друга (рисунок 2.2). Давления и температуры газа между поршнями и снаружи одинаковы и равны $P_0=10^5$ Па и $T_0=300$ К. До какой температуры T нужно нагреть газ между поршнями, чтобы нить, соединяющая поршни, порвалась? Нить выдерживает силу натяжения $F=30$ Н. Трением поршней о стенки трубки пренебречь.

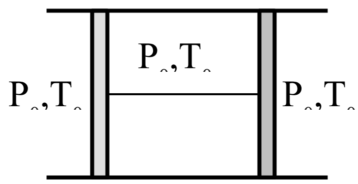

Рисунок 2.2

2.5(4). В горизонтально закрепленной открытой с торцов трубе сечения $S=16$ см^2 находятся два поршня. В исходном состоянии левый поршень соединен недеформированной пружиной жесткостью $k=10^3$ Н/м со стенкой, давление газа во всей трубе равно атмосферному $P_0=10^5$ Па, расстояние между поршнями $L=5$ см, правый поршень находится на расстоянии $L=5$ см от правого края трубы (рисунок 2.3). Правый поршень медленно вытянули до края трубы. Какую силу F надо приложить к этому поршню, чтобы удерживать его в таком положении? Температуру газа считать постоянной. Трением пренебречь.

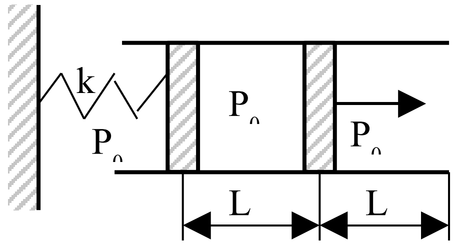

Рисунок 2.3

Раздел B (1). Разные задачи

2.6(3). Открытую стеклянную трубку длиной $L=1{,}0$ м наполовину погружают в сосуд с ртутью. Затем трубку сверху закрывают и плавно вынимают из сосуда. После того как ртуть перестала вытекать, трубку осторожно переворачивают открытым концом вверх. На каком расстоянии h от ее дна расположится столбик ртути. Атмосферное давление $P_0=750$ мм рт. ст. Плотность ртути $\rho=1{,}36\cdot10^4$ кг/м^3.

2.7(2). На какой глубине диаметр пузырьков воздуха, поднимающихся со дна водоема, вдвое меньше, чем у поверхности воды? Давление воздуха у поверхности воды $P_0=10^5$ Па. Плотность воды $\rho=10^3$ кг/м^3. Считать, что температура воздуха в пузырьке постоянна, то есть не зависит от глубины, на которой пузырек находится.

2.8(3). Воздушный шар с нерастяжимой оболочкой массой $m=0{,}3$ кг наполнен гелием при температуре $T_1=300$ K и давлении $P_1=1{,}2\cdot10^5$ Па. Объем шара $V=1$ м^3. Определите высоту, на которой шар будет находиться во взвешенном состоянии (шар свободно плавает в воздухе), если при подъеме на каждые $L=100$ м высоты атмосферное давление падает на $\Delta P=1{,}33\cdot10^3$ Па, а температура понижается на $\Delta T=0{,}54$ K. Атмосферное давление и температура воздуха у поверхности Земли равны соответственно $P_0=1{,}01\cdot10^5$ Па и $T_0=300$ K, молярные массы воздуха $\mu_в=2{,}9\cdot10^{-2}$ кг/моль и гелия $\mu_г=4\cdot10^{-3}$ кг/моль. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2.

2.9(4). Перевернутый вверх дном стакан с воздухом нагрет до температуры $T_1=300$ K. Этот стакан медленно погружают в воду. На какую глубину h нужно погрузить стакан, чтобы он не всплывал и не тонул после того, как температура запертого в нем воздуха сравняется с температурой води $T_2=290$ K? Масса стакана $m=100$ г, его объем $V=200$ мл, плотность воды $\rho=10^3$ кг/м^3, атмосферное давление $P_0=10^5$ Па, ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2. Массой воздуха в стакане пренебречь.

Раздел C (2). Насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность

2.10(2). В комнате объема $V=60$ м^3 при температуре $t=20$ °С относительная влажность $\varphi_1=20$ %. Какую массу воды следует в комнате испарить для увеличения относительной влажности воздуха до $\varphi_2=50$ %? Плотность насыщенного водяного пара при температуре $t=20$ °С равна $\rho_н=17{,}3\cdot10^{-3}$ кг/м^3.

2.11(2). Влажный воздух объемом $V=1$ м^3 при относительной влажности $\varphi=60$ %, температуре $T=293$ К и давлении $P=1{,}013\cdot10^5$ Па имеет массу $m=1{,}2004$ кг. Определите давление насыщенного водяного пара $P_н$ при этой температуре. Молярная масса сухого воздуха $\mu_в=0{,}029$ кг/моль, молярная масса паров воды $\mu_п=0{,}018$ кг/моль.

2.12(3). Плотность влажного воздуха при температуре $T=300$ К и давлении $P=1{,}03\cdot10^5$ Па равна $\rho_0=1{,}19$ кг/м^3. Найти абсолютную ρ и относительную φ влажность воздуха, если при температуре $T=300$ К плотность насыщенного пара $\rho_н=0{,}027$ кг/м^3. Молярные массы сухого воздуха и воды $\mu_в=0{,}029$ кг/моль и $\mu_п=0{,}018$ кг/моль, соответственно.

2.13(1). В запертом поршнем цилиндрическом сосуде объема $V=1$ м^3 находится водяной пар при температуре $T=323$ К и давлении $P_1=7{,}75\cdot10^3$ Па. Определите массу m сконденсировавшейся в сосуде воды, если объем, занимаемый паром, изотермически уменьшить вдвое. Молярная масса воды $\mu=0{,}018$ кг/моль, давление насыщенных паров воды при $T=323$ К равно $P_н=12{,}3\cdot10^3$ Па.

2.14(3). Посередине закрытой с торцов горизонтальной цилиндрической трубки расположен тяжелый подвижный поршень диаметром $d=7$ см. Слева и справа от поршня находится водяной пар при давлении $P=1{,}67\cdot10^3$ Па и температуре $T=293$ К. Трубку ставят вертикально. При этом объем, занимаемый паром под поршнем, уменьшается в $n=4$ раза. Найти массу поршня, если температура пара в обеих частях трубки все время поддерживается неизменной. Пар конденсируется при давлении $P_н=2P$. Трением поршня о стенки трубки пренебречь. Считать, что ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2.

2.15(2). В закрытом сосуде находится воздух, плотность которого $\rho=1{,}2$ кг/м^3, температура $t_1=90$ °С, влажность $\varphi=80$ %. Сосуд с воздухом охладили до температуры $t_2=20$ **°С.** Определить установившееся в сосуде давление влажного воздуха. Давление насыщенного водяного пара при температуре 90 °С равно $P_{н1}=70$ кПа, при температуре 20 °С – $P_{н2}=2{,}34$ кПа. Молярная масса сухого воздуха $\mu_{св}=0{,}029$ кг/моль, водяного пара $\mu_п=0{,}018$ кг/моль. Изменением объема сосуда при охлаждении пренебречь.

Раздел D (1). Поверхностные и капиллярные явления

2.16(2). Какое количество энергии *E* освобождается при слиянии мелких одинаковых капель радиусом $r=2\cdot10^{-3}$ мм в одну каплю радиуса $R=2$ мм? Коэффициент поверхностного натяжения воды $\sigma=0{,}072$ Н/м. Изменением потенциальной энергии капель, связанной с силой тяжести, пренебречь.

2.17(1). Глицерин поднялся в капиллярной трубке на высоту $h_1=20$ мм. Поверхностное натяжение глицерина равно $\sigma_1=0{,}066$ Н/м, его плотность $\rho_1=1{,}26\cdot$

10^3 кг/м^3. На какую высоту в этой трубке поднялась бы вода? Плотность воды $\rho_2=10^3$ кг/м^3, ее поверхностное натяжение $\sigma_2=0{,}072$ Н/м. Считать, что глицерин и вода полностью смачивают стенки капиллярной трубки.

2.18(1). Определить максимальную длину ребра L алюминиевого кубика, способного плавать на поверхности воды при нанесении на его поверхность не смачиваемой водой пленки парафина. Плотность алюминия $\rho=2{,}7$ г/см^3. Поверхностное натяжение воды $\sigma=0{,}072$ Н/м.

2.19(2). Какой минимальный радиус r должна иметь капля воды, отрывающаяся от выходного отверстия пипетки диаметром d=2 мм? Поверхностное натяжение воды $\sigma=0{,}072$ Н/м, ее плотность $\rho=10^3$ кг/м^3, ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

Раздел E (3). Движение тел, брошенных вертикально вверх и вниз. Кинематика криволинейного движения

2.20(1). Аэростат поднимается вертикально вверх с постоянной скоростью $v_0=5$ м/с. К гондоле аэростата привязан на веревке груз. На высоте h=30 м веревку перерезают. Напишите формулу зависимости вертикальной координаты груза от времени *y(t)*. Координатная ось 0*y* направлена вверх, а ее начало находится на поверхности Земли. Определите скорость груза в момент падения на Землю и время его движения до Земли. Ускорение свободного падения принять равным g=10 м/с^2.

2.21(2). Тело, брошенное вертикально вверх, проходит в первую секунду половину высоты подъема. Чему равна средняя скорость тела за все время его движения? Считать, что ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

2.22(3). Мяч, брошенный под некоторым углом к горизонту с начальной скоростью $v_0=10$ м/с, через время $\tau=0{,}5$ с имеет скорость v=7 м/с. Определите максимальную высоту подъема мяча.

2.23(1). Через блок радиуса R=50 мм, вращающийся без трения вокруг закрепленной горизонтальной оси, перекинута нерастяжимая нить, к которой привязаны два груза (рисунок 2.4). Грузы движутся с постоянной скоростью v=20 см/с относительно друг друга. Определить угловую скорость вращения блока.

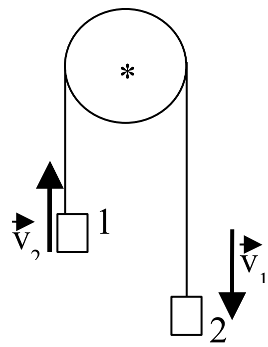

Рисунок 2.4

2.24(2). С башни высотой H=20 м одновременно брошены два шарика: один горизонтально, а другой - вверх под углом $\alpha=60°$ к первому. Начальные скорости шариков равны. Определите расстояние между шариками через время $\tau=1{,}5$ с, если брошенный горизонтально шарик упал на Землю на расстоянии L=30 м от основания башни. Ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

2.25(3). Человек раскручивает привязанный к веревке камень в горизонтальной плоскости, расположенной на высоте h=1,8 м от поверхности Земли. Камень, двигаясь по кругу радиуса R=1 м с постоянным тангенциальным ускорением a_τ, к концу пятого оборота срывается с веревки и падает па Землю на расстоянии L=10 м от человека. Определить нормальное и тангенциальное ускорения камня в момент срыва с веревки.

3 Задание 3

Раздел А (1). Механические свойства твердых тел. Тепловое расширение твердых тел и жидкостей

3.1(1). Балка массы m=100 кг висит на трех вертикальных проволоках равной длины, расположенных симметрично (рисунок 3.1). Средняя проволока стальная, две крайние – медные. Площади поперечного сечения всех проволок одинаковы. Модуль упругости стали $E_с$ в два раза больше модуля упругости меди $E_м$. Во сколько раз увеличится относительное удлинение ε проволок, если, убрав среднюю стальную проволоку, подвесить балку на двух симметрично расположенных медных проволоках? При какой площади поперечного сечения медных проволок их относительное удлинение не превысит значения ε=0,001, если модуль упругости меди $E_м=10^{11}$ Па?

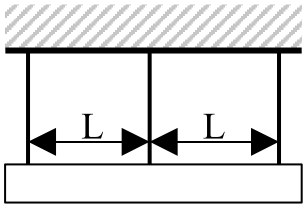

Рисунок 3.1

3.2(1). Какую силу F надо приложить к стальному стержню сечением $S=1$ см^2, чтобы растянуть его на столько же, на сколько он удлиняется при нагревании на $\Delta t=1$ °C? Для стали коэффициент линейного расширения равен $\alpha=1{,}2\cdot10^{-5}$ К$^{-1}$, а модуль упругости $E=2{,}1\cdot10^{11}$ Па.

3.3(2). При температуре $t_0=0$ °C длины алюминиевого и железного стержней $L_{а0}=50$ см и $L_{ж0}=50{,}05$ см. Сечения стержней одинаковы. При какой температуре t_1 длины стержней одинаковы? При какой температуре t_2 будут одинаковы их объемы? Коэффициенты линейного расширения алюминия и железа $\alpha_а=2{,}4\cdot10^{-5}$ К$^{-1}$ и $\alpha_ж=1{,}2\cdot10^{-5}$ К$^{-1}$.

3.4(3). Алюминиевый шарик массой m=108 г опущен на нерастяжимой нити в воду. На сколько изменится натяжение нити, если всю систему нагреть от $t_1=20$ °C до $t_2=50$ °C? Плотности алюминия и воды при 20 °C равны соответственно $\rho_а=2{,}7\cdot10^3$ кг/м^3 и $\rho_в=10^3$ кг/м^3. Температурные коэффициенты линейного расширения алюминия $\alpha=2{,}4\cdot10^{-5}$ К$^{-1}$ и объемного расширения воды $\beta=1{,}8\cdot10^{-4}$ К$^{-1}$.

Раздел В (2). Внутренняя энергия газа. Первый закон термодинамики. Работа при изменении объема газа

3.5(1). Азот (химическая формула N_2) занимает объем V_0=2,5 л при давлении $P_0=10^5$ Па. На сколько изменится внутренняя энергия газа при его сжатии до объема V=0,25 л, если давление газа повысилось при этом в n=20 раз?

3.6(1). В герметично закрытом теплоизолированном сосуде содержится ν =2 моль идеального двухатомного газа. Какое количество теплоты Q следует подвести к газу для того, чтобы увеличить его температуру на ΔT=1 К? Потерями тепла на нагрев стенок сосуда пренебречь.

3.7(3). В двух теплоизолированных цилиндрах с объемами V_1=3 л и V_2=5 л находятся одинаковые газы при давлениях $P_1=4\cdot10^5$ Па и $P_2=6\cdot10^5$ Па и температурах t_1=27 °C и t_2=127 °C. Цилиндры соединяются теплоизолированной трубкой. Какая температура T и какое давление P установятся в цилиндрах после смешивания газов?

3.8(2). В вертикальном открытом сверху цилиндре под тяжелым поршнем находится газ при температуре T_1=300 К. Найти работу расширения газа при нагревании его на ΔT=100 К, если первоначально газ занимал объем V_1=180 см^3. Масса поршня M=100 кг, его площадь сечения S=50 см^2. Атмосферное давление $P_0=10^5$ Па.

3.9(4). В открытом сверху вертикальном теплоизолированном цилиндрическом сосуде на высоте h от его дна висит на нити поршень массы m. Под поршнем находится ν=1 моль идеального одноатомного газа, давление которого в начальный момент равно атмосферному P_0, а температура равна T_0. Какое количество теплоты нужно подвести к газу, чтобы занимаемый им объем увеличился вдвое? Трением поршня о стенки сосуда пренебречь. Теплообмен со стенками сосуда и поршнем не учитывать. Ускорение свободного падения равно g.

Раздел С (2). Теплоемкость. Применение первого закона термодинамики к различным процессам

3.10(2). В теплоизолированном цилиндре под легким подвижным поршнем находится идеальный газ, температуру которого повысили на одну и ту же величину ΔT один раз при постоянном давлении, затратив количество теплоты $Q_P=2{,}1\cdot10^4$ Дж, а второй раз - при постоянном объеме, сообщив газу количество теплоты $Q_V=1{,}5\cdot10^4$ Дж. Определить отношение изменений температур $(\Delta T)_V/(\Delta T)_P$ этого газа, если во время очередного цикла нагревания при постоянном объеме и постоянном давлении ему сообщают одинаковое количество теплоты. Трением поршня о стенки цилиндра и изменением объема цилиндра пренебречь.

3.11(3) Один моль идеального одноатомного газа участвует в процессе, изображенном на рисунке 3.2. Получить формулу для молярной теплоемкости C_μ при условии, что $V_2=2V_1$ и $P_2=2P_1$. По полученной формуле вычислить C_μ.

3.12(4). Один моль идеального газа сначала нагревают, а затем охлаждают так, что замкнутый цикл 1-2-3-1 на диаграмме (P-V) состоит из отрезков прямых 1-2 и 2-3, параллельных осям P и V соответственно, и отрезка 3-1, продолжение которого проходит через начало координат (рисунок 3.3). Известны температуры T_1 и T_3. Найти работу A, совершенную газом в указанном цикле. Ответ выразить через T_1 и T_3.

