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 11 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 11 класса заочной физико-технической школы / А.А. Чакак. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 68 с.**

Методические указания предназначены для учащихся 11 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!

Вам предстоит выполнить задания по физике, и мы надеемся, что Вы успешно справитесь с этой нелегкой задачей. Перед началом работы Вам следует внимательно изучить изложенные ниже правила и руководствоваться ими при выполнении заданий.

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, который указан в скобках после номера задачи.

П р и м е р. Номер 2.5(3) имеет 5-я задача 2-го задания, 3-го уровня сложности.

Первый уровень сложности имеют наиболее простые задачи. С усложнением номер уровня повышается, но даже для задач максимального 5-го уровня сложности решение не требует знаний, выходящих за рамки школьного курса физики.

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.

Задание 1

Задание содержит 5 разделов:

Раздел А (1) – 2 задачи
Раздел B (3) – 7 задач
Раздел C (3) – 8 задач
Раздел D (2) – 5 задач
Раздел E (0) – 3 задачи

Цифра в скобках указывает на количество задач, которые Вы ***обязательно*** должны решить в этом разделе.

Номера нескольких задач подчеркнуты:

1.1 (2) – раздел А
1.8 (3) – раздел B
1.15 (3) – раздел C
1.21(3) – раздел D

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

Таким образом, Вам предлагается решить:

Из Раздела А задачу 1.1;
Из Раздела B задачу 1.8 и две задачи по Вашему выбору;
Из Раздела C задачу 1.15 и две задачи по Вашему выбору;
Из Раздела D задачу 1.21 и одну задачу по Вашему выбору;
В Разделе E обязательных задач нет.

Итак, Вы уже имеете список из 9 задач, оставшуюся вакансию Вы можете заполнить задачей из любого раздела по своему желанию.

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 и к ЕГЭ, к вступительным экзаменам в вуз 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;

– закон электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца;

– вынужденные электрические колебания. Активное, емкостное и индуктивное сопротивления. Резонанс в электрической цепи;

– закон радиоактивного распада.

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;

– при расчете цепей, содержащих электродвигатель, не учитывают ЭДС индукции, возникающую при вращении якоря электромотора;

– совершают ошибки при определении хода лучей в призмах и тонких линзах из-за неумелого применения, соответственно, законов преломления и формулы тонкой линзы;

– неспособность решать задачи, требующие комбинированного использования знаний по нескольким разделам;

– некоторые учащиеся 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;
- логарифмирование и потенцирование простейших арифметических выражений;
- десятичные приставки к названиям единиц;
- беспомощность при работе с электронными калькуляторами.

1 Задание 1. Кинематика

Раздел А (1)

1.1(2). Автомобиль проехал по маршруту из пункта *A* в пункт *B* и обратно. При движении из *A* в *B* первую половину пути автомобиль имел скорость v_1=60 км/ч, а вторую – v_2=80 км/ч. При возвращении скорость автомобиля была постоянной v_3=70 км/ч, но на маршруте была остановка в течение t=30 мин. Найдите среднюю скорость автомобиля на 1-м (*AB*) и 2-м (*BA*) этапах, а также на всем маршруте, если расстояние между пунктами *A* и *B* равно S=100 км.

1.2(2). Определите траекторию тела, движущегося в плоскости ($x0y$), если уравнение движения в проекциях на координатные оси имеет следующий вид:

$$x=x_0+a\sin(\omega t)$$
$$y=y_0+b\cos(\omega t).$$

Раздел В (3). Относительное движение

1.3(1). Два автомобиля одновременно выходят из пункта *A* и движутся по дорогам, образующим треугольник с углом при вершине *A*, равным α=60° (рисунок 1.1). Скорости, автомобилей v_1 = 60 км/ч и v_2 = 80 км/ч. Автомобили одновременно достигают пунктов *B* и *C* в момент времени t=1 час. Определите время встречи автомобилей в точке *D* с начала движения из точки *A*.

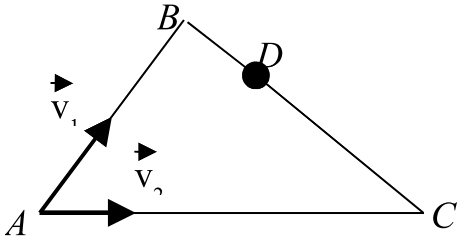

Рисунок 1.1

1.4(2). Сколько времени потребуется вертолету, чтобы облететь квадрат со стороной *a* = 100 км при ветре, дующем со скоростью u=10 м/с? Направление ветра совпадает с одной из сторон квадрата. Скорость вертолета при отсутствии ветра v = 144 км/ч.

1.5(3). Корабль движется на восток со скоростью v. Ветер дует с юго-востока (угол между скоростями 135°). Скорость ветра, измеренная на палубе корабля равна u. Определите скорость ветра, относительно Земли.

1.6(3). Мяч ударяется о вертикальную стенку, движущуюся со скоростью u=2 м/с. Скорость мяча перед ударом равна v=5 м/с и направлена перпендикулярно стенке. Определите скорости мяча сразу после упругого удара для двух случаев движения стенки − навстречу и от мяча. Ответ должен быть получен для исходной системы отсчета, в которой заданы начальные скорости мяча и стенки.

1.7(2). Самолет движется вдоль отвесной стены. Под каким углом к направлению движения самолета пилот слышит эхо, отраженное от этой стены?

Этот угол образован векторами скорости самолета и отраженной звуковой волны. Скорость звука v=340 м/с, скорость самолета u=720 км/ч.

1.8(3). С катера, двигавшегося вверх по реке, спустили спасательный круг в тот момент времени, когда он проплывал под мостом. Через время τ=1 час после этого мотор катера заглох. Ремонт мотора продолжался t=15 мин., во время которого катер дрейфовал по течению. После ремонта катер повернул обратно и двигался с прежней относительно воды скоростью. Катер встретил спасательный круг на расстоянии L=6 км от моста. Определите скорость течения реки.

1.9(4). Два тела движутся с постоянными скоростями по взаимно перпендикулярным прямым. Скорость первого тела v_1=3 м/с, второго тела – v_2=4 м/с. В момент времени, когда расстояние между телами наименьшее, первое тело находится на расстоянии S_1=60 м от точки пересечения прямых. На каком расстоянии S_2 от точки пересечения прямых находится в этот момент второе тело?

Раздел С (3). Равноускоренное движение

1.10(2). Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, прошло некоторый путь. Чему равно отношение средней скорости движения тела на второй половине пути к средней скорости на первой половине?

1.11(3). Первый вагон, тронувшегося с места поезда, прошел мимо неподвижного наблюдателя, стоявшего у начала этого вагона, за время t_1, а последний вагон за время t_2. Движение поезда можно считать равноускоренным, а длины вагонов одинаковыми. Найдите время движения мимо наблюдателя всего поезда и количество вагонов в поезде.

1.12(2). Из одной точки пространства одновременно вылетают две частицы с горизонтальными, противоположно направленными скоростями =-. Величины скоростей $|\bar{v}_1| = |\bar{v}_2|$ =v=15 м/с. Ускорение свободного падения равно g=10 м/с^2. Через какой промежуток времени угол между направлениями скоростей этих частиц станет равным α=90°?

1.13(2). Свободно падающее тело в последнюю секунду своего движения проходит половину всего пути. Определите время падения и высоту, с которой тело падало без начальной скорости.

1.14(1). Под каким углом к горизонту нужно бросить тело, чтобы максимальная высота его подъема была в *n*=2 раза больше его дальности полета?

1.15(3). С поверхности Земли брошено вертикально вверх тело со скоростью v_0=14,7 м/с. Средняя скорость тела изменяется с течением времени движения. Определите, в какой момент времени (t > 0) величина мгновенной скорости совпадает со средней скоростью. Как в этот момент направлена мгновенная скорость?

1.16(3). Мальчик, находясь на расстоянии L=12 м перед забором высотой H=6 м, бросает камень с высоты h=1,5 м под углом α=45° к горизонту. С какой минимальной скоростью надо бросить камень, чтобы он перелетел через забор?

1.17(4). Под каким углом к горизонту необходимо бросить камень с обрывистого берега реки, чтобы он упал в воду возможно дальше от берега? Высота обрыва H=10 м, начальная скорость камня v_0=10 м/с.

Раздел D (2). Криволинейное движение

1.18(1). Линейная скорость точек обода вращающегося диска v_1=10 м/с, а точек, находящихся на L=20 см ближе к оси вращения, v_2=6 м/с. Определите угловую скорость вращения и радиус диска.

1.19(3). Мальчик держит один конец доски длиной L, а другой ее конец лежит на цилиндре радиуса R (рисунок 1.2). Мальчик начинает двигаться вперед, в результате чего цилиндр катится без скольжения по горизонтальной плоскости. Скольжение доски по цилиндру также отсутствует. Какой путь должен пройти мальчик, чтобы достичь цилиндра? Размерами цилиндра по сравнению с длиной доски можно пренебречь (R<<L).

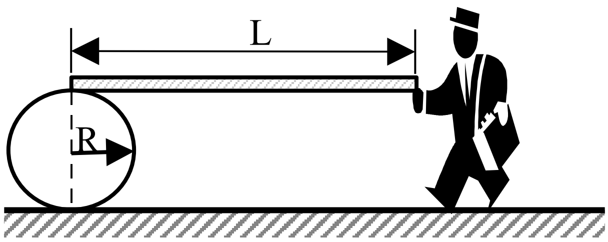

Рисунок 1.2

1.20(4). Шарик радиуса R катится со скоростью v_0 по двум рельсам, расположенным на расстоянии *a* друг от друга. Проскальзывание между шариком и рельсами отсутствует. Определите скорости точек *A* и *B* относительно рельсов (рисунок 1.3).