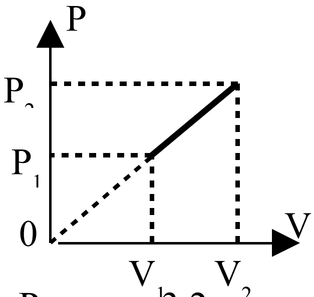

Рисунок 3.2

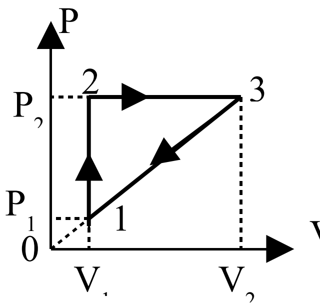

Рисунок 3.3

3.13(1). Какое количество теплоты необходимо для нагревания на $\Delta T=16$ К кислорода массой $m=7\cdot10^{-3}$ кг, находящегося под тяжелым поршнем в вертикальном открытом сверху цилиндре. Молярная теплоемкость кислорода при нагревании его при постоянном объеме равна $(C_\mu)_V=20{,}9$ Дж/(моль·К), молярная масса $\mu=32$ г/моль. Трение между поршнем и цилиндром не учитывать.

3.14(3). В теплоизолированном закрытом поршнем горизонтальном цилиндре содержится $\nu=1$ моль азота (N_2) при температуре $T_0=100$ К и давлении, в два раза меньшем атмосферного P_0. Поршень может свободно двигаться, увеличивая вместимость цилиндра, и удерживается стопором от движения в противоположную сторону (рисунок 3.4). Какое количество теплоты Q следует подвести к газу, чтобы нагреть его на $\Delta T=200$ К? Трением, теплоемкостью сосуда и поршня пренебречь.

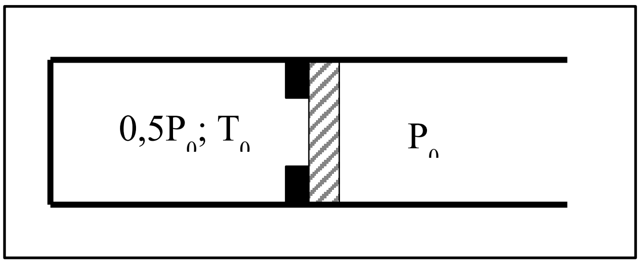

Рисунок 3.4

Раздел D (2). Уравнение теплового баланса. Тепловые двигатели

3.15(2). В открытом сосуде с теплоизолированными стенками находится некоторое количество воды при температуре t=90 °С. В воду бросают раскаленные платиновые опилки, масса которых равна массе воды. Найти начальную температуру опилок t_0, если известно, что после прекращения кипения уровень воды в сосуде остался равным первоначальному. Удельная теплоемкость воды $c_1=4{,}19\cdot10^3$ Дж/(кг·К), удельная теплота парообразования воды $L=2{,}26\cdot10^6$ Дж/кг при температуре кипения $t_{кип}=100$ °С, плотность воды $\rho_1=10^3$ кг/м^3, плотность платины $\rho_2=21{,}4\cdot10^3$ кг/м^3, удельная теплоемкость платины $c_2=128$ Дж/(кг·К). Изменением плотности воды при нагреве, теплоемкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.

3.16(1). Свинцовая гиря падает на Землю и ударяется о препятствие. Определить минимальную скорость гири в момент удара, если гиря полностью расплавилась. Считать, что вся теплота, выделяемая при ударе, поглощается гирей. Удельная теплота плавления $\lambda=2{,}3\cdot10^4$ Дж/кг, удельная теплоемкость

c=126 Дж/(кг·К). Температура гири перед ударом t_0=27 °С. Температура плавления свинца $t_{пл}$=327 °С;

3.17(2). На электроплитке мощностью N=1 кВт растопили $m_л$=800 г льда с начальной температурой t_0= -20 °С. Полученную воду довели до кипения, причем 25% ее превратилось в пар. Найти КПД электроплитки, если нагревание длилось 40 мин. Удельная теплоемкость льда $c_л=2,1\cdot10^3$ Дж/(кг·К), воды $c_в=4,2\cdot10^3$ Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $\lambda=3,3\cdot10^5$ Дж/кг, удельная теплота парообразования воды $L=2,26\cdot10^6$ Дж/кг.

3.18(1). В идеальном тепловом двигателе газ, совершающий цикл Карно, отдает холодильнику k=0,73 часть количества теплоты, получаемого от нагревателя. Определите температуру нагревателя $T_н$, если температура холодильника равна $T_х$=272 К.

3.19(3). Идеальный тепловой насос (идеальная тепловая машина, работающая по обратному циклу Карно) забирает тепло от воды, имеющей температуру t_0=0 °С, и передает его кипятильнику с водой, имеющему температуру $t_{кип}$=100 °С. Сколько воды превращается в пар при образовании льда массой m=1 кг? Удельная теплота плавления льда $\lambda=3,3\cdot10^5$ Дж/кг, удельная теплота парообразования воды $L=2,26\cdot10^6$ Дж/кг.

Раздел Е (2). Динамика. Законы Ньютона

3.20(2). На концах невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через блок, висят на одинаковой высоте две гири массой M=96 г каждая. Если на одну из них положить перегрузок, то вся система придет в движение и через t=3 с расстояние между гирями станет равным h=1,8 м (рисунок 3.5). Определите массу m перегрузка и силу давления N перегрузка на гирю во время движения. Массой блока пренебречь.

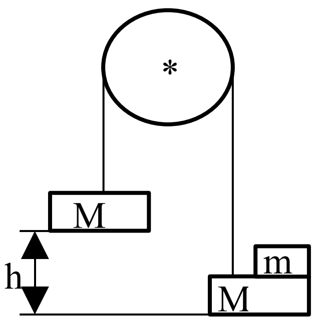

Рисунок 3.5

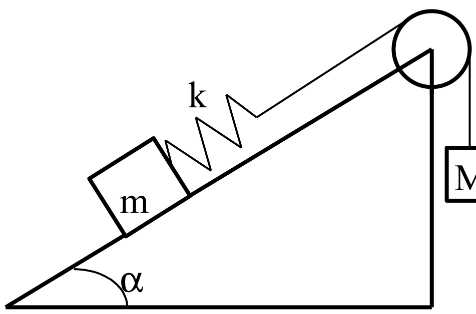

Рисунок 3.6

3.21(4). На наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол α=30°, находится брусок массой m=0,5 кг (рисунок 3.6). К бруску прикреплена легкая пружина, другой конец которой соединен с невесомым нерастяжимым шнуром, переброшенным через укрепленный на вершине наклонной плоскости блок. Жесткость пружины k=100 Н/м. К свободному концу шнура подвешена гиря массой M=1 кг. Предоставленная самой себе, система приходит в равноускоренное движение. Определите ускорение движения бруска и удлинение пружины при условии, что коэффициент трения между бруском и наклонной плоскостью равен μ=0,4. Массу блока не учитывать, трением в блоке пренебречь.

3.22(3). Брусок массой M=1 кг и длиной L_0=1 м находится на гладкой горизонтальной поверхности, по которой он может скользить без трения. На бруске у левого его конца лежит небольшой кубик массой m=0,2 кг (рисунок 3.7). К кубику в горизонтальном направлении приложена некоторая сила F, под действием которой кубик, двигаясь равноускоренно, соскользнул с противоположного конца бруска в тот момент, когда брусок переместился на расстояние L, равное его учетверенной длине ($L=4L_0$).Определить коэффициент трения между кубиком и бруском, если в момент падения кубика скорость бруска v=2 м/с.

3.23(3). Ледяная горка составляет с горизонтом угол α=30°. По ней пускают снизу вверх плоский камень, который, поднявшись на некоторую высоту, затем соскальзывает по тому же пути вниз. Каков коэффициент трения μ, если время спуска в n=2 раза больше времени подъема?

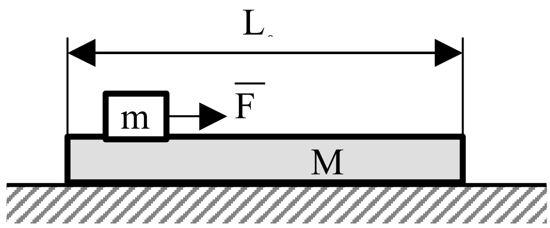

Рисунок 3.7

3.24(2). Два бруска с массами m_1=1,5 кг и m_2=2,5 кг, соединенные пружиной, тянут за нить, привязанную к бруску массой m_1, натягивая ее параллельно гладкой горизонтальной поверхности, по которой бруски скользят без трения. Когда нить оказалась натянутой с силой F=57 Н, а бруски двигались с одинаковым ускорением, нить разорвалась. Найти ускорение a_1 бруска массой m_1 сразу после разрыва нити.

3.25(3). Тело массой m=1 кг тянут по горизонтальной поверхности с силой F=4 Н. Тело движется равномерно, если сила приложена к нему под углом α =30° к горизонту. С каким ускорением a будет соскальзывать тело вниз по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол α=30°, если коэффициенты трения тела о горизонтальную поверхность и наклонную плоскость равны? Считать, что ускорение свободного падения g=10 м/с^2.

4 Задание 4

Раздел А (1). Закон Кулона

4.1(3). Три одинаковых одноименных заряда q расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд Q противоположного знака нужно поместить в центре этого треугольника, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, была равна нулю?

4.2(2). Два одинаковых шарика подвешены на непроводящих нитях равной длины в одной точке. После того, как каждому шарику был сообщен заряд $q=4\cdot10^{-7}$ Кл, они разошлись на угол α=60°. Найти массу шариков, если расстояние от центров шариков до точки подвеса L=0,2 м.

4.3(1). Два точечных заряда, находясь в воздухе на расстоянии r_1=5 см, взаимодействуют друг с другом с силой $F_1=1{,}2\cdot10^{-4}$ Н, а находясь в некоторой непроводящей жидкости на расстоянии r_2=10 см, – с силой $F_2=1{,}5\cdot10^{-5}$ Н. Какова диэлектрическая проницаемость жидкости?

Раздел B (2). Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции

4.4(1). Между зарядами q_1=+q и q_2=+9q расстояние равно L=8 см. На каком расстоянии от первого заряда находится точка, в которой напряженность поля равна нулю?

4.5(3). Два маленьких шарика массой по m=6,3 мг каждый подвешены в точке 0 на непроводящих нитях длиной L=0,2 м каждая. После того, как шарикам сообщили одинаковые заряды, они разошлись на угол α=60° (рисунок 4.1). Определить напряженность электрического поля, создаваемого зарядами в точке подвеса.

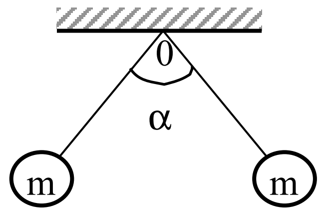

Рисунок 4.1

4.6(2). К бесконечной плоскости, расположенной вертикально и имеющей поверхностную плотность заряда σ, прикреплен на непроводящей и нерастяжимой нити одноименно заряженный шарик массы m и с зарядом q. Найти силу натяжения нити и угол отклонения нити от вертикали. Напряженность поля, создаваемого заряженной плоскостью, не зависит от расстояния до плоскости и равна $E=\sigma/2\varepsilon_0$ (ε_0 – некоторая постоянная величина, называемая электрической постоянной), вектор напряженности $\vec{E}$ перпендикулярен плоскости.

4.7(3). Две частицы, массами m и M, имеющие заряды –q и Q соответственно, движутся как одно целое вдоль силовой линии однородного поля напряженностью $\vec{E}$. При каком расположении частиц это возможно? Определите ускорение частиц и расстояние между ними. Силой тяжести, действующей на частицы, пренебречь.

4.8(2). Положительно заряженный шарик массой $m_ш$=0,18 г и плотностью $\rho_ш=1{,}8\cdot10^3$ кг/м^3 находится во взвешенном состоянии в жидком диэлектрике плотностью $\rho_д$=900 кг/м^3. В диэлектрике имеется однородное электрическое поле напряженностью $E=4{,}5\cdot10^4$ В/м, направленное вертикально вверх. Найти заряд шарика.

Раздел C (1). Равновесие зарядов в металлах. Электростатическая индукция. Теорема Гаусса

4.9(2). Две металлические параллельные пластинки расположены на небольшом по сравнению с их линейными размерами расстоянии друг от друга. Первой пластинке сообщили заряд $Q_1=2\cdot10^{-3}$ Кл, а второй - заряд $Q_2=4\cdot10^{-3}$ Кл. Какие заряды находятся на правой и на левой стороне второй пластинки?

4.10(2). Металлическому сферическому слою и помещенному в его центр металлическому шарику сообщили одинаковые положительные заряды

$Q=2{,}0\cdot10^{-3}$ Кл. Какие заряды находятся на наружной и внутренней поверхностях сферического слоя?

4.11(3). Вдоль оси полой металлической трубки, длина которой много больше внутреннего R_1 и внешнего R_2 радиусов, проходит тонкий металлический провод. Провод зарядили равномерно так, что заряд, приходящийся на единицу его длины, равен λ. Определите поверхностные плотности зарядов σ_1 и σ_2, индуцированные на внутренней и внешней поверхности трубки.

Раздел D (3). Потенциал. Работа электрических сил. Заземление проводников

4.12(3). Два разноименных заряда $q_1=10^{-8}$ Кл и $q_2= -10^{-9}$ Кл находятся на расстоянии $L=1{,}1$ м друг от друга. Найти напряженность созданного ими электростатического поля в точках на прямой, проходящей через заряды, в которых потенциал поля равен нулю.

4.13(2). При переносе точечного заряда $q_0=10^{-8}$ Кл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии $r=20$ см от поверхности заряженного металлического шара, необходимо совершить работу $A=5\cdot10^{-7}$ Дж. Радиус шара $R=4$ см. Найти потенциал φ_0 на его поверхности.

4.14(1). Двум соединенным проводником металлическим шарам с радиусами $R_1=2$ см и $R_2=8$ см сообщили заряд $Q=10^{-8}$ Кл. Определить заряды шаров, если расстояние между ними велико по сравнению с их радиусами.

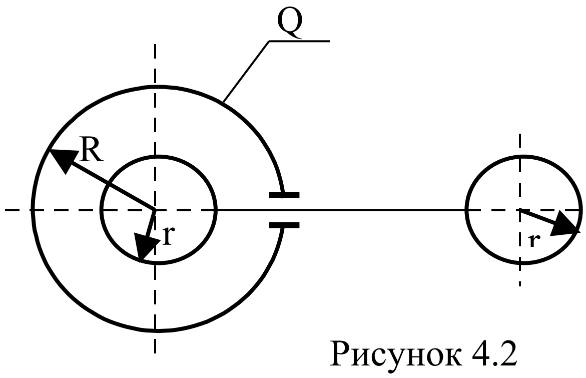

Рисунок 4.2

4.15(2). Один из двух одинаковых металлических шариков, радиусы которых равны r, находится в центре полой тонкостенной металлической сферы радиусом $R=3r$. Второй шарик переносится на большое расстояние от первого, после чего их соединяют длинным проводником в изоляции, проходящим через небольшое отверстие в поверхности сферы (рисунок 4.2). Какие заряды индуцируются на шариках, если сфере сообщить заряд $Q=1{,}8\cdot10^{-8}$ Кл?

4.16(2). Внутри тонкой металлической сферы радиуса R, заряд которой равен q, находится заземленная проводящая сфера радиуса $r<R$. Центры сфер совпадают. Найти напряженность электрического поля вне большей сферы на расстоянии L от ее центра.

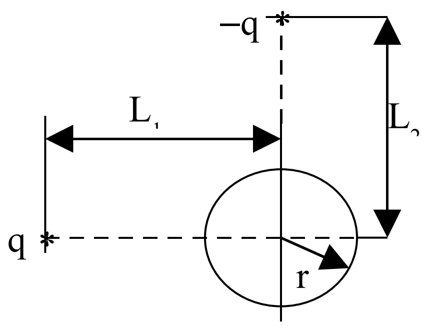

Рисунок 4.3

4.17(3). Разноименные точечные заряды q и –q находятся на расстоянии L_1 и L_2 от заземленной металлической сферы малого радиуса r (рисунок 4.3). Найти силу, с которой заряды действуют на сферу. Угол с вершиной в центре сферы, образованный прямыми линиями, проведенными через заряды, равен 90°.

4.18(3). Два металлических шара с одинаковыми зарядами q расположены на расстоянии L друг от друга. Первый шар заземляют, а затем удаляют заземляющий проводник. Затем такую же процедуру совершают со вторым шаром. Каково отношение зарядов на шарах после их заземления? Радиусы шаров r много меньше L. Оба шара находятся на очень большом расстоянии от Земли.

Раздел Е (2). Динамика вращательного движения. Закон всемирного тяготения

4.19(4). Шарик массой m=1 кг, привязанный к резиновому шнуру, вращается в горизонтальной плоскости с частотой ν=30 об/мин. Шнур образует с вертикалью, проведенной через точку подвеса, угол α=45°. Найти длину L_0 нерастянутого шнура, если известно, что для растяжения его до длины L=1,2 м требуется сила F=10 Н.

4.20(2). Автомобиль массой m=1800 кг движется со скоростью v=240 км/ч по шоссе вдоль экватора. На сколько отличаются силы давления автомобиля на полотно дороги при его движении с запада на восток и с востока на запад?

4.21(3). Полушар радиусом R=2 м равномерно вращается вокруг оси симметрии, делая *n*=30 об/мин. Внутри полушара находится шарик массой m=0,2 кг (рисунок 4.4). Найти высоту h, соответствующую положению равновесия шарика относительно полушара, и силу F, с которой он давит на поверхность полушара в этом положении.

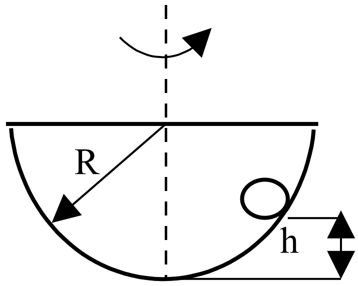

Рисунок 4.4

4.22(3). Спутник движется по круговой орбите, расположенной в плоскости экватора на высоте h=1 600 км над Землей. Радиус Земли R=6 400 км, ускорение свободного падения у ее поверхности g=9,8 м/с^2. Определить скорость движения v и период T обращения спутника вокруг Земли.

4.23(1). Среднее расстояние между центрами Земли и Луны равно $60 \cdot R_з$, где $R_з$–радиус Земли. Масса Земли $M_з$ в 81 раз больше массы Луны $M_л$. На каком расстоянии от центра Земли находятся точки, в которых любое тело будет притягиваться этими планетами с одинаковой по модулю силой?

4.24(1). Наибольшее значение силы трения покоя между горизонтальным диском и расположенным на нем грузом массой m=1,0 кг равно F_{max}=3,14 Н. Диск начинает вращаться с частотой ν=0,5 об/с. Построить график зависимости силы трения груза о диск от расстояния до оси вращения $F_{тр}(R)$. На каком максимальном расстоянии R_{max} от оси вращения груз удерживается на диске?

4.25(1). На какой высоте h сила тяжести в *n*=2 раза меньше, чем на поверхности Земли? Радиус Земли R=6 400 км.

5 Задание 5

Раздел А (1). Энергия электростатических систем

5.1(4). Два небольших плоских тела, связанных непроводящей нитью длины L=4,5 см лежат на горизонтальной плоскости. Заряд каждого тела равен $q=10^{-7}$ Кл, масса m=2 г. Нить пережигают, и тела начинают скользить по плоскости. Какую максимальную скорость v_{max} развивают тела, и на какое максимальное расстояние L друг от друга они удалятся, если коэффициент трения тел о плоскость равен $\mu=0,2$?

5.2(2). Четыре одинаковых точечных заряда $q_1=q_2=q_3=q_4=q=10^{-6}$ Кл расположены на расстоянии a=10 см друг от друга вдоль прямой. Какую работу A нужно совершить, чтобы медленно переместить заряды в вершины квадрата стороной a?

5.3(2). На какое минимальное расстояние r_{min} может приблизиться позитрон к ядру атома бора, если позитрон летит в направлении на ядро и на бесконечности имеет скорость 1200 км/ч?

5.4(2). Пучок электронов, движущихся со скоростью $v=5\cdot10^{6}$ м/с, падает на первоначально незаряженный изолированный металлический шарик радиусом r=1 см. Какое максимальное количество электронов N может накопиться на шаре? Заряд электрона $e=1,6\cdot10^{-19}$ Кл, его масса $m=9,1\cdot10^{-31}$ кг.

Раздел В (2). Электрическая емкость. Конденсаторы

5.5(2). Металлический шарик радиусом r=2 см зарядили до потенциала φ_0=30 В и соединили длинным проводом с изолированным незаряженным проводником неизвестной емкости C_x. Чему равна емкость C_x проводника, если после соединения с ним потенциал шара оказался равным φ=10 В? Емкостью соединительного провода и влиянием зарядов проводников друг на друга пренебречь.

5.6(2). Одну пластину плоского незаряженного конденсатора емкости $C=5\cdot10^{-12}$ Ф заземляют, а другую присоединяют тонким длинным проводом к удаленному от плоского конденсатора и других окружающих предметов проводящему шару радиуса r=2 см, имеющему заряд $q_0=6\cdot10^{-10}$ Кл (рисунок 5.1). Какой заряд останется на шаре?

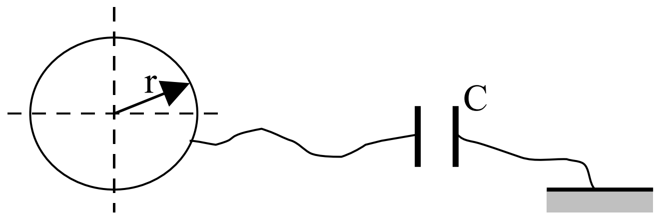

Рисунок 5.1

5.7(1). Конденсатор емкостью C_1=4 мкФ, заряженный до напряжения U_1=80 В, соединяют параллельно с конденсатором емкостью C_2=10 мкФ, заряженным до напряжения U_2=16 В, первый раз обкладками, имеющими одинаковые заряды, а второй раз - обкладками с разноименными зарядами. В каком случае и во сколько раз напряжение на конденсаторах после их соединения будет больше?

5.8(3). Плоский конденсатор с обкладками площадью S=10 см^2 каждая и расстоянием d=0,2 см между ними подключили к источнику питания напряжением U=10 В. В конденсатор вдвигают пластинку из стекла, плотно прилегающую к его обкладкам так, что она заполняет ровно половину зазора между обкладками конденсатора (рисунок 5.2). Определить заряд q, прошедший при этом через источник питания. Диэлектрическая проницаемость стекла ε=7.

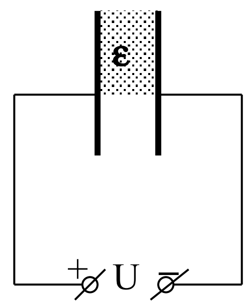

Рисунок 5.2

5.9(4). Найти количество теплоты Q, выделившееся в проводах при соединении верхних незаземленных обкладок конденсаторов с емкостями C_1=2 мкФ и C_2=0,5 мкФ (рисунок 5.3). Разности потенциалов между верхними и заземленными нижними обкладками равны U_1=100 В для первого конденсатора и U_2= -50 В для второго конденсатора.

Раздел С (2). Соединения конденсаторов

5.10(2). Два одинаковых конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику постоянного напряжения. Во сколько раз изменится напряжение на одном из конденсаторов, если другой погрузить в жидкий парафин с диэлектрической проницаемостью ε=2?

5.11(3). Определить разность потенциалов между точками А и В в схеме, приведенной на рисунке 5.4.

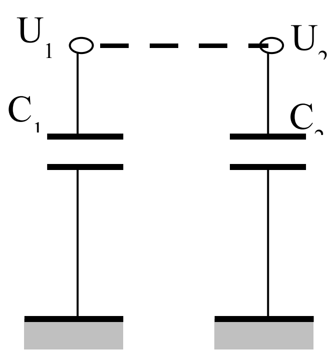

Рисунок 5.3

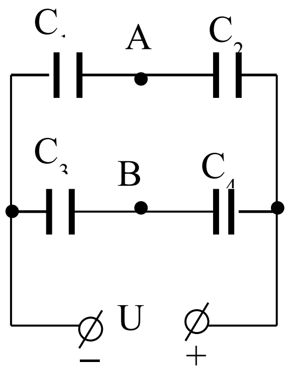

Рисунок 5.4

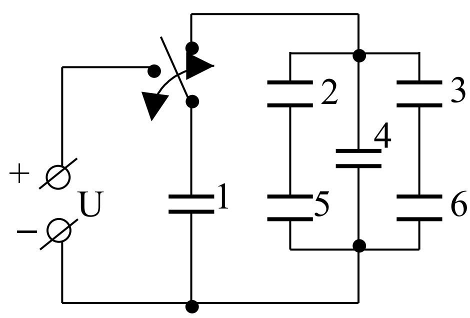

Рисунок 5.5

5.12(3). Конденсатор 1 емкости С, заряженный до разности потенциалов U, подсоединяют к батарее, составленной из пяти конденсаторов емкости С каждый (рисунок 5.5). Найти заряд на каждом конденсаторе.

5.13(4). Найти общую емкость изображенного на рисунке 5.6 соединения конденсаторов. Емкость каждого конденсатора равна C_0.

5.14(2). У плоского воздушного конденсатора одна обкладка заземлена, а на другую подано напряжение U=100 В. Расстояние между обкладками d=4 см. В зазор на расстоянии L=3 см от заземленной обкладки вдвигается тонкая незаряженная металлическая пластинка (рисунок 5.7). Определите потенциал φ внутренней пластинки и напряженность электростатического поля по обе стороны от нее.

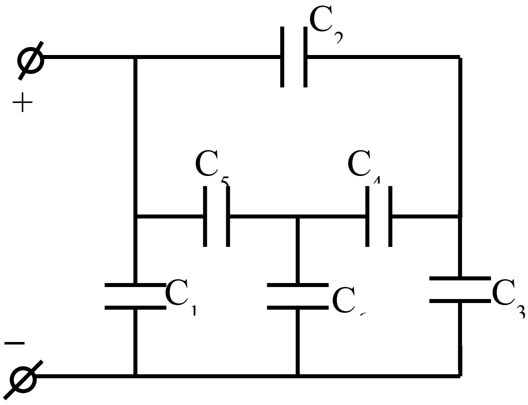

Рисунок 5.6

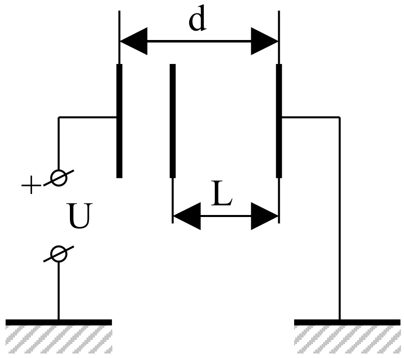

Рисунок 5.7

Раздел D (2). Постоянный ток. Закон Ома. Последовательное и параллельное соединение проводников

5.15(2). Сопротивление медного провода в два раза больше сопротивления алюминиевого провода. Определить, какой провод длиннее и во сколько раз,

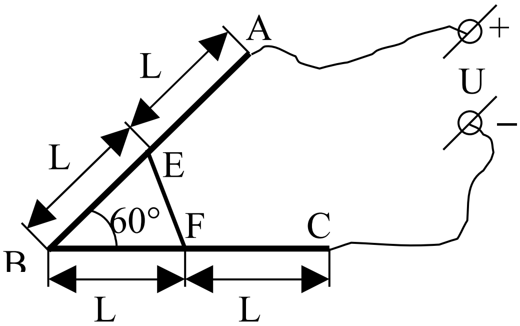

Рисунок 5.8

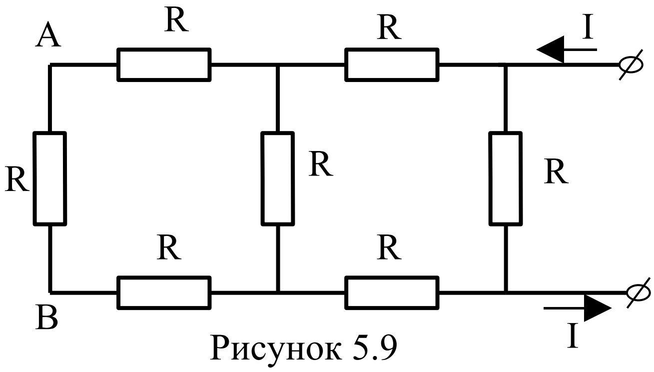

Рисунок 5.9

если масса медного провода в четыре раза меньше массы провода из алюминия. Плотность меди $\gamma_м$=8,9·10^3 кг/м^3, алюминия $\gamma_а$=2,7·10^3 кг/м^3, удельное сопротивление меди $\rho_м$=0,01 мкОм·м, алюминия $\rho_а$=0,028 мкОм·м. Площади поперечного сечения проводов различны.

5.16(3). Провод ABC изогнут так, что точки A,B,C находятся в вершинах правильного треугольника (рисунок 5.8). К серединам сторон AB и BC подключена перемычка EF, изготовленная из такого же материала, что и провод ABC, но вдвое меньшей площадью поперечного сечения. К точкам A и C подано напряжение U=3 В. Найти падение напряжения на перемычке.

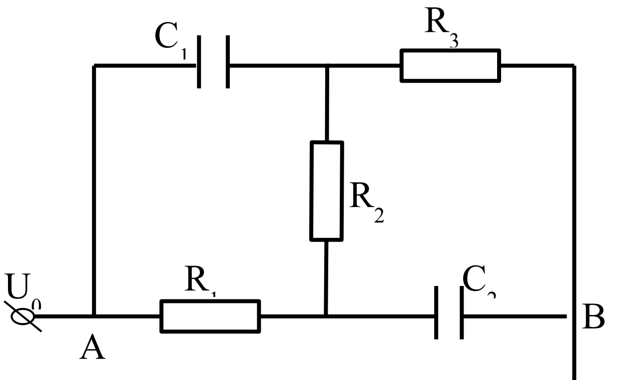

Рисунок 5.10

5.17(4). Найти общее сопротивление проводников $R_{общ}$ и напряжение U между точками A и B в схеме, изображенной на рисунок 5.9. Сопротивления проводников R и сила тока I известны.

5.18(2). Конденсаторы емкости C_1 и C_2 и проводники, сопротивления которых равны R_1, R_2, R_3 включены в электрическую цепь так, как показано на рисунок 5.10. На точку А подан постоянный потенциал U_0, точка *B* схемы заземлена. Найти заряды конденсаторов.

5.19(2). В вакуумном диоде, анод и катод которого - параллельные пластины, зависимость тока электронов, вылетающих с катода, от напряжения U на аноде задается формулой $I=c \cdot U^{3/2}$, где c - некоторая постоянная величина. Во сколько раз увеличится сила давления электронов на анод, если напряжение U увеличить в два раза? Начальной скоростью электронов, вылетающих с катода, пренебречь.

Раздел Е (2). Работа, мощность, энергия. Закон сохранения энергии

5.20(2). Брусок массой m=5 кг медленно перемещают на расстояние S=0,15 м по горизонтальной плоскости с помощью резинового шнура, натянутого вдоль плоскости (рисунок 5.11). Коэффициент трения между бруском и плоскостью μ=0,4, коэффициент упругости резинового шнура k=200 Н/м. Определить совершаемую при этом работу А.

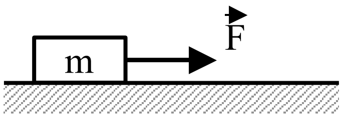

Рисунок 5.11

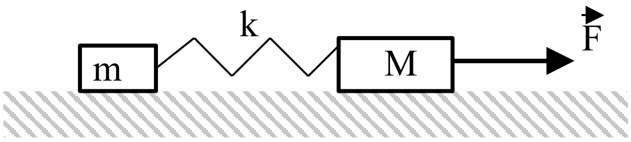

Рисунок 5.12

5.21(4). На горизонтальной плоскости лежат два бруска массы m и M, соединенные ненапряженной пружиной с жесткостью k. Коэффициент трения брусков о плоскость равен μ. Какую минимальную работу А нужно совершить, чтобы систему сдвинуть с места, прикладывая к бруску массой M направленную вдоль плоскости силу (рисунок 5.12)?

5.22(4). Доска массой m=3 кг и длиной L=1 м лежит у границы двух соприкасающихся полуплоскостей из разных материалов (рисунок 5.13). Какую работу надо совершить, чтобы медленно передвинуть доску с одной полуплоскости на вторую? Коэффициенты трения полуплоскостей с доской соответственно равны μ_1=0,3 и μ_2=0,5.

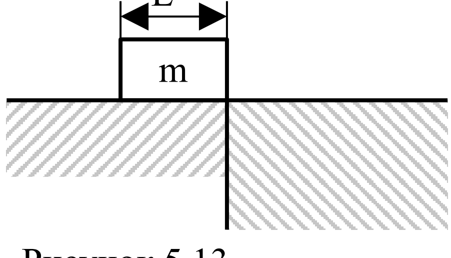

Рисунок 5.13

5.23(2). Уклон участка шоссе равен φ=0,05 (уклон - отношение высоты подъема h к длине пути L, т.е. $\varphi=h/L=\sin\alpha$, где α - угол наклона пути к горизонту). Спускаясь под уклон при выключенном двигателе, автомобиль массой m=2 т движется со скоростью v=54 км/ч. Какова должна быть мощность N двигателя автомобиля, чтобы он миг подниматься на такой же подъем с той же скоростью?