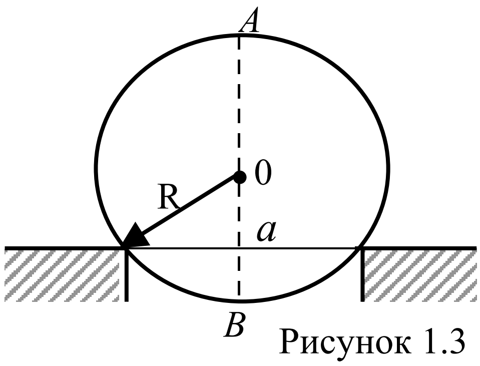

Рисунок 1.3

1.21(3). Точка движется по окружности со скоростью, величина которой меняется со временем t по закону v=b· t, где b=2 м/с^2. Определите величину полного ускорения и угол между векторами скорости и полного ускорения в момент времени, когда точка совершит первый оборот после начала движения.

1.22(2). Тело брошено под углом α=45° к горизонту. Найдите отношение радиусов кривизны траектории в момент броска и в момент достижения телом максимальной высоты подъема.

Раздел E (0)

1.23(4). Человек, стоящий на мосту, тянет с помощью каната находящуюся на воде лодку. Скорость, с которой человек выбирает канат, постоянна и равна v=0,2 м/с. Найдите скорость, ко-

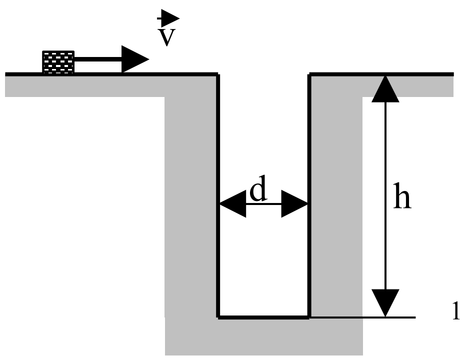

Рисунок 1.4

торую будет иметь лодка в момент времени, когда угол между канатом и поверхностью воды равен $\alpha=30°$.

1.24(4). Небольшое тело скользит со скоростью v=5 м/с по гладкой горизонтальной поверхности, приближаясь к щели, образованной двумя отвесными вертикальными стенками, которые расположены на расстоянии d=10 см друг относительно друга (рисунок 1.4). Скорость тела перпендикулярна стенкам, глубина щели h=1 м. Сколько раз упруго столкнется тело со стенками до момента падения на дно щели? Размерами тела по сравнению с величиной d можно пренебречь.

1.25(5). На гладкую неподвижную плоскость с углом наклона α налетает стальной шарик под углом β к плоскости (рисунок 1.5). При каком значении β шарик сможет вернуться в точку его первого удара о плоскость, если между первым и последним ударом шарик еще *n* раз столкнется с плоскостью? Все соударения шарика с плоскостью считать упругими.

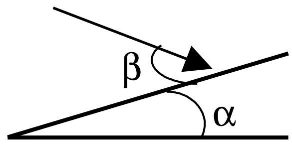

Рисунок 1.5

2 Задание 2. Динамика

Раздел А (2). Динамика прямолинейного движения

2.1(1). Три груза массой m=0,5 кг каждый соединены невесомыми пружинками и подвешены на нити (рисунок 2.1). Найдите ускорение каждого груза сразу после пережигания нити.

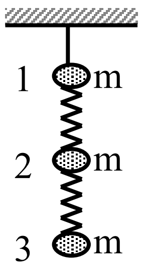

Рисунок 2.1

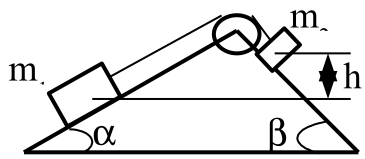

Рисунок 2.2

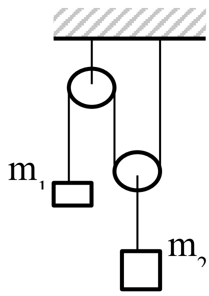

Рисунок 2.3

2.2(3). Два груза с массами $m_1=m_2=1$ кг связаны между собой нитью, перекинутой через блок. Грузы лежат на плоскостях, расположенных под углами $\alpha=30°$ и $\beta=60°$ к горизонту (рисунок 2.2). Правый груз находится выше левого на h=0,5 м. Определите через какой промежуток времени после начала движения грузы окажутся на одной высоте. Трение между грузами и плоскостями отсутствует. Нить нерастяжима.

2.3(3). Определите величины и направления ускорений грузов в системе, изображенной на рисунок 2.3. Массы грузов $m_1=1$ кг и $m_2=1{,}5$ кг. Массой блоков и нитей можно пренебречь, растяжение нитей и трение в блоках отсутствует.

2.4(2). Тело тянут за нить так, что оно движется по горизонтальной плоскости с постоянной скоростью ($\neq 0$). Коэффициент трения между телом и плоскостью μ=0,4. Определите угол наклона нити к плоскости, при котором ее натяжение будет минимальным.

2.5(3). На плоскости, образующей угол α=15° с горизонтом, лежит шайба массой m = 100 г (рисунок 2.4). Какую минимальную силу необходимо приложить к шайбе в горизонтальном направлении вдоль плоскости, чтобы сдвинуть шайбу? Коэффициент трения между шайбой и плоскостью μ=0,4.

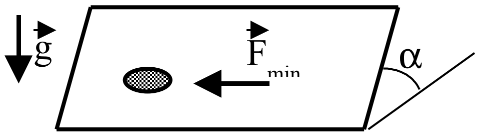

Рисунок 2.4

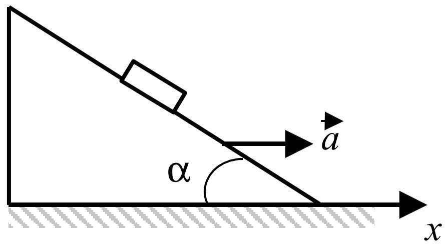

Рисунок 2.5

2.6(4). На грань призмы, образующей угол α=30° с горизонтом, положили некоторое тело (рисунок 2.5). Коэффициент трения между телом и призмой μ=0,3. Призму перемещают с постоянным ускорением, направленным вдоль оси $0x$. Определите минимальное и максимальное значения ускорения, при котором тело не будет скользить относительно призмы ни вверх, ни вниз.

Раздел В (1). Динамика криволинейного движения

2.7(2). Груз, подвешенный на нити, отклоняют на угол α и отпускают без начальной скорости. В момент времени, когда нить расположена строго вертикально, ее натяжение в n=2 раза больше силы тяжести, действующей на груз. Определите значение угла α.

2.8(2). На диске, который вращается вокруг вертикальной оси, лежит маленькая шайба массой m=100 г. Шайба соединена с помощью горизонтальной пружины с осью диска. Если угловая скорость диска не превышает величины ω_1=10 рад/с, пружина находится в недеформированном состоянии. При медленном увеличении угловой скорости до величины ω_2=30 рад/с пружина удлиняется в n=1,5 раза. Определите коэффициент жесткости (k) пружины.

2.9(3). На нити длиной L=0,5 м подвешен груз. Определите минимальную горизонтальную скорость, которую необходимо сообщить грузу, чтобы он сделал полный оборот по окружности.

2.10(2). На полюсе некоторой планеты тело весит в n=1,5 раза больше, чем на экваторе. Период обращения планеты вокруг собственной оси равен T=2 часа. Определите плотность планеты, предполагая, что она имеет форму идеального шара. Численное значение гравитационной постоянной равно $G=6{,}67\cdot 10^{-11}$ Н$\cdot$ м^2/кг^2.

2.11(5). Тело, находящееся на вершине полусферы радиуса R=1 м, начинает соскальзывать по ней без трения. Начальная скорость тела равна нулю. Определите, на какой высоте тангенциальное ускорение скольжения совпадает по величине с нормальным ускорением.

Раздел С (2). Законы сохранения

2.12(1). Ракета, запущенная вертикально вверх, взрывается в высшей точке своего подъема на высоте H=100 м. При взрыве образуются 4 осколка, два из которых имеют начальные скорости, направленные вертикально, а два других имеют начальные скорости, направленные горизонтально (рисунок 2.6). Величины всех скоростей одинаковы $v_1=v_2=v_3=v_4=25$ м/с. Массы осколков 1 и 2 равны $m_1=m_2=2$ кг, а массы осколков 3 и 4 равны $m_3=m_4=3$ кг. Определите скорости всех осколков при падении на Землю. Сопротивлением воздуха следует пренебречь.

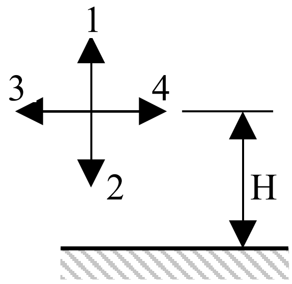

Рисунок 2.6

2.13(3). На озере находится лодка, обращенная кормой к ближайшему берегу. Человек в лодке переходит с кормы на нос. Как изменится при этом расстояние между человеком и берегом? Масса человека m=75 кг, масса лодки M=150 кг, ее длина L=2,4 м.

2.14(3). Тело массой m=0,2 кг налетает на покоящееся тело и после упругого столкновения отскакивает от него под прямым углом к первоначальному направлению движения со скоростью, в n=2 раза меньше начальной. Определите массу второго тела.

2.15(5). На высоте h=1 м над горизонтальной плитой находится большое количество маленьких шариков массой m=1 г. В случайные моменты времени их начинают отпускать без начальной скорости. Столкновения шариков с плитой являются упругими. Определите установившееся давление, которое испытывает плита, если средняя плотность шариков над ней $n=10$ м$^{-3}$.

2.16(2). Сила F=12 Н, действовавшая на покоящееся в начальный момент тело в течение $t=2\cdot 10^{-2}$ с, сообщила ему кинетическую энергию E_1=4 Дж. Определите кинетическую энергию второго такого же тела по прошествии того же времени, если начальная скорость тела v_0=10 м/с, а сила действует в направлении этой скорости.