5.24(2). С хорошо укатанной горы высотой h=2 м и длиной основания b=5 м съезжают санки, которые останавливаются, пройдя горизонтально путь L=35 м от основания горы. Найти коэффициент трения.

5.25(4). Грузик, подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, отводят в сторону так, что нить принимает горизонтальное положение, и отпускают (рисунок 5.14).При движении грузика вертикальная составляющая его скорости $v_в$ сперва возрастает, затем убывает. Какой угол α с вертикалью образует нить в тот момент, когда вертикальная составляющая скорости грузика наибольшая?

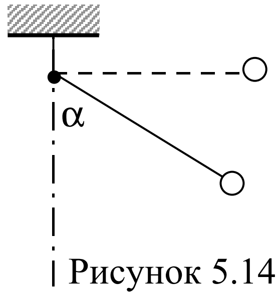

Рисунок 5.14

6 Задание 6

Раздел А (2). Закон Ома для полной цепи. Соединение источников тока в батареи

6.1(2). Гальванический элемент дает на внешнее сопротивление R_1=4 Ом ток I_1=0,2 А. Если же внешнее сопротивление R_2=7 Ом, то элемент дает ток I_2=0,14 А. Какой ток $I_{кз}$ он даст, если его замкнуть накоротко?

6.2(2). Определить напряжения U_1 и U_2 на конденсаторах C_1 и C_2 в схеме, изображенной на рисунке 6.1, если ЭДС источника $\mathcal{E}$=2 В, его внутреннее сопротивление r=2 Ом, емкости C=5 мкФ, C_1=2 мкФ, C_2=8 мкФ, внешнее сопротивление R=9 Ом.

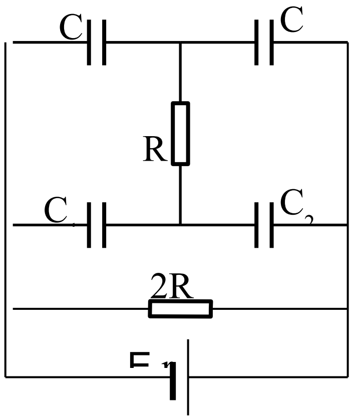

Рисунок 6.1

6.3(3). Два элемента с ЭДС $\mathcal{E}_1$=2 В и $\mathcal{E}_2$=1 В соединены по схеме, показанной на рисунке 6.2. Сопротивление R=0,5 Ом. Внутренние сопротивления элементов одинаковы: $r_1=r_2$=1 Ом. Определить силы токов I_1, I_2 и I, протекающих через элементы и сопротивление R. При каком значении сопротивления R ток через гальванический элемент с ЭДС $\mathcal{E}_2$ не пойдет?

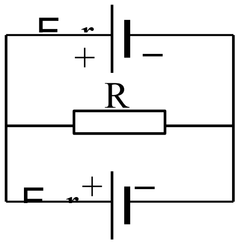

Рисунок 6.2

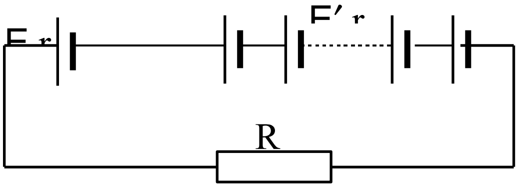

Рисунок 6.3

6.4(2). Батарея из *n* одинаковых элементов, соединенных в одном случае последовательно, а в другом - параллельно, замыкается на резистор с сопротивлением R. При каких условиях ток, текущий через резистор, в обоих случаях будет один и тот же? Внутреннее сопротивление каждого гальванического элемента равно r_0. Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

6.5(4). К аккумулятору с ЭДС $\mathcal{E}$=12 В последовательно присоединяют одинаковые гальванические элементы с ЭДС $\mathcal{E}'$ и внутренним сопротивлением r' и замыкают полученную таким образом батарею на внешнее сопротивление R=4,5 Ом (рисунок 6.3). При этом оказывается, что, сколько бы элементов не было присоединено, ток внешней цепи все время остается равным I=2 А. Найти внутренние сопротивления аккумулятора r и гальванического элемента r', если при коротком замыкании аккумулятора и последовательно соединенного с ним одного гальванического элемента в цепи течет ток $I_{кз}$= 6,5 А.

Раздел B (2). Работа и мощность тока. Закон Джоуля - Ленца. Явление электролиза

6.6(3). Как при параллельном, так и при последовательном соединении двух одинаковых аккумуляторов на внешнем сопротивлении выделяется мощность P_1=80 Вт. Какая мощность P_2 будет выделяться на этом сопротивлении, если замкнуть на него лишь один из аккумуляторов?

6.7(2). При подключении к батарее сначала сопротивления R_1=3 Ом, а затем последовательно с ним сопротивления R_2=63 Ом коэффициент полезного действия батареи возрос в n=2 раза. Каково внутреннее сопротивление r батареи?

6.8(2). Электромотор питается от источника с ЭДС $\mathcal{E}$=24 В. При силе тока в цепи I=8 А механическая мощность электромотора $P_{мех}$=96 Вт. Чему будет равна сила тока в цепи, если затормозить якорь?

6.9(4). Под каким напряжением U_0 нужно передавать электрическую энергию постоянного тока на расстояние L=5 км, чтобы при плотности тока $j=2{,}5\cdot10^5$ А/м^2 в медных проводах двухпроводной линии электропередачи потери в линии составляли η=0,01 от мощности, отдаваемой генератором тока? Удельное сопротивление меди $\rho=1{,}7\cdot10^{-8}$ Ом·м.

6.10(1). Нагреватель в электрическом чайнике, предназначенном для включения в сеть с напряжением U=120 В, имеет n=3 секции одинакового сопротивления R=40 Ом. Если все три секции соединены последовательно, то вода в чайнике закипит через время t_0=90 мин. Вычислите количество теплоты Q, необходимое для нагревания воды до кипения. Считать, что КПД чайника близок к 100%. Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

6.11(1). Найти массу выделившейся меди, если для ее получения электролитическим способом затрачено W=5 кВт·ч электроэнергии. Электролиз проводится при напряжении U=10 В, КПД установки η=75%, электрохимический эквивалент меди $k=3{,}3\cdot10^{-7}$ кг/Кл.

Раздел C (1). Магнитное поле. Взаимодействие тока с магнитным полем. Магнитные силы

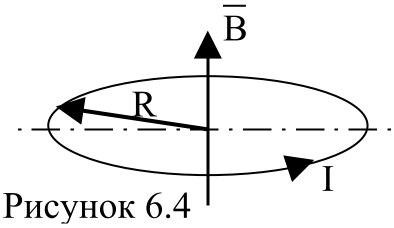

Рисунок 6.4

6.12(4). Горизонтально расположенное проволочное кольцо радиуса R=1 см, по которому течет ток I=2 А, помещено в вертикальное однородное магнитное поле с индукцией B=1 Тл (рисунок 6.4). Определить силу натяжения кольца.

6.13(2). Электрон влетает в область однородного магнитного поля индукции B=0,02 Тл со скоростью $v=5\cdot10^6$ м/с так, что направление скорости перпендикулярно вектору магнитной индукции $\vec{B}$ и перпендикулярно границе области, занимаемой полем. На каком расстоянии L от места входа в область поля находится точка выхода электрона из поля обратно? Масса электрона $m=9{,}1\cdot10^{-31}$ кг, его заряд $e=1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл.

6.14(3). В направленном вертикально вниз однородном магнитном поле индукции B движется по окружности подвешенный на тонкой нерастяжимой нити длины L шарик массы m с положительным зарядом q (рисунок 6.5). Найти угловую скорость движения шарика, если нить составляет угол α с вертикалью, и шарик вращается по часовой стрелке.

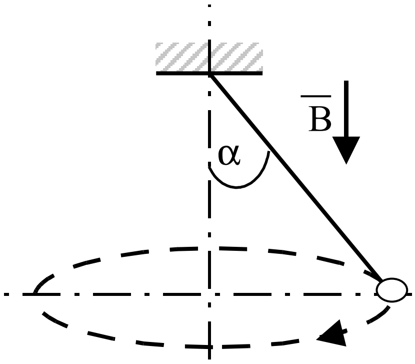

Рисунок 6.5

Раздел D (2). Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция

6.15(2). В однородном магнитном поле расположен виток сопротивлением R=9,5 Ом и площадью $S=100$ см^2. Плоскость витка составляет угол $\alpha=60°$ с вектором $\vec{B}$. За время $\tau=0{,}5$ с индукция поля увеличивается с постоянной скоростью от $B_1=0{,}1$ Тл до $B_2=0{,}6$ Тл. Найти количество тепла, которое выделилось в витке за это время.

6.16(3). Два параллельных, замкнутых на одном конце провода, расстояние между которыми L=0,5 м, находятся в однородном магнитном поле с индукцией $B=5\cdot10^{-3}$ Тл. Плоскость, в которой расположены провода, перпендикулярна к линиям индукции поля. На провода положили металлическую перемычку, которая может скользить по проводам без трения. Перемычка под действием силы $F=10^{-4}$ Н движется с постоянной скоростью v=10 м/с. Найти сопротивление R перемычки. Сопротивлением проводов пренебречь.

6.17(2). Через соленоид, индуктивность которого $L=4\cdot10^{-4}$ Гн и площадь поперечного сечения $S=10$ см^2, протекает ток I=0,5 А. Какова индукция B поля внутри соленоида, если он содержит N=100 витков? Поле считать однородным.

6.18(1). Найти энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока I=10 А возникает магнитный поток Ф=0,5 Вб.

6.19(2). Якорь электромотора постоянного тока с сопротивлением обмоток R=0,5 Ом при подключении к источнику постоянного напряжения U=20 В делает $n_0=100$ об/с, потребляя электрическую мощность P=300 Вт. Какую ЭДС создает электрическая машина, работая как генератор, если якорь вращать с частотой n=200 об/с?

Раздел Е (2). Импульс тела. Законы сохранения импульса и энергии

6.20(2). Снаряд, вылетевший из орудия под некоторым углом к горизонту, разрывается в верхней точке своей траектории на высоте h=100 м на две части m_1=1 кг и m_2=1,5 кг. Скорость снаряда в этой точке v_0=100 м/с, скорость большего осколка v_2=250 м/с и направлена так же, как и скорость снаряда перед разрывом, т.е. совпадает по направлению со скоростью v_0. Определить расстояние S между точками падения обоих осколков.

6.21(4). Два упругих шарика подвешены на невесомых нерастяжимых нитях одинаковой длины так, что они могут вращаться в вертикальной плоскости без трения в точках подвеса. В положении равновесия нити вытянуты вдоль вертикальной линии, а шарики соприкасаются друг с другом (рисунок 6.6). Первый шарик отклоняют от положения равновесия так, что нить, на которой он висит, принимает горизонтальное положение, и отпускают. В результате упругого столкновения первый шарик мгновенно останавливается, а второй начинает двигаться с минимальной для вращения в вертикальной плоскости скоростью v_{min}. Какова масса М первого шарика, если масса второго шарика m=100 г?

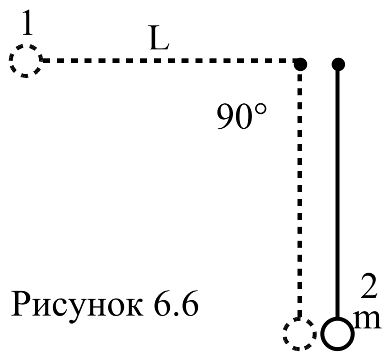

Рисунок 6.6

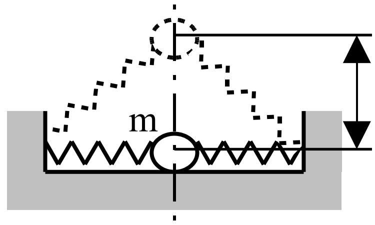

Рисунок 6.7

6.22(4). Шарик массой m=100 г закрепили на полу двумя одинаковыми невесомыми пружинами жесткостью k=15 Н/м каждая (рисунок 6.7). В исходном положении пружины не деформированы и имеют длину L_0=40 см. Шарик поднимают вертикально на высоту h=30 см и отпускают. Какой импульс передает шарик полу при абсолютно упругом ударе?

6.23(2). Два одинаковых шара массы m=200 г лежат неподвижно на горизонтальной поверхности, касаясь друг друга. Третий шар, двигаясь со скоростью u=5 м/с по прямой, касающейся одновременно обоих шаров (рисунок 6.8), налетает на них. Найти массу М налетающего шара, если после удара он останавливается. С какой скоростью разлетаются после столкновения покоившиеся шары? Радиусы всех шаров одинаковы. Считать удар упругим. Трение отсутствует.

6.24(3). В шайбу массы М=490 г, лежащую на расстоянии S=1,5 м от края стола, попала горизонтально летящая со скоростью v_0=400 м/с пуля массы m=10 г. После этого шайба с застрявшей в ней пулей соскальзывает со стола и падает на расстоянии $L=2,2$ м от него. Высота стола $h=0,5$ м. Каков коэффициент трения μ между шайбой и поверхностью стола?

6.25(2). Пружинное ружье выстреливает шарик вертикально вверх на высоту $h_1=30$ см, если пружина сжата на $\Delta L_1=1$ см. На какую высоту поднимется шарик, если пружину сжать на $\Delta L_2=3$ см?

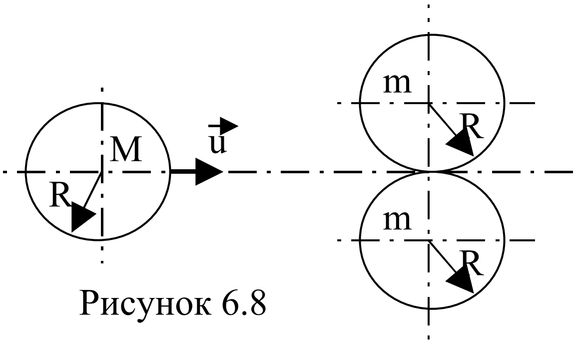

Рисунок 6.8

Литература, рекомендуемая для изучения физики

1 **Павленко, Ю.Г.** Начала физики / Ю.Г. Павленко.–М.: Экзамен, 2005.–864 с.

2 **Павленко, Ю.Г.** Физика. Ответы на вопросы / Ю.Г. Павленко.–М.: Экзамен, 2006.–192 с.

3 **Павленко, Ю.Г.** ТЕСТ-ФИЗИКА / Ю.Г. Павленко.–М.: Экзамен, 2004.–256 с.

4 **Роуэлл, Г.** Физика / Г. Роуэлл, С. Герберт.–М.: Просвещение, 1994.–576 с.

5 **Перельман, Я.И.** Знаете ли вы физику? / Я.И. Перельман.–М.: Наука, 1992.–272 с.

6 **Черноуцан, А.И.** Физика / А.И. Черноуцан.–М.: Университет, 2001.– 336 с.

7 **Гомонова, А.И.** Физика / А.И. Гомонова.–М.: Экзамен, 2002.–384 с.

8 **Бендриков, Г.А.** Физика. Сборник задач / Г.А. Бендриков, Б.Б. Буховцев, В.В. Керженцев, Г.Я. Мякишев.–М.: «Альянс – В», 2003.–416 с.

9 **Баканина, Л.П.** Сборник задач по физике / Л.П. Баканина, В.Е. Белонучкин, С.М. Козел.–М.: Просвещение, 1995.–176 с.

10 **Павлов, С.В.** Сборник конкурсных заданий по физике для поступающих в вузы / С.В. Павлов, И.В. Платонова.–М.: Интеллект-Центр, 2001.–672 с.

11 **Турчина, Н.В.** Физика: 3 800 задач для школьников и поступающих в вузы / Н.В. Турчина, Л.И. Рудакова, О.И. Суров, Г.Г. Спирин, Т.А. Ющенко.–М.: Дрофа, 2000.–672 с.

12 **Гольдфарб, Н.И.** Сборник вопросов и задач по физике / Н.И. Гольдфарб.–М.: Высшая школа, 1993.–352 с.

13 **Козел, С.М.** Физика. Сборник задач и заданий / С.М. Козел, В.А, Коровин, В.А. Орлов.–М: Мнемозина, 2001.–254 с.

14 **Гельфгат, И.М.** 1001 задача по физике / И.М. Гельфгат, Л.Э. Генденштейн, Л.А. Кирик.–М.: «Илекса», 2001.–352 с.

15 **Игропуло, В.С.** Физика. Алгоритмы, задачи, решения / В.С. Игропуло, Н.В. Вязников.–М.: «Илекса», 2002.–592 с.

16 **Задачи по физике: у**чебное пособие / Под ред. О.Я. Савченко.–М.: Наука, 1988.–416 с.

Приложение А

(*справочное*)

Основные физические константы

Скорость света в вакууме	$c=2{,}9979\cdot 10^{8}$ м/с
Гравитационная постоянная	$G=6{,}67\cdot 10^{-11}$ Н$\cdot$ м^2/кг^2
Молярный объем идеального газа при нормальных условиях	$V_\mu=22{,}414$ $\boxed{\frac{\text{л}}{\text{моль}}}$
Универсальная газовая постоянная	$R=8{,}314$ $\boxed{\frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}}$
Постоянная Фарадея	$F=96\ 500$ $\boxed{\frac{\text{Кл}}{\text{Моль}}}$
Число Авогадро	$N_A=6{,}022\cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Постоянная Больцмана	$к=1{,}38\cdot 10^{-23}$ $\boxed{\frac{\text{Дж}}{\text{К}}}$ $=8{,}625\cdot 10^{-5}$ $\boxed{\frac{\text{эВ}}{\text{К}}}$
Элементарный заряд	$e=1{,}6\cdot 10^{-19}$ Кл
Электрическая постоянная	$\varepsilon_0=8{,}85\cdot 10^{-12}$ [illegible] $k=(4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0)^{-1}=9\cdot 10^{9}$ [illegible]
Магнитная постоянная	$\mu_0=4\cdot\pi\cdot 10^{-7}$ $\boxed{\frac{\text{Гн}}{\text{м}}}$ $=12{,}56\cdot 10^{-7}$ $\boxed{\frac{\text{Гн}}{\text{м}}}$
Постоянная Планка	$h=6{,}626\cdot 10^{-34}$ Дж$\cdot$с$=4{,}136\cdot 10^{-15}$ эВ$\cdot$с $\hbar=\boxed{\frac{h}{2\pi}=1{,}054\cdot 10^{-34}}$ Дж$\cdot$с
Постоянная Ридберга	$R=3{,}29\cdot 10^{15}$ с$^{-1}$ $R=1{,}10\cdot 10^{7}$ м$^{-1}$
Масса покоя электрона	$m_e=9{,}11\cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	$m_p=1{,}672\cdot 10^{-27}$ кг
Масса покоя нейтрона	$m_n=1{,}675\cdot 10^{-27}$ кг
Атомная единица массы	1 а.е.м.$=1{,}6606\cdot 10^{-27}$ кг
Электрон-вольт	1 эВ$=1{,}6\cdot 10^{-19}$ Дж
Нормальное атмосферное давление	101 325 Па
Первый Боровский радиус	$r_1=0{,}528\cdot 10^{-10}$ м
Масса изотопа [illegible] Н [illegible]	$m_н=1{,}6736\cdot 10^{-27}$ кг

Приложение Б

(*справочное*)

Соотношения между единицами некоторых физических величин

Длина	1 Å (Ангстрем)=$1\cdot10^{-10}$ м
	1 дюйм= 2,54 см
	1 пк (парсек) ≈$3,1\cdot 10^{16}$ м
	1 а. е. (астрономическая единица)=$1,456\cdot10^{11}$ м
	1 св. год (световой год) ≈$0,95\cdot 10^{16}$ м
	1 ферми =10^{-15} м
	1 фут =30,48 см
	1 ярд =91,44 см
Масса	1 тонна =10^{3} кг
	1 а.е.м.=$1,6606\cdot10^{-27}$ кг
	1 кар (карат) =0,2 г
Время	1 сутки =86400 с
	1 мин =60 с
	1 час =60 мин
	1 сутки =24 часа
	1 год ≈$3,16\cdot10^{7}$ с
Объем	1 л =$1\cdot10^{-3}$ $м^{3}$
Сила	1 кГ =1 кгс (килограмм-сила) =9,81 Н
Давление	1 бар =$1\cdot10^{5}$ Па
	1 атм =760 мм рт. ст. =$1,01325\cdot10^{5}$ Па
	1 ат =1 кгс/$см^{2}$ =$0,98\cdot10^{5}$ Па
	1 торр =1 мм рт. ст. =133,3 Па
Энергия	1 эВ =$1,6\cdot10^{-19}$ Дж
	1 квт· ч =$3,6\cdot10^{6}$ Дж
	1 кал =4,1868 Дж
Мощность	1 л.с. (лошадиная сила) =735 Вт

Приложение В

(**_справочное_**)

Э – экса – 10^{18}
П – пета – 10^{15}
Т – тера – 10^{12}
Г – гига – 10^{9}
М – мега – 10^{6}

к – кило – 10^{3}
г – гекто – 10^{2}
д – деци – 10^{-1}
с – санти – 10^{-2}
м – милли – 10^{-3}

мк – микро – 10^{-6}
н – нано – 10^{-9}
п – пико – 10^{-12}.
ф – фемто – 10^{-15}
а – атто – 10^{-18}

Приложение Г

(**_справочное_**)

Основные формулы по физике

$V=\frac{S}{t}$ При равномерном движении скорость V равна отношению пути S ко времени t.

$V_{ср.}=\frac{\Delta S}{\Delta t}$ $V_{ср.}$ - средняя скорость равна отношению пути ΔS к промежутку времени Δt, в течение которого этот путь был пройден.

$\vec{V}_{ср.} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ $\vec{V}_{ср.}$ - вектор средней скорости перемещения за время Δt, $\Delta\vec{r}$ - вектор перемещения.

$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{r}'_t$ $\vec{V}$ - вектор мгновенной скорости равен производной от перемещения по времени.

$V = \frac{dS}{dt} = S'_t$ V - модуль мгновенной скорости равен производной от пути по времени.

$\vec{a}_{ср} = \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$ $\vec{a}_{с р.}$ - вектор среднего ускорения равен отношению изменения скорости $\Delta\vec{V}$ к промежутку времени Δt, за которое это изменение произошло.

$\vec{a}=\frac{dV}{dt}=V'_t$ мгновенное ускорение равно производной от скорости по времени

$a_t = \frac{dV}{dt} = V'_t$ тангенциальное (касательное) ускорение характеризует быстроту изменения скорости по модулю и направлено по касательной к траектории в данной точке.

$a_n = \frac{V^2}{R}$ Нормальное (центростремительное) ускорение a_n характеризует быстроту изменения скорости по направлению и направлено к центру кривизны траектории. R - радиус кривизны траектории, V–скорость. (при равномерном вращении по окружности a_n–центростремительное ускорение, R–радиус окружности).

$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$

$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2}$

a–полное ускорение при криволинейном движении; a_n, a_t–нормальное (центростремительное) и тангенциальное (касательное) ускорения, соответственно.

$x(t) = x_0 + V_0 \cdot t$ кинематическое уравнение равномерного движения вдоль оси x, x_0 - начальная координата, t - время.

$$x(t) = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

кинематическое уравнение равнопеременного движения (a=const) вдоль оси x, V_0 - начальная скорость. Значения V_0 и a - положительны, если векторы $\vec{V}_0$ и $\vec{a}$ направлены в сторону положительной полуоси x, и отрицательны в противном случае.

$S = V_0 t + \frac{at^2}{2}$

$V = V_0 + a \cdot t$

S–путь и V–мгновенная скорость при равнопеременном движении, V_0 - начальная скорость, a - ускорение, t - время.

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a}$$

кинематическое уравнение, связывающее путь S, пройденный телом за некоторое время, с начальной - V_0 и конечной - V скоростями на этом отрезке пути, с ускорением a.

$H = \frac{gt^2}{2}$; $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$

$h(t) = H - \frac{gt^2}{2}$

$V = gt = \sqrt{2gH}$

Свободное падение (v_0 =0) тела с высоты H: t - время падения; g - ускорение свободного падения; V -скорость тела в момент достижения поверхности (Земли), h(t) – высота в момент времени t.

$x(t) = V_0 \cdot t$;

$y(t) = H - \frac{gt^2}{2}$;

$t_0 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$; $L = V_0 t_0$;

$V_x = V_0$; $|V_y| = gt$

$V = \sqrt{V_x{}^2 + V_y{}^2}$

движение тела, брошенного горизонтально со скоростью V_0 с высоты H: $x_0 = 0$ и $y_0 = H$ - начальное положение тела (в момент броска); x(t) и y(t) - уравнения движения по осям; t_0 - время полета; L - дальность полета; V_x и V_y - составляющие скорости $\vec{V}$ тела по осям координат для любого момента времени t во время полета (до удара о поверхность).

$V_{ox} = V_0 \cdot \cos\alpha$; $V_{0y} = V_0 \cdot \sin\alpha$;

$x(t) = V_{ox}(t)$; $y(t) = V_{oy} \cdot t - \frac{1}{2} gt^2$;

$V_x(t) = V_{ox}$; $V_y(t) = V_{oy} - gt$;

движение тела, брошенного со скоростью V_0 под углом α к горизонту: $x_0 = 0$ и $y_0 = 0$ - начальное положение тела (в момент броска); V_{ox} и V_{oy} - проекции скорости $\vec{V}_0$ по осям; x(t) и y(t) - уравнения движения по осям; $V_x(t)$ и

$H=\dfrac{V_{0y}^{\ 2}}{2g}$; $t_0=\dfrac{2V_{0y}}{g}$;

$L=\dfrac{V_0^{\ 2}\cdot\sin 2\alpha}{g}$

$V_y(t)$- зависимость составляющих скорости по осям от времени t; H - высота подъема, t_0 - время полета; L - дальность полета

$\nu=\dfrac{N}{t}$, $T=\dfrac{t}{N}$

$\nu=T^{-1}$, $T=\nu^{-1}$

при равномерном вращательном движении: ν - частота вращения, T - период вращения, N - число оборотов за время t.

$\omega=\dfrac{\varphi}{t}$; $N=\dfrac{\varphi}{2\pi}$;

$\omega=2\pi\nu=\dfrac{2\pi}{T}$

ω - угловая скорость при равномерном вращении: φ - угол поворота, N - число оборотов за время t; ν - частота вращения, T - период вращения.

$\omega=\dfrac{d\varphi}{dt}=\varphi'_t$ ω - угловая скорость равна производной угла поворота по времени.

$\varepsilon=\dfrac{d\omega}{dt}=\omega'_t$ ε - угловое ускорение равно производной угловой скорости по времени.

$S=R\cdot\varphi$ S - путь, пройденный материальной точкой при повороте на угол φ по дуге окружности радиуса R.

$V=\omega\cdot R=\dfrac{2\pi R}{T}=2\pi R\nu$	связь между линейной и угловой скоростями при равномерном вращательном движении

$a_t=R\cdot\varepsilon$, $a_n=\omega^2\cdot R=\dfrac{V^2}{R}=V\cdot\omega$

a_n,a_t–нормальное (центростремительное) и тангенциальное (касательное) ускорения, соответственно.

$\varphi(t)=\varphi_0+\omega_0\cdot t$ кинематическое уравнение равномерного вращения, φ_0 - начальное угловое положение.

$\varphi(t)=\varphi_0+\omega_0\cdot t+\dfrac{\varepsilon\cdot t^2}{2}$ кинематическое уравнение равнопеременного вращения (ε=const), ω_0 - начальная угловая скорость.

$\omega(t)=\omega_0+\varepsilon\cdot t$

$\varepsilon=\dfrac{\omega-\omega_0}{t}$

ω - мгновенная угловая скорость при равнопеременном вращении в момент времени t, ω_0 - начальная угловая скорость, ε - угловое ускорение.

$\varphi = \dfrac{\omega^2 - \omega_0^{\;2}}{2\varepsilon}$ кинематическое уравнение, связывающее угол поворота φ с начальной ω_0 и конечной ω угловыми скоростями и с угловым ускорением ε.

$\rho = \dfrac{m}{V}$ ρ- плотность тела, m - масса, V - объем тела.

$\vec{P} = m \cdot \vec{V}$ $\vec{P}$ - импульс тела - векторная величина, равная произведению массы тела на его скорость $\vec{V}$.

$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \dfrac{d\vec{V}}{dt}$, $\vec{F} = \dfrac{d\vec{P}}{dt} = \vec{P}_t'$ Второй закон Ньютона: m - масса тела, $\vec{F}$ - равнодействующая всех приложенных к телу сил, $\vec{a}$ - ускорение, $\vec{P}$ - импульс тела.

$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$ третий закон Ньютона: силы, с которыми действуют друг на друга два тела, всегда равны по модулю и противоположно направлены.

$F_{упр.} = -k \cdot \Delta l$, $\Delta l = l - l_0$,

$\sigma = \varepsilon \cdot E$,

$\varepsilon = \dfrac{\Delta l}{l_0}$, $\sigma = \dfrac{F}{S}$

закон Гука: сила упругости $F_{упр.}$ пропорциональна удлинению тела (пружины) Δl и направлена в сторону, противоположную направлению перемещений частиц тела при деформации; k - коэффициент пропорциональности (жесткость пружины); σ - механическое напряжение; S - площадь поперечного сечения образца, к которому приложена сила F; E - модуль Юнга (упругости); ε - относительное удлинение; l_0 - начальная длина.

$F = G \cdot \dfrac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$ закон всемирного тяготения: два тела притягиваются друг к другу с силой, пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния R между их центрами масс; G - гравитационная постоянная. В такой форме записи закон справедлив для взаимодействия материальных точек и однородных тел сферической формы.

$g(h) = G \cdot \dfrac{M}{(R+h)^2}$

$g(h) = g\left(1 + \dfrac{h}{R}\right)^{-2}$

g(h) - ускорение свободного падения на высоте h над поверхностью планеты, M и R - масса и радиус планеты; g - ускорение свободного падения у поверхности планеты (без учета вращения планеты), т.е. $g = G\dfrac{M}{R^2}$.

$F_{тр.} = \mu \cdot N$ сила трения скольжения равна максимальной силе трения покоя $F_{тр.}$, пропорциональной силе нормального давления N (реакции опоры); μ - коэффициент трения.

$\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ P - сила тяжести, m - масса тела, g - ускорение свободного падения.

$V_1 = \sqrt{G \cdot \frac{M}{R}} = \sqrt{g \cdot R}$ V_1 - первая космическая скорость: M и R - масса и радиус планеты, G - гравитационная постоянная, g - ускорение свободного падения на поверхности планеты.

$V_2 = \sqrt{2}\, V_1 = \sqrt{2g \cdot R}$	V_2 – вторая космическая скорость, V_1 - первая космическая скорость.

$\Delta A = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos\alpha$ ΔA - элементарная работа равна скалярному произведению силы $\vec{F}$ на перемещение $\Delta \vec{r}$, α - угол между $\vec{F}$ и $\Delta \vec{r}$.

$N_{ср.} = \frac{\Delta A}{\Delta t}$ мощность равна работе, совершаемой в единицу времени: $N_{ср}$ - средняя мощность за время Δt.

$N = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V \cdot \cos\alpha$ мгновенная мощность N равна скалярному произ-ведению силы $\vec{F}$ на скорость $\vec{V}$, с которой движется точка приложения силы, α - угол между $\vec{F}$ и $\vec{V}$.

$E_К = \frac{m \cdot V^2}{2} = \frac{P^2}{2m}$ $E_К$ - кинетическая энергия тела массой m, движущегося со скоростью V, P - импульс тела.

$A = E_{К2} - E_{К1}$ работа равнодействующей силы равна изменению кинетической энергии тела (при условии постоянства потенциальной энергии).

$A = -\Delta U$ работа консервативных сил совершается за счет убыли потенциальной энергии (при условии постоянства кинетической энергии).

$E_П = m\, g \cdot h$ потенциальная энергия тела в поле тяготения: h - высота над поверхностью Земли (высота от нулевого уровня), g - ускорение свободного падения, m - масса тела.

$E_П = \frac{k \cdot (\Delta l)^2}{2}$ потенциальная энергия упруго деформированного тела (пружины).

$E_П = -G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R}$ потенциальная энергия силы тяготения двух тел массами m_1 и m_2, находящихся на расстоянии R друг от друга.

$\sum_{i=1}^{N} \vec{p}_i = \sum_{i=1}^{N} m_i \cdot \vec{V}_i = const$ закон сохранения импульса: суммарный импульс замкнутой системы остается постоянным (по величине и направлению) при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

$m\cdot\vec{V}-m\cdot\vec{V}_0=\vec{F}\cdot\Delta t$
$\Delta\vec{P}=\vec{P}-\vec{P}_0=\vec{F}\cdot\Delta t$
изменение импульса тела $\Delta\vec{P}$ за время Δt равно импульсу равнодействующей силы $\vec{F}\cdot\Delta t$.

$E=E_К+E_П$ полная механическая энергия системы равна сумме кинетической и потенциальной энергий.