2.17(2). Два одинаковых тела, движущиеся с одинаковыми по величине скоростями, сталкиваются абсолютно неупруго. Какой угол был между скоростями тел до удара, если в результате столкновения кинетическая энергия уменьшилась на η=25 %?

2.18(4). Пуля массой m=5 г, летящая вертикально вверх, пробивает лежавшую на подставках доску массой M=0,25 кг (рисунок 2.7), после чего поднимается на максимальную высоту H=50 м над уровнем подставок. Величина начальной скорости пули v=200 м/с. Определите высоту, на которую подпрыгнет доска. Толщиной доски можно пренебречь.

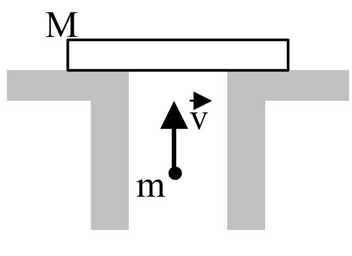

Рисунок 2.7

Раздел D (1). Работа сил трения

2.19(4). Брусок массой m=0,1 кг находится на левом конце доски, масса которой M=1 кг, а длина L=0,5 м (рисунок 2.8). Коэффициент трения между бруском и доской μ=0,5. Доска находится на гладкой горизонтальной поверхности и может перемещаться по ней без трения. Летевшая горизонтально пуля попадает в брусок и застревает в ней. Масса пули m_1=5 г. Определите минимальную скорость пули, при которой брусок сможет соскользнуть с доски. Размерами бруска можно пренебречь.

2.20(3). На горизонтальной поверхности лежит тело массой m=0,2 кг, прикрепленное невесомой пружиной к вертикальной плоскости (рисунок 2.9). В начальный момент времени пружина не деформирована. На тело начинает действовать постоянная сила величиной F=2 Н. Определите максимальное смещение тела от начального положения, если коэффициент упругости пружины k=50 Н/м, а коэффициент трения между телом и поверхностью μ = 0,4.

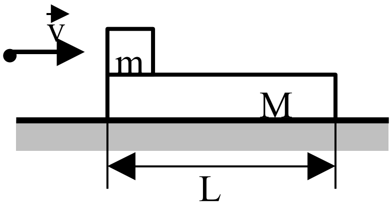

Рисунок 2.8

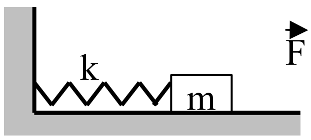

Рисунок 2.9

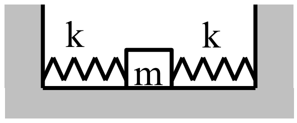

Рисунок 2.10

2.21(3). Тело массы m=1,0 кг прикреплено двумя одинаковыми пружинами к вертикальным стенкам и совершает колебания, двигаясь прямолинейно по горизонтальной поверхности (рисунок 2.10). Величины двух последовательных отклонений от положения равновесия вправо и влево равны соответственно S_1=10 см и S_2=8 см. Определите коэффициент трения μ тела о поверхность, если жесткость каждой пружины k=100 Н/м.

2.22(5). Канат, длина которого L=1 м, наполовину свешивается со стола, высота которого больше L. Коэффициент трения между канатом и столом μ=0,4. Канат начинает соскальзывать без начальной скорости. Определите скорость каната в момент времени, когда его конец соскользнет со стола.

Раздел E (1)

2.23(1). Определите во сколько раз вес человека в лифте, движущемся с ускорением вверх, больше веса в лифте, движущемся с ускорением вниз. В обоих случаях величина ускорения *a*=3 м/с^2.

2.24(3). Для растяжения каждой из двух пружин на *x*=1 см необходимо приложить соответственно силы F_1=1 Н и F_2=2 Н. Какую силу необходимо приложить к последовательно соединенным пружинам, чтобы их суммарное удлинение было таким же?

2.25(2). Брусок массой m = 2 кг и длиной L = 0,5м лежит слева от прямой разделяющей две поверхности (рисунок 2.11). Определите минимальную работу, которую должна совершить горизонтально направленная сила , чтобы перетащить брусок с

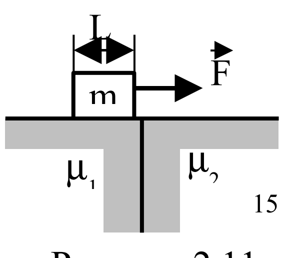

Рисунок 2.11

левой поверхности на правую. Коэффициент трения между бруском и поверхностями $\mu_1 = 0{,}6$ и $\mu_2 = 0{,}3$.

3 Задание 3. Статика. Гидростатика. Молекулярная физика и термодинамика

Раздел А (1). Статика

3.1(3). Невесомый стержень, опирающийся на неподвижную призму, находится в равновесии, если к его левому концу прикреплен груз массой M=3 кг, а к правому - два груза с массами m_1=2 кг и m_2=1 кг соответственно. На какое расстояние, и в каком направлении необходимо сместить точку опоры, если грузы m_1 и m_2 будут подвешены на нерастяжимой нити к невесомому блоку, прикрепленному к правому концу (рисунок 3.1), и начнут двигаться? Длина стержня L=0,5 м.

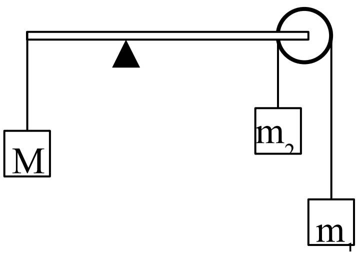

Рисунок 3.1

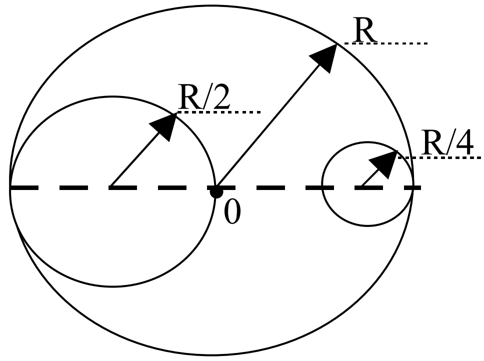

Рисунок 3.2

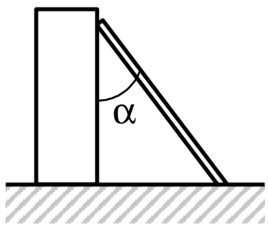

Рисунок 3.3

3.2(2). Определите положение центра тяжести однородного диска радиуса R с двумя вырезанными кругами (рисунок 3.2). Круги, лежащие на одном диаметре, касаются граничной окружности диска и имеют радиусы R/2 и R/4.

3.3(5). Тонкая доска прислонена к брусу, масса которого в *n* раз больше массы доски (рисунок 3.3). Коэффициенты трения между доской и поверхностью μ_1, между брусом и поверхностью μ_2. Трение между доской и брусом отсутствует. Определите, при каких значениях угла α система находится в равновесии. При решении предположите, что брус не может опрокинуться.

Раздел В (1). Гидростатика

3.4(1). В цилиндрический стакан с площадью сечения S=20 см^2, частично заполненный водой (ρ=1 г/см^3), положили шарик радиуса R=1 см и плотностью ρ_1=0,4 г/см^3. Определите, на сколько поднимется уровень воды в стакане.

3.5(3). Шарик, подвешенный на пружине жесткостью k=50 Н/м, погружен в воду (ρ=1 г/см^3). Плотность шарика ρ_1=2 г/см^3, его объем V=10 см^3. С помощью невесомой нити шарик поднимают вверх настолько медленно, что силами сопротивления воды можно пренебречь. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы поднять шарик до высоты, при которой пружина не будет деформирована. В конечном состоянии шарик остается полностью погруженным в воду.

3.6(5). Тонкостенный стакан переворачивают в воздухе (давление $P_0=10^5$ Па) вверх дном и начинают очень медленно погружать в воду. Определите, на какую глубину нужно погрузить стакан, чтобы он утонул. Глубина погружения отсчитывается от поверхности воды до дна стакана. Стакан имеет форму цилиндра, высотой h=10 см и площадью основания S=25 см^2. Масса стакана m=100 г. При решении объемом стекла можно пренебречь. Плотность воды ρ=1 г/см^3.

Раздел С (3). Молекулярная физика. Законы идеального газа

3.7(1). Определите давление, которое создает один миллиард молекул идеального газа в объеме V=1см^3 при температуре T=300 К.

3.8(2). Идеальный газ массой m=80 г представляет собой некоторое соединение водорода и углерода. Газ находится в объеме V=135 л при давлении $P=10^5$ Па и температуре T=325 К. Определите химическую формулу соединения, если молярная масса молекулярного водорода (H_2) μ_1=2 г/моль, а углерода (С) - μ_2=12 г/моль.

3.9(3). Начиная с некоторого момента времени поверхность, ограничивающая объем газа, поглощает η=20 % молекул, ударяющихся об нее. Определите, во сколько раз изменится давление газа. Уменьшением числа молекул в объеме газа можно пренебречь.

3.10(1). В баллоне находится некоторый идеальный газ. При выпускании из баллона части газа его температура уменьшилась в n=2 раза, а давление уменьшилось в k=3 раза. Какая часть газа была выпущена?

3.11(2). В идеальном газе (m=const) протекает круговой процесс $1\rightarrow2\rightarrow3\rightarrow1$, график которого в координатах P-T изображен на рисунке 3.4. Постройте графики этого процесса в координатах P-V и V-T.

3.12(2). В вертикально стоящем цилиндре под поршнем находится некоторое количество идеального газа с молярной массой μ=4 г/моль. Поршень, имеющий массу M=2 кг и площадь S=0,01 м^2, может свободно (без трения) перемещаться внутри цилиндра. Определите массу газа, если при его нагреве на ΔT=10 °С его объем увеличился на ΔV=0,5 л. Атмосферное давление постоянно и равно $P_0=10^5$ Па.