$E=E_К+E_П=const$ закон сохранения полной механической энергии: полная механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной при любых движениях тел системы, если в системе не действуют силы трения.

$$m_1\vec{v}_1+m_2\vec{v}_2=m_1\vec{u}_1+m_2\vec{u}_2$$
$$\frac{m_1v_1^2}{2}+\frac{m_2v_2^2}{2}=\frac{m_1u_1^2}{2}+\frac{m_1u_2^2}{2}$$
законы сохранения импульса и энергии при центральном абсолютно упругом ударе двух тел (шаров).

$$m_1\vec{v}_1+m_2\vec{v}_2=(m_1+m_2)\vec{u}$$
закон сохранения импульса при центральном абсолютно неупругом ударе двух тел.

$$\Delta E_к=Q=\left(\frac{m_1v_1^2}{2}+\frac{m_2v_2^2}{2}\right)-\frac{(m_1+m_2)u^2}{2}$$
изменение кинетической энергии при абсолютно неупругом ударе (часть ее переходит в «тепловую» форму энергии).

$$\eta=\frac{A_{пол}}{A_{затр}}=\frac{N_{пол}}{N_{затр}}$$
$$\eta=\frac{A_{пол}}{A_{затр}}\cdot100\%=\frac{N_{пол}}{N_{затр}}\cdot100\%$$
коэффициент полезного действия механизмов равен отношению полезной работы $A_{пол}$ (полезной мощности $N_{пол}$) к затраченной $A_{затр}$ (затраченной - $N_{затр}$).

$$\frac{dE_п}{dx}=(E_п)_x'=0$$
условие равновесия - экстремальное значение потенциальной энергии (для случая одномерной задачи, когда $E_п$ зависит только от координаты x, т.е. когда $E_п = E_п(x)$).

$$\frac{d^2E_п}{dx^2}=(E_п)_{xx}''>0$$
условие устойчивого равновесия

$\vec{M}=[\vec{R}\cdot\vec{F}]$ момент силы $\vec{M}$ относительно неподвижной точки - физическая величина, равная векторному произведению радиус-вектора $\vec{R}$, проведенного из этой точки в точку приложения силы, на эту силу $\vec{F}$.

$M=R\cdot F\cdot\sin\alpha=F\cdot d$ модуль момента силы - M, α - угол между $\vec{R}$ и $\vec{F}$,

$d=R\cdot\sin\alpha$ - плечо силы равно кратчайшему расстоянию от оси вращения до линии действия силы.

$\sum \vec{F}_i = 0$ (первое) условие равновесия тела при отсутствии вращения: векторная сумма всех сил, приложенных к телу, равна нулю.

$\sum \vec{M}_i = 0$ (второе) условие равновесия тела с неподвижной осью вращения: векторная сумма моментов сил относительно любой оси равна нулю.

$\sum [\vec{R}_i m_i \vec{g}] = 0$ центр тяжести тела: сумма моментов сил тяжести всех частиц тела по отношению к оси, проходящей через центр тяжести, равна нулю.

$$\vec{R}_c = \frac{\sum m_i g \vec{R}_i}{\sum m_i g}$$

$$x_c = \frac{\sum m_i g x_i}{\sum m_i g}$$

$$y_c = \frac{\sum m_i g y_i}{\sum m_i g}$$

$$z_c = \frac{\sum m_i g z_i}{\sum m_i g}$$

центр тяжести тела: $\vec{R}_c(x_c, y_c, z_c)$ - радиус-вектор, проведенный из начала координат в центр тяжести тела; x_c, y_c, z_c - координаты центра тяжести; x_i, y_i, z_i - координаты частиц тела, причем $\vec{R}_i(x_i, y_i, z_i)$; суммирование производится по всем частицам тела.

$$\vec{R}_{цм} = \frac{\sum m_i \vec{R}_i}{\sum m_i}$$

$\vec{R}_{цм}(x_{цм}, y_{цм}, z_{цм})$ - радиус-вектор центра масс системы материальных точек; m_i и $\vec{R}_i$ - масса и радиус-вектор i-ой материальной точки (если твердое тело, то суммирование производится по всем частицам тела).

$\vec{R}_c = \vec{R}_{цм}$ координаты центра масс и центра тяжести тела совпадают в случае, если размерами тела можно пренебречь в сравнении с размерами Земли (планеты).

$M = F\cdot d$ момент пары сил: d- плечо пары сил ($F_1=F_2=F$) – кратчайшее расстояние между линиями действия сил.

$\frac{F}{mg} = \frac{l_1}{l_2}$ правило рычага: во сколько раз плечо l_2 силы F больше плеча l_1 груза весом mg, тем меньше усилие F требуется, чтобы сдвинуть груз.

$\vec{L} = [\vec{R}\cdot\vec{P}] = [\vec{R}\cdot m\vec{V}]$

$L=R\cdot P\cdot\sin\alpha=P\cdot d$

$\vec{L}$–момент импульса материальной точки относительно неподвижной точки O: $\vec{R}$–радиус-вектор от точки O до материальной точки; $\vec{P} = m\cdot\vec{V}$ - импульс материальной точки; α - угол между $\vec{R}$ и $\vec{P}$; d - плечо вектора $\vec{P}$ относительно неподвижной точки O.

$P=\frac{F}{S}$ давление равно отношению силы, перпендикулярной к поверхности тела, к величине площади поверхности S, на которую действует эта сила.

$P=\rho \cdot g \cdot h$ P - гидростатическое давление: ρ - плотность жидкости, h - высота столба жидкости, g - ускорение свободного падения.

$\frac{F_1}{F_2}=\frac{S_1}{S_2}=\frac{l_2}{l_1}$ гидравлический пресс дает выигрыш в силе во столько раз, во сколько раз площадь ее большого поршня превосходит площадь маленького поршня, S_1 и S_2 - площади поперечного сечения поршней, l_1 и l_2 - перемещения поршней, F_1 и F_2 - силы, приложенные к поршням.

$F_A=\rho \cdot g \cdot V_п$ Закон Архимеда: на тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости или газа. ρ - плотность жидкости (газа), $V_п$ - объем погруженной в жидкость (газ) части тела, g - ускорение свободного падения.

$S \cdot v=const$ уравнение неразрывности (непрерывности) для несжимаемой жидкости: произведение скорости течения v на поперечное сечение S трубки тока есть величина постоянная для данной трубки тока;

$V=S\cdot v\cdot t$	объем жидкости (газа) V, проходящий через сечение S струи (трубы) за время t.

$\frac{h_1}{h_2}=\frac{\rho_2}{\rho_1}$ в сообщающихся сосудах высота столбиков жидкостей над уровнем раздела обратно пропорциональна плотностям жидкостей.

$P+\frac{\rho \cdot v^2}{2}+\rho \cdot g \cdot h=const$ уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной несжимаемой жидкости: P - статическое давление, $\frac{\rho \cdot v^2}{2}$ -динамическое давление, $\rho \cdot g \cdot h$ - гидростатическое давление, v - скорость течения жидкости в данном сечении.

$v=\sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ формула Торричелли: v - скорость истечения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде, h - глубина, на которой находится отверстие относительно уровня жидкости.

$\nu=\frac{m}{\mu}=\frac{N}{N_A}$ ν - количество вещества: μ - молярная масса, N_A - число Авогадро, N - число молекул в веществе (газе) массой m.

$m_0=\frac{m}{N}=\frac{\mu}{N_A}$ m_0 - масса одной молекулы.

$T=t+273$ T - температура по абсолютной шкале температур (шкале Кельвина), t - температура по шкале Цельсия.

$P \cdot V = const$ закон Бойля-Мариотта: для данной массы газа (m=const) при неизменности состава газа (молярная масса μ=const) при постоянной температуре (T=const) произведение давления газа P на его объем V есть величина постоянная.

$V = V_0 \cdot (1+\alpha t)$
$V = V_0 \cdot \alpha \cdot T$
$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

закон Гей-Люссака: объем данной массы газа (m=const) при неизменности состава газа (молярная масса μ=const) при постоянном давлении (P=const) изменяется линейно с температурой, $\alpha = 273^{-1}$ K^{-1} - термический коэффициент расширения, V_0 - объем при 0 ^{0}C.

$P = P_0 \cdot (1+\beta t)$
$P = P_0 \cdot \beta \cdot T$
$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

закон Шарля: давление данной массы газа (m=const) при неизменности состава газа (молярная масса μ=const) при постоянном объеме (V=const) изменяется линейно с температурой, $\beta = 273^{-1}$ K^{-1} - термический коэффициент давления, P_0 - давление при 0 °C.

$V\mu = \frac{V}{\nu} = 22{,}41 \frac{л}{моль}$ закон Авогадро: моли любых идеальных газов при одинаковых условиях (одинаковых температуре и давлении) занимают одинаковые объемы, в частности, при нормальных условиях, - 22,41 л.

P=760 мм рт. ст.
t=0 °C

значения давления и температуры при нормальных условиях.

$P = \Sigma P_i$ закон Дальтона: давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов; P_i - парциальное давление i-ой компоненты равно давлению, которое создавала бы i-ая компонента смеси газов, если бы она одна занимала объем, равный объему смеси при той же температуре.

$\frac{P \cdot V}{T} = const$ уравнение Клапейрона справедливо при неизменности состава и массы газа, P - давление, V - объем, T - абсолютная температура.

$P \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$ уравнение Клапейрона-Менделеева (уравнение состояния идеального газа), m - масса газа, R - универсальная газовая постоянная, μ - молярная масса газа.

$R = k \cdot N_A$ R - универсальная газовая постоянная, k - постоянная Больцмана, N_A - число Авогадро.

$n=\frac{N}{V}$; n - концентрация молекул - число молекул в единице объема.

$\rho=\frac{m}{V}$; $\rho=m_0\cdot n$ ρ –плотность газа, m_0–масса одной молекулы

$P=n\cdot k\cdot T$ зависимость давления P от концентрации молекул n и температуры T; k - постоянная Больцмана.

$P=\frac{2}{3}n\cdot E_0$; $E_0=\frac{m_0V^2}{2}$ основное уравнение молекулярно кинетической теории идеальных газов: давление P идеального газа равно $\frac{2}{3}$ среднеквадратической кинетической энергии молекул, содержащихся в единице объема, m_0 - масса одной молекулы, n - концентрация молекул.

$E_0=\frac{m_0\cdot V^2}{2}=\frac{3}{2}k\cdot T$ E_0 - среднеквадратическая кинетическая энергия поступательного движения молекулы идеального газа, m_0 - масса молекулы, k - постоянная Больцмана, T - температура, V – среднеквадратическая скорость.

$V=\overline{\overline{V}}=\sqrt{\overline{V^2}}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}V_i^2}{N}}$ V $\left(\overline{\overline{V}}\right)$ - среднеквадратическая скорость молекул идеального газа.

$\overline{\overline{V}}=\sqrt{\frac{3\cdot k\cdot T}{m_0}}=\sqrt{\frac{3\cdot R\cdot T}{\mu}}=\sqrt{\frac{3\cdot P}{\rho}}$ R - универсальная газовая постоянная, μ - молярная масса, T - температура, P - давление, ρ - плотность газа, к- постоянная Больцмана, m_0 - масса молекулы.

$V_{ср}=\sqrt{\frac{8\cdot k\cdot T}{\pi\cdot m_0}}=\sqrt{\frac{8\cdot R\cdot T}{\pi\cdot\mu}}=\sqrt{\frac{8\cdot P}{\pi\cdot\rho}}$ $V_{ср}$ - средняя арифметическая скорость молекул газа.

$V_H=\sqrt{\frac{2\cdot k\cdot T}{m_0}}=\sqrt{\frac{2\cdot R\cdot T}{\mu}}=\sqrt{\frac{2\cdot P}{\rho}}$ V_H - наиболее вероятная скорость молекул газа.

$\lambda=\frac{V_{ср}}{Z}=\frac{1}{\sqrt{2}\cdot\pi\cdot d^2\cdot n}$ λ - средняя длина свободного пробега молекул газа равна среднему расстоянию между двумя последовательными столкновениями молекулы, Z - среднее число соударений молекулы за 1 с, d - эффективный диаметр молекулы, n - концентрация молекул, $V_{ср}$ - относительная средняя арифметическая скорость молекул.

$E_{ср}=\frac{i}{2}\cdot k\cdot T$ $E_{ср}$ - средняя энергия молекулы, i - число степеней свободы молекул газа, k - постоянная Больцмана, T - температура.

$U=\frac{i}{2}\cdot\nu\cdot R\cdot T$ U - внутренняя энергия идеального газа, ν - количество вещества, R - универсальная газовая постоянная, T - температура.

$Q=\Delta U+A$ первое начало термодинамики: количество теплоты Q, переданное системе, идет на изменение внутренней энергии ΔU системы и на совершение системой работы A против внешних сил.

$\Delta U=\frac{i}{2}\cdot\nu\cdot R\cdot\Delta T=\frac{i}{2}P\cdot\Delta V$ ΔU - изменение внутренней энергии при изменении температуры на ΔT; ΔV–изменение объема при давлении P.

$C=\frac{\Delta Q}{\Delta T}$ C - теплоемкость численно равна количеству теплоты, необходимому для изменения температуры тела на 1 K.

$c=\frac{C}{m}=\frac{\Delta Q}{m\cdot\Delta T}$ c - удельная теплоемкость равна теплоемкости единицы массы тела, m - масса тела.

$C_V=\frac{i}{2}\cdot R$ C_V - молярная теплоемкость газа при постоянном объеме, i - число степеней свободы молекул газа, R - универсальная газовая постоянная.

$C_P=\frac{(i+2)}{2}\cdot R$ C_P - молярная теплоемкость газа при постоянном давлении.

$R=C_P-C_V$ уравнение Майера: универсальная газовая постоянная численно равна работе, которую 1 моль идеального газа совершает, изобарически расширяясь при нагревании на 1 K.

$A=P\cdot\Delta V$ A - работа, совершаемая газом при изменении его объема, P - давление газа, ΔV - изменение его объема.

$A=P\cdot(V_2-V_1)=\frac{m}{\mu}\cdot R\cdot(T_2-T_1)$ A - работа газа при изобарическом процессе.

$A=\frac{m}{\mu}\cdot R\cdot T\cdot\ln\frac{V_2}{V_1}=\frac{m}{\mu}\cdot R\cdot T\cdot\ln\frac{P_1}{P_2}$ A - работа газа при изотермическом процессе.

$A=\frac{m}{\mu}\cdot\frac{R}{\gamma-1}\cdot(T_1-T_2)=\frac{m}{\mu}\cdot C_V\cdot(T_1-T_2)$ A - работа газа при адиабатическом процессе, γ - показатель адиабаты.

$P\cdot V^{\gamma}=\text{const}$ уравнение Пуассона (уравнение адиабатического процесса),

$T\cdot V^{\gamma-1}=\text{const}$

$T^{\gamma} \cdot P^{1-\gamma} = const$ $\quad \gamma = \dfrac{C_P}{C_V}$ - показатель адиабаты.

$\gamma = \dfrac{C_P}{C_V} = \dfrac{i+2}{i}$ γ - показатель адиабаты, C_P и C_V - молярные теплоемкости при постоянных давлении и объеме, соответственно; i - число степеней свободы молекул газа.

$L = L_0 \cdot (1 + \alpha t)$

$\alpha = \dfrac{1}{L} \cdot \dfrac{\Delta L}{\Delta t}$

$\Delta L = L - L_0$

линейное расширение твердых тел: L_0 - длина при 0 °С, L - длина при температуре t °С, α - линейный коэффициент расширения равен относительному изменению длины при нагреве на 1 °С (1 К).

$V = V_0 \cdot (1 + \beta t)$

$\beta = \dfrac{1}{V} \cdot \dfrac{\Delta V}{\Delta t}$

$\Delta V = V - V_0$

объемное расширение твердых тел и жидкостей: V_0 - объем при 0 °С, V - объем при температуре t °С, β - объемный коэффициент расширения равен относительному изменению объема при нагреве на 1 °С (1К).

$\beta = 3\alpha$ соотношение между коэффициентами линейного (α) и объемного (β) расширения.

$q = \dfrac{Q}{m}$ удельная теплота сгорания равна количеству теплоты, выделяющемуся при сгорании единицы массы топлива.

$\lambda = \dfrac{Q}{m}$ количество теплоты, необходимое для превращения единицы массы из твердого (жидкого) состояния в жидкое (твердое) при температуре плавления (кристаллизации), называют удельной теплотой плавления (кристаллизации) λ. Удельная теплота плавления равна удельной теплоте кристаллизации. Температура плавления равна температуре кристаллизации.

$r = \dfrac{Q}{m}$ количество теплоты, которое необходимо сообщить жидкости для испарения единицы ее массы при постоянной температуре (в частности, при температуре кипения), называют удельной теплотой парообразования r. С ростом температуры величина удельной теплоты парообразования уменьшается.

$\eta = \dfrac{A}{Q_1} = \dfrac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ η - коэффициент полезного действия теплового двигателя: A - работа, совершенная за цикл, Q_1 - количество теплоты, полученное системой (от нагревателя), Q_2 - количество теплоты, отданное системой (холодильнику; окружающей среде).

$\eta = \dfrac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \dfrac{T_1 - T_2}{T_1}$ η - коэффициент полезного действия идеального теплового двигателя (цикла Карно): T_1 и T_2 - температуры нагревателя и холодильника, соответственно; Q_1 - количество теплоты, полученное газом от нагревателя при изотермическом расширении; Q_2 - количество теплоты, отданное газом холодильнику при изотермическом сжатии.

$\rho=\dfrac{m}{V}$ абсолютной влажностью ρ называют количество водяного пара в граммах, содержащегося в 1 $м^3$ воздуха при данной температуре.

$\varphi=\dfrac{\rho}{\rho_H}$ относительной влажностью φ называют отношение абсолютной влажности к тому количеству водяного пара, которое необходимо для насыщения 1 $м^3$ воздуха при той же температуре.

$\varphi=\dfrac{P}{P_H}$ относительной влажностью φ называют отношение парциального давления P водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению P_H насыщенного пара при той же температуре.

$\delta=\dfrac{F}{L}$ δ - коэффициент поверхностного натяжения равен силе поверхностного натяжения, приходящейся на единицу длины границы свободной поверхности жидкости.

$\delta=\dfrac{A}{\Delta S}$ δ - коэффициент поверхностного натяжения равен работе, необходимой для увеличения свободной поверхности жидкости при постоянной температуре на единицу.

$\Delta P=\delta\cdot\left(\dfrac{1}{r_1}+\dfrac{1}{r_2}\right)$ формула Лапласа: избыточное давление ΔP, обусловленное кривизной поверхности жидкости; r_1 и r_2 - радиусы кривизны двух взаимно перпендикулярных нормальных сечений поверхности жидкости; δ - коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

$\Delta P=\dfrac{2\cdot\delta}{r}$ Избыточное давление в случае сферы: r – радиус сферы, δ - коэффициент поверхностного натяжения.

$h=\dfrac{2\cdot\delta\cdot\cos\upsilon}{\rho\cdot g\cdot r_0}$ h - высота подъема жидкости в капиллярной трубке: υ - краевой угол, r_0 - радиус капилляра, ρ - плотность жидкости, g - ускорение свободного падения, δ - коэффициент поверхностного натяжения, (υ = 0 - полное смачивание; υ = 180^0 - полное несмачивание)

$\Sigma q_i=\text{const}$ закон сохранения заряда: алгебраическая сумма зарядов в замкнутой системе (т.е. в системе, не обменивающейся зарядами с внешними телами) остается неизменной при любых процессах внутри этой системы.

$F=\dfrac{|q_1|\cdot|q_2|}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot\varepsilon\cdot r^2}$

$F = k\,\dfrac{|q_1|\cdot|q_2|}{\varepsilon\cdot r^2}$

закон Кулона: сила взаимодействия F между двумя неподвижными точечными зарядами прямо пропорциональна абсолютным значениям зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, ε_0–электрическая постоянная, $k=\dfrac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}=9\cdot 10^9\,\dfrac{Н\cdot м^2}{Кл^2}$, ε - диэлектрическая проницаемость изотропной непрерывной среды нахождения зарядов.

$\vec{E}=\dfrac{\vec{F}}{q_0}$ $\vec{E}$ - напряженность электростатического поля равна силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля.

$E=\dfrac{q}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot\varepsilon\cdot r^2}$ E - напряженность электростатического поля точечного заряда q на расстоянии r от него: ε_0 - электрическая постоянная, ε - диэлектрическая проницаемость среды.

$\vec{E}=\sum\vec{E}_i$ принцип суперпозиции (наложения) электростатических полей: напряженность $\vec{E}$ результирующего поля, создаваемого системой зарядов, равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых в данной точке каждым из зарядов в отдельности.

$\vec{p}=q\vec{l}$	$\vec{p}$ - электрический момент диполя: $\vec{l}$ - плечо диполя.

$\sigma=\dfrac{Q}{S}$ σ - поверхностная плотность заряда равна заряду, приходящемуся на единицу площади поверхности несущего заряд тела.

$\rho=\dfrac{Q}{V}$ ρ - объемная плотность заряда равна заряду, приходящемуся на единицу объема заряженного по объему тела.

$E=\dfrac{\sigma}{2\cdot\varepsilon_0\cdot\varepsilon}$ E - напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью: σ - поверхностная плотность заряда, ε_0 - электрическая постоянная, ε - диэлектрическая проницаемость среды нахождения плоскости.

$E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0\cdot\varepsilon}$ E - напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными разноименно заряженными плоскостями, в пространстве между этими плоскостями.

$W_П=\dfrac{q_1\cdot q_2}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot\varepsilon\cdot r}$ $W_П$ - потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов, находящихся на расстоянии r друг от друга.

$\varphi = \dfrac{W_п}{q_0}$ φ - потенциал электростатического поля равен потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в данную точку.

$\varphi = \dfrac{A_\infty}{q_0}$ φ - потенциал поля равен работе перемещения единичного положительного заряда из данной точки в бесконечность.

$\varphi = \dfrac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r}$ φ - потенциал поля точечного заряда на расстоянии r от него.

$\varphi = \Sigma \varphi_i$ принцип суперпозиции для потенциала: если поле создается несколькими зарядами, то потенциал поля системы зарядов равен алгебраической сумме потенциалов полей всех этих зарядов в данной точке.

$\varphi_1 - \varphi_2 = \dfrac{A_{12}}{q_0}$

$U = \varphi_1 - \varphi_2$

разность потенциалов между двумя точками равна работе поля по перемещению единичного положительного заряда из начальной точки в конечную; U - напряжение.

$\varepsilon = \dfrac{E_0}{E}$ диэлектрическая проницаемость ε показывает во сколько раз электрическое поле ослабляется диэлектриком; E_0 - напряженность поля в вакууме, E - напряженность поля в диэлектрике.

$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}$ $\vec{D}$ – электрическое смещение.

$E = -\dfrac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$

$E = \dfrac{\varphi_2 - \varphi_1}{d}$

связь между напряженностью E и разностью потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ для однородного электростатического поля: d - расстояние между точками поля, отсчитанное вдоль силовой линии (знак минус "–" в первом уравнении указывает на то, что вектор напряженности поля направлен в сторону убывания потенциала).

$E = \dfrac{U}{d}$ E – напряженность однородного электрического поля в пространстве между обкладками плоского конденсатора; U - напряжение и d – расстояние между обкладками.

$C = \dfrac{q}{\varphi}$ C - электроемкость уединенного проводника равна заряду, сообщение которого проводнику изменяет его потенциал на единицу.

$C = \dfrac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \dfrac{q}{U}$ C - электроемкость конденсатора равна отношению заряда q, накопленного в конденсаторе, к разности потенциалов (напряжению) между его обкладками.

$C = \dfrac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$ C - электроемкость плоского конденсатора: S - площадь каждой из обкладок, d - расстояние между обкладками.

$C=4\cdot\pi\cdot\varepsilon\cdot\varepsilon_0\cdot R$ C - электроемкость шара радиуса R.

$C=\Sigma C_i$ C - электроемкость батареи конденсаторов при их параллельном соединении, C_i – электроемкость отдельного конденсатора.

$U=U_i$ напряжения на конденсаторах при их параллельном соединении одинаковы.

$q=\Sigma q_i$ q – общий заряд на батарее конденсаторов при их параллельном соединении, q_i – заряд на отдельном конденсаторе.

$\frac{1}{C}=\Sigma\frac{1}{C_i}$ C - электроемкость батареи конденсаторов при их последовательном соединении, C_i – электроемкость отдельного конденсатора.

$U=\Sigma U_i$ U – общее напряжение на батарее конденсаторов при их последовательном соединении, U_i – напряжение на отдельном конденсаторе.

$q=q_i$ заряды на конденсаторах при их последовательном соединении одинаковы.

$W=\frac{q\cdot U}{2}=\frac{C\cdot U^2}{2}=\frac{q^2}{2\cdot C}$ W - энергия заряженного конденсатора: q - заряд, U - напряжение (разность потенциалов), C - электроемкость конденсатора.

$\omega=\frac{\varepsilon\cdot\varepsilon_0\cdot E^2}{2}$ ω - объемная плотность энергии электростатического поля, E - напряженность поля.

$F=\frac{q^2}{2\varepsilon_0\varepsilon S}=\frac{\sigma^2 S}{2\varepsilon_0\varepsilon}=\frac{\varepsilon_0\varepsilon E^2 S}{2}$ F - сила притяжения между двумя разноименно заряженными обкладками плоского конденсатора.

$\frac{m\cdot V_1^2}{2}+q\cdot\varphi_1=$
$=\frac{m\cdot V_2^2}{2}+q\cdot\varphi_2$ закон сохранения энергии при движении заряженной частицы с зарядом q и массой m: V_1 и V_2 - скорости частицы в точках 1 и 2, φ_1 и φ_2 - потенциалы в точках 1 и 2, соответственно.

$I=\frac{q}{t}$ сила тока I равна заряду, протекающему через поперечное сечение проводника в единицу времени.

$I=\frac{dq}{dt}=q'_t$

$j=\frac{I}{S}$ плотность тока j равна силе тока, протекающего через единицу площади поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока.

$\vec{j}=e\cdot n\cdot\vec{V}_{ср}$ направление вектора плотности тока $\vec{j}$ совпадает с направлением упорядоченного движения положительных зарядов, n - концентрация носителей тока, $\vec{V}_{ср}$ - скорость упорядоченного движения зарядов в проводнике (скорость дрейфа), e - заряд носителей тока.

$I=\frac{U}{R}$ закон Ома для (однородного) участка цепи: I - сила тока, U - напряжение на участке цепи равно разности потенциалов, т.е. $U = \varphi_1 - \varphi_2$, R - сопротивление участка цепи.

$R=\frac{\rho \cdot l}{S}$ R - сопротивление однородного линейного проводника длиной l с постоянной площадью поперечного сечения S, ρ - удельное электрическое сопротивление проводника.

$\sigma=\frac{1}{\rho}$ σ - удельная электрическая проводимость вещества, ρ - удельное электрическое сопротивление.

$\rho=\rho_0(1+\alpha t)$

$\alpha=\frac{1}{R}\cdot\frac{\Delta R}{\Delta t}$ зависимость удельного сопротивления ρ от температуры: ρ_0 - удельное сопротивление при 0 °С, α - температурный коэффициент сопротивления равен относительному изменению сопротивления при нагреве на 1 °С (1К).

$R=\Sigma R_i$ R - общее сопротивление цепи при последовательном соединении проводников, R_i- сопротивление i-го проводника.

$U=\Sigma U_i$ U – общее напряжение в цепи последовательно соединенных проводников; U_i – напряжение на сопротивлении R_i.

$I=I_i$ сила тока в цепи последовательно соединенных сопротивлений одинакова на всех проводниках.

$\frac{1}{R}=\sum\frac{1}{R_i}$ R - общее сопротивление цепи при параллельном соединении проводников, R_i - сопротивление i-го проводника.

$U=U_i$ напряжение при параллельном соединении проводников одинакова на всех сопротивлениях

$I=\Sigma I_i$ I – общая сила тока при параллельном соединении проводников; I_i – сила тока на сопротивлении R_i.

$U=\frac{A}{q}$ напряжение U равно работе электрического поля по перемещению единичного электрического заряда на данном участке цепи.

$E=\frac{A_{стор}}{q}$ E - электродвижущая сила (ЭДС), действующая в цепи, равна работе сторонних сил по перемещению единичного положительного заряда.

$I=\frac{E}{R+r}$ закон Ома для замкнутой (полной) цепи: сила тока I в замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС источника и обратно пропорциональна сумме внешнего R и внутреннего r сопротивлений.

$I=\dfrac{\varphi_1-\varphi_2+\mathcal{E}_{12}}{R}$ закон Ома для неоднородного участка цепи (участка цепи с источником тока): $\varphi_1 - \varphi_2$ - разность потенциалов на концах участка цепи, $\mathcal{E}_{12}$ - ЭДС источника (источников) тока, входящего в участок с сопротивлением R. U - напряжение на неоднородном участке цепи не равно разности потенциалов, в этом случае $U \neq \varphi_1 - \varphi_2$.

$U = IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}_{12}$

$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E} = \dfrac{\vec{E}}{\rho}$ закон Ома в дифференциальной форме: j - плотность тока, σ - удельная электропроводность, ρ - удельное сопротивление, E - напряженность электростатического поля.

$\Sigma I_K = 0$ первое правило Кирхгофа: алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю.

$\sum I_к \cdot R_к = \sum \mathcal{E}_i$ второе правило Кирхгофа: для любого замкнутого контура разветвленной электрической цепи алгебраическая сумма произведений сил токов $I_к$ на сопротивления $R_к$ соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме ЭДС $\mathcal{E}_i$ в этом контуре.

$I=\dfrac{n \cdot \mathcal{E}}{n \cdot r + R}$ закон Ома для замкнутой цепи при последовательном соединении n одинаковых источников тока: n - число источников тока, r - внутреннее сопротивление каждого из источников, $\mathcal{E}$- ЭДС отдельного источника, R - внешнее сопротивление цепи.

$I=\dfrac{\varepsilon}{\frac{r}{n} + R}$ закон Ома для замкнутой цепи при параллельном соединении n одинаковых источников тока.

$R_Ш=\dfrac{R_A}{n-1}$ расчет сопротивления шунта $R_Ш$ для расширения верхнего предела измерения амперметра в $n=\dfrac{I}{I_0}$ раз, R_A - сопротивление амперметра.

$R_{доб}= R_V \cdot (n-1)$ расчет добавочного сопротивления $R_{доб}$ для расширения верхнего предела измерения вольтметра в $n=\dfrac{U}{U_0}$ раз, R_V - сопротивление вольтметра.

$A=I\cdot U\cdot t=I^2\cdot R\cdot t=\frac{U^2}{R}\cdot t$ A - работа постоянного тока: I - сила тока в цепи, U - напряжение на участке цепи с сопротивлением R, t - время.

$P=\frac{A}{t}=I\cdot U=I^2\cdot R=\frac{U^2}{R}$ P - мощность тока.

$Q=I^2\cdot R\cdot t=\frac{U^2}{R}\cdot t=I\cdot U\cdot t$ закон Джоуля-Ленца: Q - количество теплоты, выделяющейся на участке цепи с сопротивлением R за время t.

$\omega=j\cdot E=\sigma\cdot E^2$ закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме: ω - удельная тепловая мощность тока (количество теплоты, выделяющейся в единицу времени в единице объема), σ - удельная электропроводность, j - плотность тока, E - напряженность электростатического поля.

$m=k\cdot q=$ $=k\cdot I\cdot t$ первый закон Фарадея для электролиза: масса вещества m, выделившаяся на электроде, пропорциональна заряду q, прошедшему через электролит, I - сила постоянного тока, протекавшего за время t, k - электрохимический эквивалент вещества.

$k=\frac{1}{F}\cdot\frac{A}{n}$ второй закон Фарадея: электрохимический эквивалент k пропорционален химическому эквиваленту $\frac{A}{n}$, A - атомная (молярная) масса данного химического элемента, n - его валентность, F - постоянная Фарадея.

$j_H=N\cdot q\cdot d$ j_H - плотность тока насыщения в газе: N - число пар ионов, возникающих в единице объема в единицу времени, d - расстояние между электродами, q - заряд ионов (в частном случае q = e = элементарному заряду).

$\eta=\frac{U}{\mathcal{E}}=\frac{R}{R+r}$ η - коэффициент полезного действия (КПД) источника тока: R - внешнее сопротивление, r - внутреннее сопротивление, $\mathcal{E}$ - ЭДС источника, U - напряжение на R.

$P_{max}=\frac{\mathcal{E}^2}{4\cdot r}$ P_{max} - максимальная полезная мощность источника тока: $\mathcal{E}$ - ЭДС источника, r - внутреннее сопротивление источника. При этом внешнее сопротивление R=r.

$r^2=R_1\cdot R_2$ соотношение между внутренним сопротивлением r источника и внешними сопротивлениями R_1 и R_2, когда мощности, выделяемые на R_1 и R_2, одинаковы (R_1 и R_2 подключаются поочередно).

$\eta = 1 - \frac{P \cdot R}{U^2}$ η - КПД линии электропередачи: P - мощность, развиваемая источником при напряжении U на зажимах источника, R – сопротивление линии передачи (сопротивление проводов).