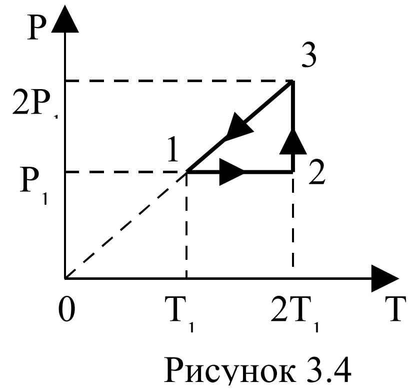

Рисунок 3.4

3.13(4). В закрытом с обоих торцов цилиндре находится идеальный газ при давлении $P=10^5$ Па, разделенный на два одинаковых объема тонким поршнем, который может свободно (без трения) перемещаться. Цилиндр начинает двигаться по горизонтальной плоскости с ускорением *a*=5 м/с^2, направленным по нормали к его торцам. Определите отношение объемов по обе стороны от поршня. Температура газа постоянна. Площадь сечения цилиндра S=10 см^2, масса поршня m=0,1 кг.

3.14(3). Открытую стеклянную трубку длиной L=0,5 м вертикально погружают в воду наполовину. Затем верхний конец трубки закрывают и трубку поднимают. После того, как вся трубка окажется в воздухе, ее переворачивают в горизонтальное положение. Определите расстояние от открытого конца трубки до столбика воды. Температура воздуха в трубке не менялась. Атмосферное давление $P=10^5$ Па. Плотность воды $\rho=1$ г/см^3. Капиллярными эффектами можно пренебречь.

Раздел D (1). Насыщенный пар

3.15(3). Влажный воздух массой m=1,16 кг занимает объем $V=1$ м^3 при температуре T=298 K и давлении $P=10^5$ Па. Давление насыщенных паров при этой температуре $P_н=3{,}19\cdot 10^3$ Па. Определите относительную влажность воздуха. Молярная масса сухого воздуха $\mu=29$ г/моль, молярная масса паров воды $\mu_1=18$ г/моль.

3.16(3). В баллоне объемом V=10 л находится $\nu_1=1$ моль водорода и $\nu_2=1$ моль кислорода при температуре $t_1=0$ °C. В результате взрыва весь водород, соединяясь с кислородом, образует молекулы воды. Установившаяся в баллоне температура $t_2=100$ °C. Определите, во сколько раз изменится давление в баллоне. Давление насыщенного пара при этой температуре $P_н=1{,}013\cdot 10^5$ Па.

3.17(3). В закрытом с обоих торцов горизонтальном цилиндре свободно перемещается невесомый поршень. Объем цилиндра V = 1 л. Слева от поршня вводится m_1 = 1 г воды (μ_1 = 18 г/моль), а справа – m_2 = 0,4 г кислорода (μ_2 = 32 г/моль). Определите отношение объемов V_1/V_2 при температуре t = 100 °C. Давление насыщенного пара при этой температуре $P_н = 1{,}013\cdot 10^5$ Па.

3.18(5). В цилиндрической трубе на расстояниях L и 2L от закрытого торца находятся два поршня, которые могут перемещаться без трения (рисунок 3.5). В левом отсеке находится воздух при давлении P, а в правом пары воды при том же давлении. Давление насыщенных паров воды равно 2P. Правый поршень медленно вдвинули на расстояние *a*, при этом температура воздуха и паров воды оставалась постоянной. Определите, насколько сдвинется левый поршень.

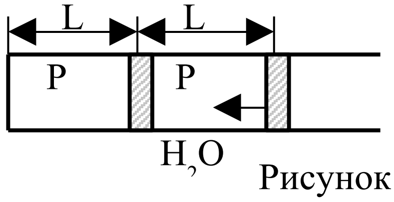

Рисунок 3.5

Раздел E(2). Термодинамика

3.19(1). Определите число степеней свободы молекул идеального газа, если молярная теплоемкость этого газа в изобарном процессе $C_P= 9R/2$.

3.20(2). Идеальный атомарный газ, масса которого m=12 г, расширяется без теплообмена с окружающей средой. В результате этого процесса температура газа уменьшилась на $\Delta T=20$ K. Определите работу, совершенную газом при расширении. Молярная масса газа $\mu=4$ г/моль.

3.21(3). На рисунке 3.6 изображены три процесса $0\to1$, $0\to2$ и $0\to3$, в каждом из которых температура идеального атомарного газа изменяется на одну и ту же величину. Определите, в каких из этих процессов газ получает наибольшее и наименьшее количество теплоты, и найдите отношение этих величин.

3.22(3). Идеальный газ совершает работу, изменяя свое состояние по замкнутому циклу, состоящему из двух изохор и двух изобар (рисунок 3.7). В начальном состоянии (точка 1) температура газа $T_1 = 200$ К, в точке 2 - температура $T_2 = 500$ К. Точки 2 и 4 лежат на одной изотерме. Масса газа m = 100 г, молярная масса μ = 4 г/моль. Определите работу, которую совершает газ за один цикл.

3.23(2). Один моль идеального атомарного газа сначала изобарно расширяется, а затем изохорно нагревается, при этом количество теплоты, сообщенное газу на этих участках, одинаково $Q_1=Q_2=Q=400$ Дж. Начальная температура

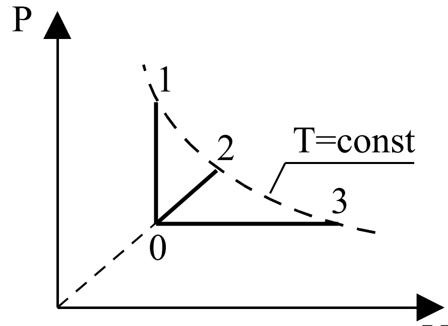

Рисунок 3.6

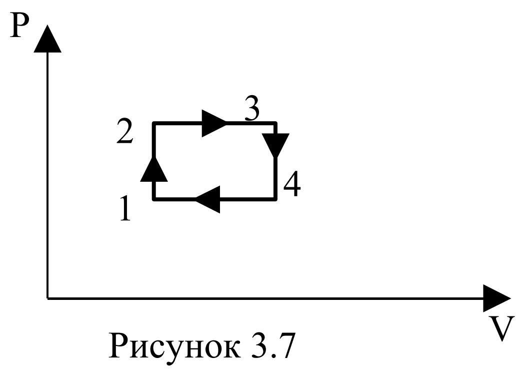

Рисунок 3.7

газа T=300 К. Определите конечную температуру газа и молярную теплоемкость этого процесса.

3.24(3). В вертикальном цилиндре с площадью основания S=10 см^2 под поршнем массы M=1 кг, при температуре T=300 К находится идеальный газ объемом V=20 л. Для повышения температуры газа на ΔT=50 К ему было сообщено количество теплоты Q=833 Дж. Определите изменение внутренней энергии газа, если атмосферное давление $P_0=10^5$ Па.

3.25(1). На какую высоту можно было бы поднять тело массой M=1 000 кг, если бы удалось полностью использовать энергию, которую нужно затратить на плавление льда массой m=200 г (удельная теплота плавления льда равна λ = $0{,}34\cdot 10^6$ Дж/кг), нагревание образовавшейся воды до 100 °C (удельная теплоемкость воды $c=4{,}2\cdot 10^3$ Дж/(кг· К)) и ее испарение (удельная теплота парообразования воды $r=2{,}26\cdot 10^6$ Дж/кг)?

4 Задание 4. Электростатика. Постоянный электрический ток

Раздел А (1). Закон Кулона

4.1(2). Два одинаковых шарика с массами $m_1=m_2=m=100$ г подвешены на двух нитях, как показано на рисунке 4.1. Заряды шариков одинаковы $q_1=q_2=q$, расстояние между ними r=10 см. После пережигания нити, соединяющей шарики, ускорение верхнего шарика равно $\square=-2\square$. Определите величину зарядов шариков. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с^2.

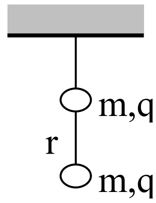

Рисунок 4.1

4.2(3). Три одинаковых маленьких шарика массами m=1 г подвешены на нитях в одной точке. Определите, какие одинаковые заряды следует сообщить шарикам, чтобы каждая нить составила с вертикалью угол $\alpha=45°$. Длина каждой нити L=10 см.

4.3(3). Шарик массой m=1 г, имеющий заряд $q_1=10^{-8}$ Кл, подвешен на нити и движется по окружности радиусом R = 2 см с угловой скоростью $\omega=10$ с$^{-1}$. В центре окружности поместили шарик с зарядом $q_2=-q_1$. Определите угловую скорость вращения шарика, при которой радиус окружности не изменится.

Раздел B (3). Электрическое поле

4.4(1). Два заряда $q_1=2\cdot 10^{-8}$ Кл и $q_2=3\cdot 10^{-8}$ Кл находятся на расстоянии L=20 см друг от друга. Определите потенциал электрического поля в точке, где напряженность поля равна нулю.

4.5(2). Два одинаковых равномерно заряженных тонких кольца радиусом R расположены так, что их оси пересекаются под прямым углом в точке 0, которая находится на расстоянии 2R от центров обоих колец (рисунок 4.2). Определите, во сколько раз изменится величина напряженности электрического поля в точке 0, если кольцо *B* полностью совместить с кольцом *A*. Положение кольца *A* не изменилось.

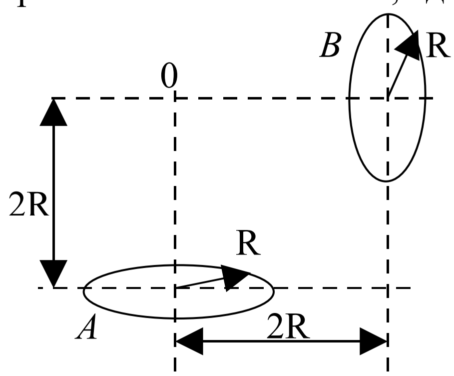

Рисунок 4.2

4.6(3). Стороны правильного треугольника образованы одинаковыми равномерно заряженными стержнями. Определите потенциал и величину напряженности электрического поля в центре треугольника, если при удалении одного из стержней потенциал и напряженность в этой точке становятся равными $\varphi=40$ В и $|\vec{E}|=100$ В/м.

4.7(4). Три одинаковые изолированные плоскости расположены параллельно друг другу на расстояниях d_1 и d_2 (рисунок 4.3). Плот-

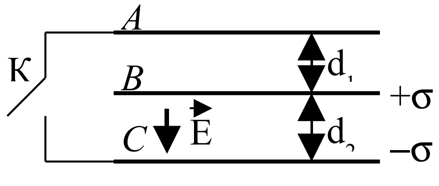

Рисунок 4.3

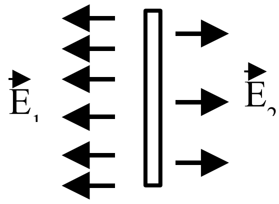

Рисунок 4.4

ности заряда на плоскостях *B* и *C* равны соответственно $+\sigma$ и $-\sigma$, плоскость *A* не заряжена. Затем плоскости *A* и *C* замкнули. Определите, во сколько раз изменилась величина напряженности электрического поля между плоскостями *B* и *C*.

4.8(3). Плоскую бесконечную заряженную пластину поместили в однородное электрическое поле так, что линии поля перпендикулярны поверхности пластины. В результате напряженность поля слева от пластины стала равной $|\vec{E}_1| = 6\cdot 10^3$ В/м, а справа – $|\vec{E}_2| = 3\cdot 10^3$ В/м (рисунок 4.4). Определите силу, которая действует на единицу площади пластины со стороны электрического поля.

4.9(3). Два проводящих шара, радиусы которых R_1 и R_2, имеют заряды q_1 и q_2 соответственно. Расстояние между шарами намного больше их радиусов. Определите потенциалы и заряды шаров после соединения их проволокой.

4.10(4). Четыре одинаковые заряженные частицы, каждая из которых имеет массу m=2 г и заряд $q=10^{-8}$ Кл, поместили на горизонтальную поверхность в вершинах квадрата со стороной *a*=10 см. Затем частицы одновременно освободили, после чего они стали симметрично разлетаться под действием кулоновских сил отталкивания. Определите максимальное значение скорости частиц.

4.11(5). На горизонтальной поверхности в вершинах равностороннего треугольника со стороной *a*=20 см помещены три одинаковых тела, массы которых m=1 г и заряды $q=2\cdot 10^{-6}$ Кл. В результате электростатического взаимодействия тела начинают двигаться. Определите максимальную скорость тел, если коэффициент трения между телами и поверхностью $\mu = 0{,}1$.

Раздел С(2). Электрическая емкость. Энергия электрического поля

4.12(1) Конденсатор емкостью С, заряженный до разности потенциалов $U_1=50$ В, соединяется параллельно одноименно заряженными обкладками с конденсатором емкостью 2С, заряженным до напряжения $U_2=300$ В. Определите напряжение на конденсаторах после соединения.

4.13(3). Определите емкость бесконечно длинной системы конденсаторов, соединенных друг с другом, как показано на рисунке 4.5. Емкости верхних конденсаторов $C_1=2\cdot 10^{-6}$ Ф, нижних – $C_2=10^{-6}$ Ф.

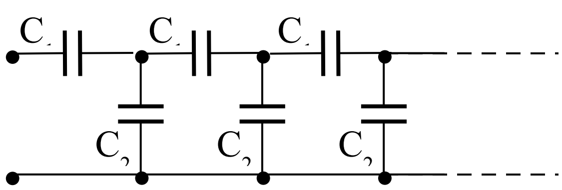

Рисунок 4.5

4.14(3). Два последовательно соединенных конденсатора, емкости которых $C_1=10^{-6}$ Ф и $C_2=2\cdot 10^{-6}$ Ф, зарядили от источника с ЭДС $\mathcal{E}=10$ В (рисунок 4.6,а). Затем оба конденсатора отсоединили от источника и соединили между собой так, как показано на рисунке 4.6,б. Определите энергию, которая выделилась в этом процессе.

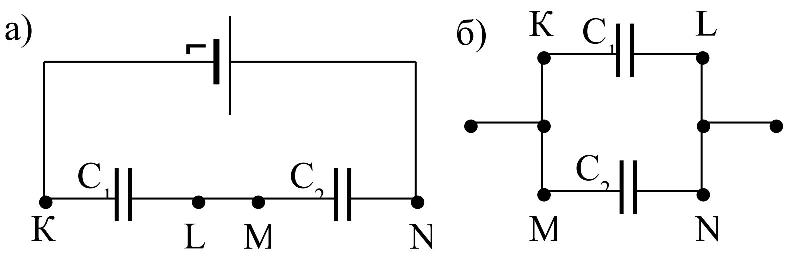

Рисунок 4.6

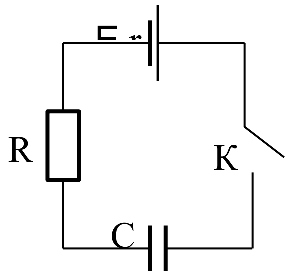

Рисунок 4.7

4.15(3). Определите количество теплоты, которое выделится на резисторе сопротивлением R=5 Ом после замыкания ключа в схеме, приведенной на рисунке 4.7. Емкость конденсатора $C=10^{-5}$ Ф, ЭДС источника $\mathcal{E}=10$ В, внутреннее сопротивление источника r=1 Ом.

4.16(4). Какое количество теплоты выделится после замыкания ключа в цепи, схема которой изображена на рисунке 4.8? До замыкания ключа на конденсаторе емкостью $C_1=10^{-5}$ Ф находился заряд $q_1=2\cdot 10^{-5}$ Кл, а на конденсаторе емкостью $C_2=5\cdot 10^{-6}$ Ф находился заряд $q_2=0{,}5\cdot 10^{-5}$ Кл.

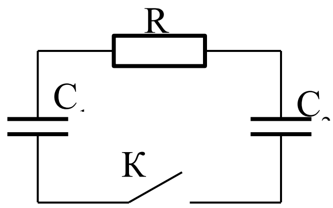

Рисунок 4.8

Раздел D (2). Постоянный электрический ток

4.17(1). Из проволоки сопротивлением R=100 Ом сделали кольцо и присоединили его к источнику тока с ЭДС $\mathcal{E}=10$ В и внутренним сопротивлением r=1 Ом так, как показано на рисунке 4.9. Определите угол φ, если в цепи протекает ток I= 1 А.

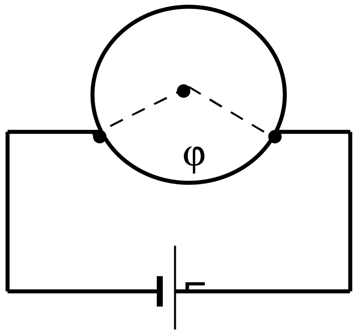

Рисунок 4.9

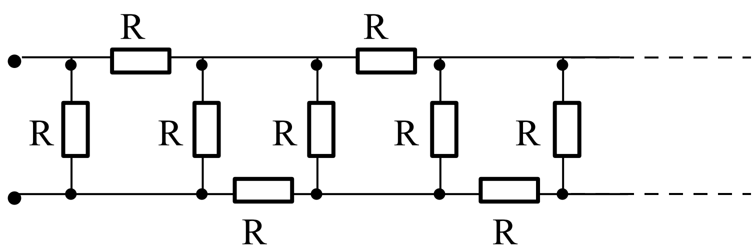

Рисунок 4.10

4.18(3). Определите сопротивление бесконечно длинной цепочки резисторов, соединенных друг с другом, как показано на рисунке 4.10. Сопротивления всех резисторов равны R= 10 Ом.

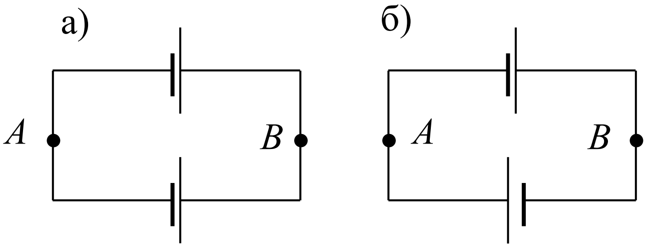

Рисунок 4.11

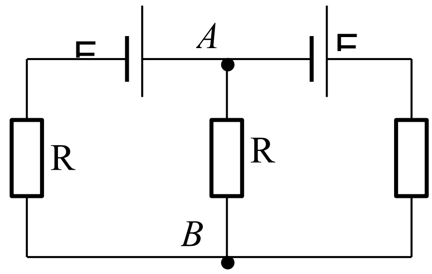

Рисунок 4.12

4.19(2).Два источника тока с ЭДС $\mathcal{E}$=10 В и внутренним сопротивлением r=1 Ом соединены так, как показано на рисунке 4.11,а,б. Определите разность потенциалов между точками *A* и *B* для обоих соединений. Сопротивлением соединительных проводов следует пренебречь.

4.20(4). Определите разность потенциалов между точками *B* и *A* ($\varphi_B - \varphi_A$) в схеме, изображенной на рисунке 4.12, если $\mathcal{E}_1$=12 В, $\mathcal{E}_2$=4 В, R=5 Ом. Внутренние сопротивления источников одинаковы r= 1 Ом.

4.21(4). Определите разность потенциалов между точками *B* и *A* ($\varphi_B - \varphi_A$) в схеме, изображенной на рисунке 4.13, если $\mathcal{E}$=9 В, R=6 Ом, r=2 Ом. Внутренним сопротивлением источника можно пренебречь.