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot \left[d\vec{l} \cdot \vec{r}\right]}{4 \cdot \pi \cdot r^3}$$
$$dB = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot dl \cdot \sin\alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

закон Био-Савара-Лапласа: $d\vec{B}$ - магнитная индукция поля, создаваемая элементом длины dl проводника с током I в вакууме, $\vec{r}$ - радиус-вектор от $d\vec{l}$ в точку наблюдения, α - угол между $d\vec{l}$ и $\vec{r}$, μ_0 - магнитная постоянная.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot q \cdot [\vec{v} \cdot \vec{r}]}{4 \cdot \pi \cdot r^3}$$
$$B = \frac{\mu_0 \cdot q \cdot v \cdot \sin\alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$\vec{B}$ - индукция магнитного поля свободно движущегося в вакууме заряда q с нерелятивистской скоростью $\vec{v}$: $\vec{r}$ - радиус-вектор, проведенный от заряда к точке наблюдения; α - угол между векторами $\vec{v}$ и $\vec{r}$.

$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot R}$ B - индукция магнитного поля в центре кругового проводника, находящегося в вакууме: R - радиус витка, I - сила тока в проводнике.

$B = \mu_0 \cdot \frac{I}{2 \cdot \pi \cdot b}$ B - индукция магнитного поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током I в вакууме, b - расстояние от оси проводника до точки наблюдения.

$B = \mu_0 \cdot \frac{N}{l} \cdot I$ B - индукция магнитного поля внутри (длинного) соленоида, находящегося в вакууме: l - длина соленоида, N - число витков.

$B = \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot r}$ B - индукция магнитного поля внутри тороида, находящегося в вакууме, N - число витков, r - расстояние от оси до средней линии тороида, I - сила тока, μ_0 - магнитная постоянная.

$\vec{B} = \sum \vec{B}_i$ принцип суперпозиции (наложения) магнитных полей: $\vec{B}$ - магнитная индукция результирующего поля; $\vec{B}_i$ - магнитные индукции складываемых полей.

$$\vec{F}_A = I \cdot \left[\Delta \vec{l} \cdot \vec{B}\right]$$
$$F_A = I \cdot \Delta l \cdot B \cdot \sin\alpha$$

закон Ампера: F_A - сила Ампера, действующая на участок проводника длины Δl с током I, помещенный в магнитное поле с индукцией B, α - угол между направлением отрезка $\Delta \vec{l}$ проводника с током и $\vec{B}$, направление $\Delta \vec{l}$ совпадает с направлением тока.

$F = \frac{\mu \cdot \mu_0}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{2 \cdot I_1 \cdot I_2}{R} \cdot l$ сила взаимодействия двух прямых прямолинейных бесконечных параллельных проводников с токами I_1 и I_2: R -расстояние между проводниками; l - длина одного из проводников, на которую действует сила F; μ - магнитная проницаемость окружающей среды; μ_0 - магнитная постоянная.

$\vec{P}_m = N \cdot I \cdot S \cdot \vec{n}$ $P_m = N \cdot I \cdot S$	P_m - магнитный момент плоского контура с током I и площадью S: $\vec{n}$ - единичный вектор нормали к поверхности рамки, N - число витков рамки.
$\vec{M} = \left[\vec{P}_m \cdot \vec{B}\right]$ $M = P_m \cdot B \cdot \sin\alpha$	M - механический момент сил, действующий на плоский контур с током, помещенный в однородное магнитное поле с индукцией B: P_m - магнитный момент рамки с током, α - угол между нормалью $\vec{n}$ к плоскости контура и вектором $\vec{B}$.
$\vec{F}_л = q \cdot \left[\vec{V} \cdot \vec{B}\right]$ $F_л = q \cdot V \cdot B \cdot \sin\alpha$	сила Лоренца (магнитная составляющая): $F_л$ - сила, действующая на электрический заряд q, движущийся в магнитном поле с индукцией B со скоростью V, α - угол между $\vec{V}$ и $\vec{B}$.
$\vec{F}_л = q\vec{E} + q \cdot \left[\vec{V} \cdot \vec{B}\right] =$ $= \vec{F}_{эл} + \vec{F}_{магн}$	общее выражение для силы Лоренца $\vec{F}_л$ при наличии в пространстве электрического (с напряженностью $\vec{E}$) и магнитного (с индукцией $\vec{B}$) полей. $\vec{F}_л$ - складывается из электрической $\vec{F}_{эл}$ и магнитной $\vec{F}_{магн}$ составляющих (слагаемых).

$R = \frac{mv}{qB}$ $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$	R – радиус окружности и T – период обращения заряженной частицы с зарядом q и массой m, влетевшей со скоростью v в однородное магнитное поле с индукцией B нормально к линиям индукции.

$R = \frac{mv \cdot \sin\alpha}{qB}$ $T = \frac{2\pi R}{v \cdot \sin\alpha} = \frac{2\pi m}{qB}$ $h = vT\cos\alpha = \frac{2\pi m}{qB} \cdot v \cdot \cos\alpha$ $v = \frac{qB}{m}\sqrt{R^2 + \left(\frac{h}{2\pi}\right)^2}$	R – радиус окружности, T – период обращения и h – шаг спирали, по которой движется заряженная частица с зарядом q и массой m, влетевшая в однородное магнитное поле с индукцией B со скоростью $\vec{v}$, составляющей угол α с линиями индукции, т.е. с вектором $\vec{B}$. v=v(R,h) - выражение скорости v заряженной частицы через радиус окружности R и шаг спирали h.

$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha$ $\Phi = B_n \cdot S$	Ф - магнитный поток (поток магнитной индукции) через площадку S: α - угол между вектором $\vec{B}$ и нормалью $\vec{n}$ к площадке, $B_n = B \cdot \cos\alpha$ - проекция вектора $\vec{B}$ на $\vec{n}$.
$A = I \cdot \Delta\Phi$	работа по перемещению проводника с током в магнитном поле

$E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$E = -\frac{d\Phi}{dt} = -\Phi'_t$

закон Фарадея (основной закон электромагнитной индукции): ЭДС индукции в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром.

$E = -N\frac{d\Phi}{dt} = -N\Phi'_t$ — E - ЭДС индукции в рамке с числом витков N.

$E = B \cdot l \cdot v = \varphi_1 - \varphi_2$ — разность потенциалов (ЭДС индукции), возникающая на концах прямолинейного отрезка проводника длиной l при его движении в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной линиям индукции $\vec{B}$, со скоростью $\vec{v}$; $\vec{v}$ - перпендикулярна проводнику.

$q = \frac{\Delta\Phi}{R}$ — q - величина заряда, протекающего в замкнутом контуре с сопротивлением R при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром, на $\Delta\Phi$.

$\Phi = L \cdot I$ — Ф - магнитный поток, создаваемый током I в контуре с индуктивностью L.

$E_c = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$

$E_c = -L \cdot \frac{dI}{dt} = -L \cdot I'_t$

E_c - ЭДС самоиндукции пропорциональна скорости изменения силы тока в контуре, L - индуктивность контура.

$\mu = \frac{B}{B_0}$ — μ - магнитная проницаемость вещества показывает, во сколько раз индукция результирующего поля в магнетике больше индукции внешнего поля B_0 (поля, создаваемого намагничивающим током в вакууме); μ=1 для вакуума.

$\vec{B} = \mu \cdot \mu_0 \cdot \vec{H}$ — $\vec{B}$ - магнитная индукция в случае однородной изотропной среды, Н - напряженность магнитного поля, μ_0 - магнитная постоянная, μ - магнитная проницаемость среды.

$L = \mu \cdot \mu_0 \cdot N^2 \cdot \frac{S}{l}$ — L - индуктивность соленоида, N - число витков, l - длина соленоида, S - его площадь поперечного сечения, V=S·L – объем соленоида.

$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$ — W - энергия магнитного поля, создаваемого током I в замкнутом контуре с индуктивностью L.

$\omega=\dfrac{B^2}{2\cdot\mu\cdot\mu_0}=\dfrac{\mu\cdot\mu_0\cdot H^2}{2}=\dfrac{B\cdot H}{2}$ ω - объемная плотность энергии однородного магнитного поля (энергия магнитного поля в единице объема).

$k=\dfrac{N_1}{N_2}=\dfrac{U_1}{U_2}$ k - коэффициент трансформации трансформатора, N_2 и N_1- число витков во вторичной и первичной обмотках, U_2 и U_1- напряжения на обмотках в режиме холостого хода.

$x(t)=A\cdot\cos(\omega_0 t+\alpha)$ кинематическое уравнение гармонических колебаний: x - смещение колеблющейся точки из положения равновесия, A - амплитуда, ω_0 - круговая (циклическая) частота, α - начальная фаза, t - время, $(\omega_0 t+\alpha)$ - фаза колебаний

$\dfrac{d^2x}{dt^2}+\omega_0^2 x=0$ дифференциальное уравнение гармонических колебаний; ω_0- циклическая частота.

$x''_{tt}+\omega_0^2 x=0$

$T=\dfrac{t}{N}=\nu^{-1};\ \nu=\dfrac{N}{t}$ T – период колебаний равен времени совершения одного колебания; ν - частота колебаний; N – число полных колебаний за время t.

$T=\dfrac{2\pi}{\omega_0},\ \nu=\dfrac{\omega_0}{2\pi}$ T и ν - период и частота гармонических колебаний, ω_0 - циклическая частота.

$V(t)=\dfrac{dx}{dt}=x'_t=-A\cdot\omega_0\cdot\sin(\omega_0 t+\alpha)=A\cdot\omega_0\cdot\cos(\omega_0 t+\alpha+\dfrac{\pi}{2})$ V - скорость колеблющейся точки.

$a(t)=\dfrac{dV}{dt}=V'_t=-A\cdot\omega_0^2\cdot\sin\left(\omega_0 t+\alpha+\dfrac{\pi}{2}\right)=A\cdot\omega_0^2\cdot\cos(\omega_0 t+\alpha+\pi)$ a - ускорение колеблющейся точки.

$F=-m\cdot\omega_0^2\cdot x$ F - упругая (квазиупругая) сила, действующая на колеблющуюся материальную точку массой m, x - смещение колеблющейся точки из положения равновесия.

$T=2\cdot\pi\cdot\sqrt{\dfrac{l}{g}}$ T - период колебаний математического маятника, l - длина маятника, g - ускорение силы тяжести.

$F=ma=mx''$, $F=-kx$; $mx''=-kx$; $x''+\dfrac{k}{m}x=0$; второй закон Ньютона для гармонических колебаний пружинного маятника: m - масса груза, подвешенного на пружине с жесткостью k; $F=-k\cdot x$ - сила упругости; ω_0 - циклическая частота.

$$x'' + \omega_0^2 x = 0; \ \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$ T - период колебаний пружинного маятника: m - масса груза, подвешенного на пружине жесткостью k.

$$W_K = \frac{m \cdot V^2}{2} = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2 \cdot \sin^2(\omega_0 t + \alpha)}{2}$$ кинетическая энергия материальной точки, совершающей прямолинейные гармонические колебания.

$$W_П = \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot \omega_0^2 \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2 \cdot \cos^2(\omega_0 t + \alpha)}{2}$$ потенциальная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания под действием упругой силы F.

$$W = W_K + W_П = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$ полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.

$$V = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T}$$ связь между скоростью волны V, длиной волны λ, частотой ν, периодом T;

$V = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$	V – скорость распространения звуковых (акустических) волн в упругой среде, E – модуль Юнга среды и ρ - ее плотность.

$$x(r,t) = A \cdot \cos\omega_0 \left(t - \frac{r}{V}\right) = A \cdot \cos(\omega_0 t - k \cdot r)$$

$$k = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda} = \frac{\omega_0}{V}$$

уравнение плоской прямой (бегущей) волны, распространяющейся в среде без поглощения в сторону положительной полуоси r, k – волновое число.

$$q'' + \frac{1}{LC} q = 0$$

$$q'' + \omega_0^2 q = 0$$

дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний заряда q в контуре; L- индуктивность и C- емкость контура

$q=q_0\cos(\omega_0 t+\alpha)$; $I=\dfrac{dq}{dt}=q'_t=-q_0\omega_0\sin(\omega_0 t+\alpha)$; $I=I_0\cos\left(\omega_0 t+\alpha+\dfrac{\pi}{2}\right)$; $I_0=q_0\omega_0$;	уравнения колебаний заряда q(t) и тока I(t) в LC- контуре; ω_0 - циклическая частота; q_0, I_0, U_0-амплитудные значения заряда, силы тока и напряжения.
$\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$; $q_0=CU_0$; $\dfrac{CU_0^2}{2}=\dfrac{LI_0^2}{2}$;	связь между амплитудными значениями силы тока и напряжения в контуре
$T=\dfrac{2\pi}{\omega_0}=2\cdot\pi\cdot\sqrt{L\cdot C}$	T - период колебаний электрического контура (формула Томсона).

$W=\dfrac{LI^2}{2}+\dfrac{CU^2}{2}=\dfrac{LI_0^2}{2}=\dfrac{CU_0^2}{2}$	Полная электромагнитная энергия контура равна сумме энергий электрического и магнитного полей. Она также равна максимальной энергии электрического или магнитного полей.

$\lambda_0=cT=\dfrac{c}{\nu_0}$; $\nu_0=\dfrac{\omega_0}{2\pi}$	связь между скоростью распространения электромагнитной волны в вакууме с (скоростью света в вакууме), длиной волны λ_0, частотой ν_0, периодом T.
$\Phi=N\cdot B\cdot S\cdot\cos\alpha=$ $=N\cdot B\cdot S\cdot\cos\omega t$	Ф - магнитный поток через контур площадью S и числом витков N: ω - циклическая частота вращения рамки; α - угол поворота рамки (угол между индукцией $\vec{B}$ и нормалью $\vec{n}$) в момент времени t; N - число витков.
$E_i=-\Phi_t'=-\dfrac{d\Phi}{dt}=N\cdot B\cdot S\cdot\omega\cdot\sin\omega t$	E_i - ЭДС индукции, возникающая при вращении рамки.
$E_{max}=N\cdot B\cdot S\cdot\omega$	значение максимальной (амплитудной) ЭДС во вращающейся рамке (при sinωt=1).
$X_L=\omega\cdot L$	X_L - (реактивное) индуктивное сопротивление.
$X_C=\dfrac{1}{\omega\cdot C}$	X_C - (реактивное) емкостное сопротивление.
$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$	Z - (импеданс)- полное сопротивление цепи переменного тока, содержащей последовательно

$$Z=\sqrt{R^2+\left(\omega\cdot L-\frac{1}{\omega\cdot C}\right)^2}$$

включенные резистор сопротивлением R, катушку индуктивностью L, конденсатор емкостью C. На концы цепи подается переменное напряжение $U=U_0\cdot\cos\omega t$.

$$I_0=\frac{U_0}{Z}=\frac{U_0}{\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

закон Ома для цепи переменного тока, I_0 - амплитудное значение силы тока в цепи переменного тока, Z - импеданс.

$U_{0R}=I_0R$ $U_{0L}=I_0X_L$ $U_{0C}=I_0X_C$	U_{0R} ,U_{0L}, U_{0C} – амплитудные значения напряжений на активном сопротивлении, катушке индуктивности и конденсаторе, соответственно, в цепи переменного тока.
$U_R=I_0R\cdot\sin\omega t$ $U_C=I_0X_C\cdot\sin(\omega t-\frac{\pi}{2})$ $U_L=I_0X_L\cdot\sin(\omega t+\frac{\pi}{2})$	фазовые соотношения между напряжениями на активном сопротивлении U_R, катушке индуктивности U_L и конденсаторе U_C, соответственно, в цепи переменного тока.

$$tg\varphi=\frac{X_L-X_C}{R}=\frac{\omega L-\frac{1}{\omega\cdot C}}{R}$$

φ - сдвиг фаз между напряжением и силой тока в цепи, содержащей последовательно включенные R, L ,C.

$$P=\frac{U_0\cdot I_0\cdot\cos\varphi}{2}=U_Э\cdot I_Э\cdot\cos\varphi\ ;$$

$$U_э=\frac{U_0}{\sqrt{2}};\quad I_э=\frac{I_0}{\sqrt{2}};\cos\varphi=\frac{R}{Z};$$

P - средняя мощность, выделяемая в цепи переменного тока: cosφ - коэффициент мощности, (φ - сдвиг фаз между U и I), U_0 и I_0- амплитудные значения, $U_Э$ и $I_Э$- действующие (эффективные) значения напряжения и силы переменного тока, соответственно.

$$C=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\cdot\mu_0}}$$

C - скорость света в вакууме (электродинамическая постоянная), ε_0 - электрическая постоянная, μ_0 - магнитная постоянная.

$$V=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\cdot\mu_0}}\cdot\frac{1}{\sqrt{\varepsilon\cdot\mu}}=\frac{C}{\sqrt{\varepsilon\cdot\mu}}$$

V - скорость распространения света (электромагнитной волны) в среде: ε и μ - электрическая и магнитная проницаемости среды.

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}=n_{21}$$

закон преломления света: отношение синуса угла падения (α) к синусу угла преломления (β) есть величина постоянная для данных сред.