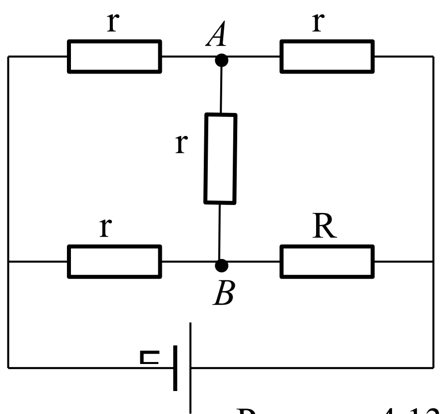

Рисунок 4.13

Раздел Е (1). Тепловое действие тока

4.22(2). Для некоторого источника тока суммарная мощность, выделяющаяся на резисторах, сопротивление которых R_1=3 Ом и R_2=12 Ом, одинакова при последовательном и параллельном соединениях этих резисторов. Определите внутреннее сопротивление источника тока.

4.23(2). При коротком замыкании источника, ЭДС которого $\mathcal{E}$=10 В, сила тока равна I_0=10 А. Определите величину максимальной мощности, которая может быть отдана во внешнюю цепь.

4.24(3). Сопротивление R=2 Ом подключено к батарее из двух одинаковых источников тока с внутренними сопротивлениями r=1 Ом. Определите, во сколько раз КПД (отношение мощности, выделяемой во внешней цепи, к мощности источника тока) при параллельном соединении источников больше чем при последовательном соединении.

4.25(5). Одна из свинцовых проволочек плавится при протекании через нее тока I_1=2 А, а более толстая при I_2=5 А. При каком минимальном токе будет разорвана цепь, образованная при параллельном соединении этих проволочек, если отношение их сопротивлений $n=R_1/R_2=4$?

5 Задание 5. Магнетизм. Колебания. Волны

Раздел А (2). Магнитное поле

5.1(1). Определите скорость, с которой должен двигаться прямолинейный проводник перпендикулярно магнитным линиям однородного поля с индукцией B=1 Тл, чтобы между концами проводника возникла разность потенциалов $\Delta\varphi$=0,1 В. Длина проводника L=20 см.

5.2(2). Ток силой I=10 А течет по проводнику квадратного сечения, помещенному в однородное магнитное поле с индукцией B=2 Тл, магнитные линии которого перпендикулярны боковой поверхности проводника. Разность потенциалов между нижней и верхней поверхностями проводника $\Delta\varphi=2\cdot 10^{-6}$ В. Определите плотность электронов проводимости в проводнике, если площадь его сечения $S=0{,}04$ см^2.

5.3(4). Тело массой m, имеющее заряд q, находится на наклонной плоскости с углом α. Плоскость находится в однородном магнитном поле, индукция которого перпендикулярна наклонной плоскости (рисунок 5.1). Определите величину установившейся скорости тела, если его отпустить без начальной скорости. Коэффициент трения равен μ.

<u>5.4(3)</u>. Прямой проводник подвешен горизонтально на нескольких невесомых нитях в однородном вертикальном магнитном поле. При прохождении через проводник тока нити отклонились от вертикали на угол $\alpha=30^\circ$. Определите, на какой угол отклонятся нити при прохождении через проводник тока, сила которого в n=3 раза больше начальной.

5.5(4). Проводник длины L и массы m подвешен на двух одинаковых пружинах в однородном магнитном поле с индукцией , направленной перпендикулярно плоскости, в которой находятся пружины и проводник (рисунок 5.2). Жесткость каждой пружины k. В течение очень короткого промежутка времени τ через проводник пропущен ток силой I. Определите величину максимального смещения проводника от начального положения. Смещением за время τ можно пренебречь.

5.6(3). В полосе толщиной d=2 см создано однородное магнитное поле с индукцией B=1 мТл (рисунок 5.3). Линии вектора магнитной индукции направлены по нормали к поверхности рисунка. На полосу падает пучок электронов, скорость которых перпендикулярна полосе и линиям магнитной индукции. Определите минимальную энергию электронов, при которой они не будут "отражаться" от магнитной полосы. Масса электрона $m=9{,}1\cdot 10^{-31}$ кг, заряд - $|e|=1{,}6\cdot 10^{-19}$ Кл.

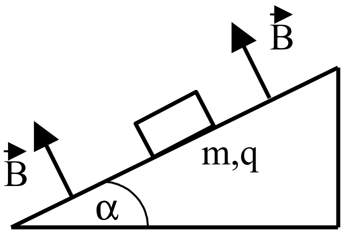

Рисунок 5.1

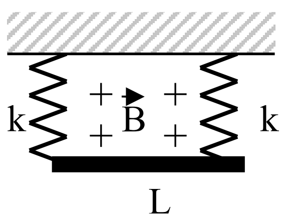

Рисунок 5.2

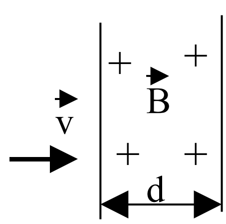

Рисунок 5.3

5.7(4). Электрон движется в однородных и постоянных электрическом и магнитном полях, силовые (магнитные) линии которых направлены одинаково. В начальный момент времени скорость электрона перпендикулярна силовым линиям. Определите минимальное расстояние между начальным положением электрона и точкой, в которой ускорение электрона совпадает с начальным. Напряженность электрического поля - E, индукция магнитного поля - B, масса электрона – m, а заряд равен *e*.

Раздел В (2). Электромагнитная индукция

5.8(1). Из двух одинаковых проводников равной длины, изготовлены два контура - квадратный и круглый. Оба контура помещены в одной плоскости в однородном, изменяющемся во времени магнитном поле. В квадратном контуре возникает постоянный ток I=2 А. Определите силу тока в круглом контуре.

5.9(3). По двум горизонтальным рейкам, замкнутым на сопротивление R=2,5 Ом, движется с постоянной скоростью v=1 м/с жесткая рамка *KLMN* (рисунок 5.4). Сопротивления участков *LK* и *NM* равны соответственно R_1=2 Ом и R_2=3 Ом. Расстояние между рейками L=0,5 м. Система находится в однородном магнитном поле с индукцией B=10 Тл. Вектор □ перпендикулярен плоскости рисунка. Определите мощность, выделяющуюся в рамке *KLMN*.

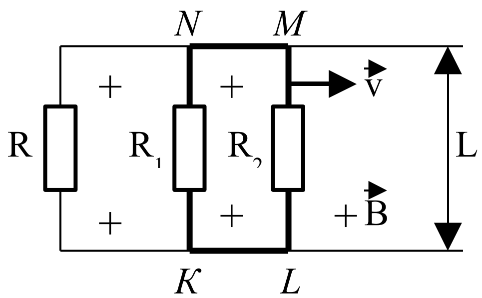

Рисунок 5.4

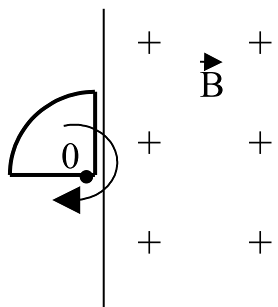

Рисунок 5.5

5.10(4). Контур, ограничивающий четверть круга радиусом R = 0,2 м, находится на границе однородного магнитного поля с величиной индукции B = 0,2 Тл, направленной перпендикулярно плоскости рисунка (рисунок 5.5). Сопротивление контура r=1 Ом. Контур начал вращаться вокруг оси 0, параллельной вектору индукции □, с постоянной угловой скоростью ω=50 $с^{-1}$. Определите количество теплоты, которое выделится в контуре за один оборот.

5.11(4). Проволочный контур площадью S=20 $см^2$ замкнут на конденсатор емкостью $C=2\cdot 10^{-5}$ Ф, линейными размерами которого можно пренебречь. Контур находится в однородном магнитном поле, магнитные линии которого перпендикулярны плоскости контура. Индукция магнитного поля линейно возрастает со временем: $B=b\cdot t$, где $b=10^{-2}$ Тл/с. Определите установившийся заряд конденсатора.

5.12(2). Плоский контур площадью S образован сверхпроводящей проволокой. Индуктивность контура L. Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией , составляющей угол α с нормалью к плоскости контура. Поле внезапно исчезает. Определите ток, возникающий в сверхпроводящем контуре.

Раздел C (2). Колебания

5.13(1). Начальные фазы колебаний двух математических маятников с периодами колебаний T_1=5 с и T_2=7 с одинаковы. Определите минимальный промежуток времени, через который фазы колебаний маятников снова будут одинаковы.

5.14(2). Шарик прикреплен пружиной к вертикальной стенке и может перемещаться без трения по горизонтальной поверхности. Шарик отвели из положения равновесия на x_0=3 см и сообщили ему начальную скорость, равную v_0=0,2 м/с. После этого шарик стал совершать гармонические колебания с циклической частотой ω=5 рад/с. Определите амплитуду этих колебаний.

5.15(4). Шарик, находящийся на гладкой горизонтальной поверхности и прикрепленный к невесомой горизонтальной пружине, совершает гармонические колебания с периодом T=2 с. Определите период колебаний шарика, если на расстоянии $a/2$ (a- амплитуда колебаний) от положения равновесия (x_0) установить вертикальную стенку (рисунок 5.6), от которой шарик абсолютно упруго отскакивает.

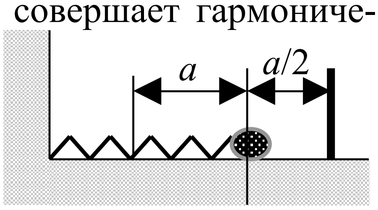

Рисунок 5.6

5.16 (2). Положительно заряженный шарик ($q=1{,}5\cdot 10^{-6}$ Кл) массой m=10 г является частью математического маятника. Маятник поместили в однородное электрическое поле, силовые линии которого направлены вертикально вверх. Величина напряженности поля $E=2\cdot 10^4$ В/м. Определите, во сколько раз изменится период гармонических колебаний шарика, если направление напряженности электрического поля изменится на противоположное.

5.17(4). Тело находится на горизонтальной подставке, которая совершает по вертикали гармонические колебания с частотой $\omega=10$ $с^{-1}$. Определите, при каких амплитудах колебаний груз не оторвется от подставки.

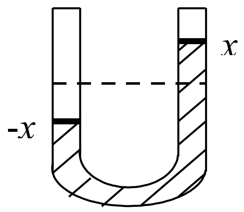

Рисунок 5.7

5.18(3). От груза, который висит на пружине жесткостью k=200 Н/м, отделяется его часть массой m=0,1 кг. Определите, на какую максимальную высоту поднимется после этого оставшаяся часть груза.

5.19(4). Определите частоту колебаний жидкости, налитой в U-образную трубку (рисунок 5.7). Если тот же объем жидкости налить в цилиндрическую трубу того же сечения, высота столба жидкости будет равна L=0,5 м.

Раздел D (1). Электромагнитные колебания

5.20(2). Заряженный конденсатор емкостью $C=0,5\cdot 10^{-6}$ Ф подключили к катушке с индуктивностью L=0,01 Гн. Определите минимальное время, через которое энергия электрического поля конденсатора станет в $n=2$ раза меньше энергии магнитного поля катушки.

5.21(3). Колебательный контур состоит из воздушного конденсатора и катушки индуктивности. В пространство между пластинами конденсатора внесли пластину из диэлектрика ($\varepsilon=4$), толщина которой совпадает с расстоянием между пластинами, а индуктивность катушки уменьшили в $n=2$ раза. Во сколько раз необходимо увеличить расстояние между пластинами конденсатора, чтобы частота собственных колебаний контура не изменилась?

5.22(3). Неоновая лампочка включена в сеть. Лампочка зажигается и гаснет при напряжении на ее электродах в $n=1,4$ раза меньшем, чем амплитудное значение напряжения в сети. Определите, во сколько раз продолжительность одной вспышки лампочки больше промежутка между вспышками.

Раздел Е (1). Волны

5.23(2). В некоторой среде распространяется волна. За время, в течение которого частица среды $n=100$ раз прошла через свое равновесное положение, волна распространилась на расстояние L=150 м. Определите длину волны.

5.24(3). Определите, во сколько раз изменится длина волны и частота света при переходе из среды с показателем преломления $n_1=1,33$ в среду с показателем преломления $n_2=2$.

5.25(3). В некоторой среде распространяется поток фотонов с длиной волны $\lambda=2,8\cdot 10^{-7}$ м и энергией $E=5\cdot 10^{-19}$ Дж. Определите показатель преломления среды.

6 Задание 6. Оптика. Современная физика

Раздел А (2). Отражение и преломление света

6.1(1). Луч света падает на границу раздела двух сред. Показатель преломления первой среды $n_1=1,33$, второй среды $n_2=2$. Определите угол падения, если отраженный и преломленный лучи составляют угол $\gamma=120°$.

6.2(5). Луч света распространяется в среде с показателем преломления n_1, на расстоянии L от оси проходящей через центр прозрачного шара радиусом R. Шар изготовлен из вещества с показателем преломления $n_2 < n_1$. Определите угол отклонения луча от первоначального направления.

6.3(2). Между плоским экраном и плоским круглым зеркалом площадью $S=10$ см^2 находится точечный источник света. Плоскости экрана и зеркала параллельны между собой. Источник находится напротив центра зеркала. Определите площадь светлого пятна, образованного на экране отраженными от зеркала лучами, если расстояние от экрана до источника в k=5/3 раз больше расстояния от источника до зеркала.

6.4(2). Точечный источник света движется прямолинейно и равномерно со скоростью ‖□‖=20 м/с. Определите величину скорости движения изображения источника в плоском зеркале относительно самого источника, если угол между вектором □ и нормалью к зеркалу α=60°.

6.5(3). Определите графически, в каких точках пространства наблюдатель может видеть в плоском зеркале конечных размеров (З) одновременно изображения точек *A* и *B*, расположенных относительно зеркала так, как показано на рисунке 6.1.

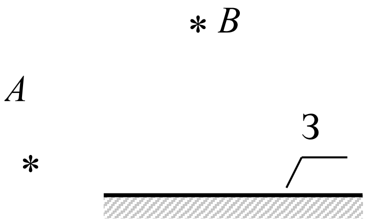

Рисунок 6.1

Раздел В (3). Линзы

6.6(2). Определите минимальное расстояние между предметом и его действительным изображением, которое может быть получено с помощью собирающей линзы с фокусным расстоянием F.

6.7(3). С помощью тонкой линзы получено действительное изображение предмета с увеличением Γ_1=1,5. Для того, чтобы получить резкое изображение с увеличением Γ_2=6, предмет переместили на *x*=1 см. На какое расстояние при этом необходимо перенести экран?

6.8(2). Тонкая линза создает изображение предмета, находящегося в ее фокальной плоскости. Определите высоту предмета, если высота изображения H=0,5 см.

6.9(2). Две тонкие собирающие линзы с фокусными расстояниями F_1=10 см и F_2=20 см плотно прижаты друг к другу так, что их главные оптические оси совпадают. Определите фокусное расстояние этой оптической системы. Толщиной линз можно пренебречь.

6.10(2). Параллельный пучок лучей света падает на рассеивающую линзу с фокусным расстоянием F_1=-5 см. На каком расстоянии от нее надо поставить собирающую линзу с фокусным расстоянием F_2=12 см, чтобы после прохождения этой системы линз лучи снова шли параллельным пучком?

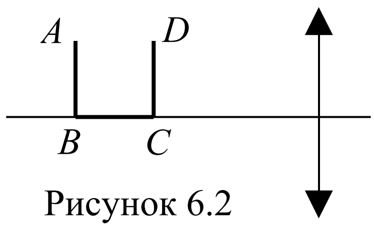

Рисунок 6.2

6.11(4). С помощью тонкой линзы получено изображение ломаной линии *ABCD.* Отрезок *BC* лежит на главной оптической оси, которая перпендикулярна отрезкам *AB* и *DC* (рисунок 6.2). Отрезок *AB* увеличивается линзой в Γ_1=1,5 раза, отрезок *DC* — в Γ_2=8 раз. Определите, во сколько раз увеличится отрезок *BC.*

6.12(3). На рисунке 6.3 показаны светящаяся точка S и ее изображение S', даваемое линзой, а также главная оптическая ось линзы O'O''. Определите графически положение оптического центра линзы и ее фокусов.

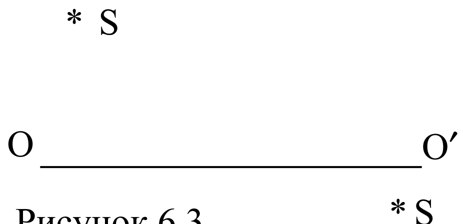

Рисунок 6.3

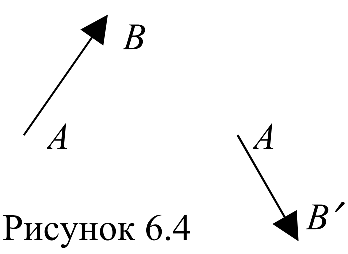

Рисунок 6.4

6.13(5). По положению предмета AB и его действительному изображению $A'B'$ (рисунок 6.4) восстановите положение линзы и ее главных фокусов.

Раздел C (1). Релятивистская динамика

6.14(1). Определите скорость тела, кинетическая энергия которого в n=2 раза больше его энергии покоя.

6.15(2). Определите кинетическую энергию частицы, если ее энергия покоя m_0c^2=940 МэВ, а импульс p определяется соотношением pc=940 МэВ, где c - скорость света.

6.16(4). Нейтральная частица распалась на два фотона, летящих под углами α=60° и β=30° к направлению движения частицы. Определите кинетическую энергию частицы, если ее энергия покоя m_0c^2=135 МэВ.

6.17(4). Пучок лазерного излучения мощностью P=200 Вт падает на непрозрачную пластинку под углом α=45°. Пластинка зеркально отражает η=50 % падающих фотонов (световых квантов), а остальные поглощает. Определите величину силы, с которой излучение действует на пластинку.

Раздел D (2). Квантовая физика

6.18(3). Отношение скоростей электронов, вылетающих из вещества при освещении светом с длинами, волн λ_1 и λ_2, равно k=2/3. Определите λ_2, если $\lambda_1=4\cdot 10^{-7}$ м, а работа выхода A=2,5 эВ.

6.19(1). Атом водорода состоит из протона (p) и электрона (e). Определите, во сколько раз сила электрического взаимодействия между этими элементарными частицами больше силы их гравитационного взаимодействия. Заряды частиц $|q_e|=|q_p|=1,6\cdot 10^{-19}$ Кл, массы - $m_p=1,67\cdot 10^{-27}$ кг и $m_e=9,1\cdot 10^{-31}$ кг.

6.20(2). При поглощении фотона с энергией $h\nu$=1,89 эВ атом водорода переходит с уровня n_1=2 на уровень n_2=3. Определите максимальную длину волны фотона, способного ионизировать атом водорода, находящийся в основном состоянии (n=1).

6.21(4). Протон, скорость которого $v=7,8\cdot 10^4$ м/с, сталкивается с покоящимся невозбужденным атомом водорода. После столкновения протон продолжает лететь в том же направлении, но со скоростью, меньшей в n=4 раза, в то время как атом водорода переходит в возбужденное состояние. Определите длину волны фотона, излучаемого атомом при возвращении в основное состояние. Массы атома водорода и протона можно считать равными $m_H=m_p=1,67\cdot 10^{-27}$ кг.

6.22(3). В термоядерной реакции $^2H_1+^3He_2\rightarrow^4He_2+^1H_1$ выделяется энергия E=18,4 МэВ, где E – разность суммы кинетических энергий образовавшихся частиц и аналогичной суммы для первичных частиц. Определите энергию, которая выделится в реакции $^3He_2+^3He_2\rightarrow^4He_2+^1H_1+^1H_1$, если энергия связи ядра $^3He_2$ на ΔE=5,5 МэВ больше по сравнению с энергией связи ядра $^2H_1$.

6.23(4). При столкновении дейтронов, обладающих кинетической энергией E=2 МэВ, с тритиевой мишенью протекает реакция $^2H_1 + {}^3H_1 \rightarrow {}^1n + {}^4He_2$. Определите кинетическую энергию нейтронов, вылетающих перпендикулярно относительно направления импульса дейтронов, если в реакции выделяется энергия ΔE=17,6 МэВ. Энергия покоя дейтрона $m_d c^2$ = 1876 МэВ, нейтрона - $m_n c^2$ = 940 МэВ, α-частицы - $m_\alpha c^2$=3727 МэВ.

Раздел Е (0). Разные задачи

6.24 (4). Пучок электронов, ускоренных разностью потенциалов U=40 кВ, падает на заземленную металлическую пластинку нормально к ее поверхности. Сила тока пучка I=100 мА. Определите силу, с которой пучок действует на пластинку, если все электроны поглощаются. Отношение заряда к массе электрона e/m=1,76$\cdot$ 10^{11} Кл/кг.

6.25(5). Электрон, имеющий кинетическую энергию T=10 кэВ, влетает в плоский заряженный конденсатор. В начальный момент времени скорость электрона направлена вдоль средней плоскости конденсатора AB (рисунок 6.5). Длина конденсатора L=20 см. Определите через какое время нужно изменить направление электрического поля в конденсаторе на противоположное, не изменяя его абсолютной величины, чтобы на вылете из конденсатора электрон пересек плоскость AB. Масса электрона m=9,1$\cdot$ 10^{-31} кг. Силу тяжести учитывать не следует.

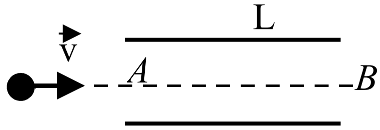

Рисунок 6.5

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: Учебное 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	$V_\mu=22{,}414\ \frac{\text{л}}{\text{моль}}$
Универсальная газовая постоянная	$R=8{,}314\ \frac{\text{Дж}}{\text{моль}\cdot\text{К}}$
Постоянная Фарадея	$F=96\ 500\ \frac{\text{Кл}}{\text{Моль}}$
Число Авогадро	$N_A=6{,}022\cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Постоянная Больцмана	$к=1{,}38\cdot 10^{-23}\ \frac{\text{Дж}}{\text{К}}=8{,}625\cdot 10^{-5}\ \frac{\text{эВ}}{\text{К}}$
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	$\mu_0=4\cdot\pi\cdot 10^{-7}\ \frac{\text{Гн}}{\text{м}}=12{,}56\cdot 10^{-7}\ \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$
Постоянная Планка	$h=6{,}626\cdot 10^{-34}$ Дж$\cdot$с$=4{,}136\cdot 10^{-15}$ эВ$\cdot$с $\hbar=\frac{h}{2\pi}=1{,}054\cdot 10^{-34}$ 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)=$1 \cdot 10^{-10}$ м
	1 дюйм= 2,54 см
	1 пк (парсек) ≈$3{,}1 \cdot 10^{16}$ м
	1 а. е. (астрономическая единица)=$1{,}456 \cdot 10^{11}$ 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.=$1{,}6606 \cdot 10^{-27}$ 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 ≈$3{,}16 \cdot 10^{7}$ с
Объем	1 л =$1 \cdot 10^{-3}$ $м^{3}$
Сила	1 кГ =1 кгс (килограмм-сила) =9,81 Н
Давление	1 бар =$1 \cdot 10^{5}$ Па
	1 атм =760 мм рт. ст. =$1{,}01325 \cdot 10^{5}$ Па
	1 ат =1 кгс/$см^{2}$ =$0{,}98 \cdot 10^{5}$ Па
	1 торр =1 мм рт. ст. =133,3 Па
Энергия	1 эВ =$1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Дж
	1 квт· ч =$3{,}6 \cdot 10^{6}$ 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.

$\vec{a}_{ср}=\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$ $\vec{a}_{ср.}$ - 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–полное ускорение при криволинейном движении;

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

$S=V_0t + \frac{at^2}{2}$ S–путь и V–мгновенная скорость при равнопеременном движении, V_0 - начальная скорость, a - ускорение, t - время.

$V=V_0 + a \cdot t$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

$\Delta A = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F \cdot \Delta r \cdot \cos\alpha$ Δ A - 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 $\vec{V}$.

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

$A = E_{K2} - E_{K1}$ 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 $\vec{F}\cdot\Delta t$.

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

$E=E_K+E_П=const$ 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.

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2$$
$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_1 u_2^2}{2}$$
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.

$$\Delta E_к = Q = \left(\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}\right) - \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2}$$
изменение кинетической энергии при абсолютно неупругом ударе (часть ее переходит в «тепловую» форму энергии).

$$\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} = \frac{N_{пол}}{N_{затр}}$$
$$\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}}\cdot 100\% = \frac{N_{пол}}{N_{затр}}\cdot 100\%$$
коэффициент полезного действия механизмов равен отношению полезной работы $A_{пол}$ (полезной мощности $N_{пол}$) к затраченной $A_{затр}$ (затраченной - $N_{затр}$).

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

$$\frac{d^2E_n}{dx^2} = (E_n)''_{xx} > 0$$
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 О: $\vec{R}$ – радиус-вектор от точки О 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 О.

$P = \frac{F}{S}$ — 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. значения давления и температуры при нормальных условиях.
t=0 °C

$P=\Sigma P_i$ 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.

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

$\rho=\dfrac{m}{V}$; $\rho=m_0\cdot n$ 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.

$P=\dfrac{2}{3}n\cdot E_0$;

$E_0=\dfrac{m_0V^2}{2}$

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

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

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

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

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

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

$\lambda=\dfrac{V_{ср}}{Z}=\dfrac{1}{\sqrt{2}\cdot\pi\cdot d^2\cdot n}$ 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.

$E_{ср}=\dfrac{i}{2}\cdot k\cdot T$ $E_{ср}$ - 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 К.

$c=\frac{C}{m}=\frac{\Delta Q}{m\cdot\Delta T}$ 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 К.

$A=P\cdot\Delta V$ 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),

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

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

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

$L = L_0 \cdot (1+\alpha t)$
$\alpha = \frac{1}{L} \cdot \frac{\Delta L}{\Delta t}$
$\Delta L = L - L_0$
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).

$V = V_0 \cdot (1+\beta t)$
$\beta = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$
$\Delta V = V - V_0$
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.

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

$\lambda = \frac{Q}{m}$ 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.

$r = \frac{Q}{m}$ 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.

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

$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ 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.

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

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

$\varphi=\frac{P}{P_H}$ 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.

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

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

$\Delta P = \delta\cdot\left(\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}\right)$ 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.

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

$h=\frac{2\cdot\delta\cdot\cos\upsilon}{\rho\cdot g\cdot r_0}$ 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)

$\Sigma q_i = const$ 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, $k=\dfrac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_0}=9\cdot10^9\,\dfrac{Н\cdot м^2}{Кл^2}$, 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.

$I=\dfrac{\mathcal{E}}{R+r}$ 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): φ_1 - φ_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

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

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

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.

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

$\mathcal{E}$ - ЭДС индукции в рамке с числом витков N.

$$\mathcal{E} = B \cdot l \cdot v = \varphi_1 - \varphi_2$$

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 $\Delta \Phi$.

$$\Phi = L \cdot I$$

Φ - магнитный поток, создаваемый током I в контуре с индуктивностью L.

$$\mathcal{E}_c = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_c = -L \cdot \frac{dI}{dt} = -L \cdot I'_t$$

$\mathcal{E}_c$ - 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, H - 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.

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

$k=\frac{N_1}{N_2}=\frac{U_1}{U_2}$ 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

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\omega_0^2 x=0$$

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

дифференциальное уравнение гармонических колебаний; ω_0- циклическая частота.

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

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

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

V - скорость колеблющейся точки.

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

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.

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

$F=ma=mx''$, $F=-kx$; $mx''=-kx$; $x''+\frac{k}{m}x=0$; 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.

$W_К = \frac{m \cdot V^2}{2} = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2 \cdot \sin^2(\omega_0 t + \alpha)}{2}$ 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.

$W = W_К + W_П = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$ 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.

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

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

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

$$q = q_0 \cos(\omega_0 t + \alpha);$$
$$I = \frac{dq}{dt} = q'_t = -q_0\omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha);$$
$$I = I_0 \cos\left(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2}\right); \qquad I_0 = q_0\omega_0;$$

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.

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \; q_0 = CU_0; \quad \frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2};$$

связь между амплитудными значениями силы тока и напряжения в контуре

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$$

T - период колебаний электрического контура (формула Томсона).

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

$$\lambda_0 = cT = \frac{c}{\nu_0}; \; \nu_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

связь между скоростью распространения электромагнитной волны в вакууме c (скоростью света в вакууме), длиной волны λ_0, частотой ν_0, периодом T.

$$\Phi = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\alpha = N \cdot B \cdot S \cdot \cos\omega t$$

Φ - 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.

$$E_i = -\Phi'_t = -\frac{d\Phi}{dt} = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin\omega t$$

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.

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

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.
$P=\frac{U_0\cdot I_0\cdot\cos\varphi}{2}=U_Э\cdot I_Э\cdot\cos\varphi$; $U_э=\frac{U_0}{\sqrt{2}}$; $I_э=\frac{I_0}{\sqrt{2}}$; $\cos\varphi=\frac{R}{Z}$;	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.