

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 9 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

Ч 16 **Чакак А.А.**
Задания по физике: методические указания для учащихся
9 класса заочной физико-технической школы / А.А. Чакак.
– Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 66 с.

Методические указания предназначены для учащихся 9 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

©Чакак А.А., 2006

©ГОУ ОГУ, 2006

Содержание

Введение.....	4
Рекомендации по выполнению заданий. Характерные ошибки.....	6
1 Задание 1. Кинематика I. Движение с постоянной скоростью.....	9
2 Задание 2. Кинематика II. Ускоренное прямолинейное движение	12
3 Задание 3. Кинематика III. Криволинейное движение.....	15
4 Задание 4. Динамика I. Силы в механике.....	18
5 Задание 5. Динамика II. Движение тел под действием сил. Статика.....	21
6 Задание 6. Динамика III. Законы сохранения. Работа	25
Литература, рекомендуемая для изучения физики.....	29
Приложение А.....	30
Приложение Б.....	30
Приложение В.....	32
Приложение Г.....	32

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. Все задания состоят 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 2.11(3) имеет 11-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) – 4 задачи

Раздел В (2) – 5 задач

Раздел С (1) – 4 задачи

Раздел D (1) – 4 задачи

Раздел Е (2) – 8 задач

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

Номера нескольких задач подчеркнуты:

1.2 (2) – раздел А

1.5 (2) – раздел В

1.10 (1) – раздел С

1.14 (2) – раздел D

1.20 (2) – раздел Е

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

Таким образом, Вам предлагается решить:

Из Раздела А задачу 1.2;

Из Раздела В задачу 1.5 и одну задачу по Вашему выбору;

Из Раздела С задачу 1.10;

Из Раздела D задачу 1.14;

Из Раздела E задачу 1.20 и одну задачу по Вашему выбору.

Итак, Вы уже имеете список из 7 задач, оставшиеся 3 вакансии Вы можете заполнить задачами из любых разделов по своему желанию.

При выборе задач для решения мы советуем руководствоваться Вашим уровнем подготовки и целями, которые Вы ставите перед собой. 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 в виду, 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.

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;

- неспособность решать задачи, требующие комбинированного использования знаний по нескольким разделам.

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 наложении 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 (объемы) простейших фигур (тел);

- таблица умножения;

- теорема синусов и косинусов;

- преобразование алгебраических выражений, в том числе арифметические операции с дробями и степенными функциями;
- операции с векторами;
- десятичные приставки к названиям единиц;
- беспомощность при работе с электронными калькуляторами.

Некоторые замечания об особенностях изучения физики в 9-ом классе.

Весь курс посвящен механике – науке, изучающей движение тел. Механика – основной раздел физики и без ясного понимания ее законов и методов практически невозможно понимание других разделов физики, изучаемых в 10-м и 11-м классах.

Некоторые разделы механики уже изучались в 7-м классе, и теперь эти знания, безусловно, пригодятся Вам. Однако нет ничего страшного, если Вы что-то забыли – фактически в 9-ом классе механика изучается с самого начала. Однако такая благоприятная ситуация, к сожалению, для забывчивых учащихся больше не повторится. В старших классах повторно изучаются только механические колебания – тема, в которой основные формулы и соотношения не могут быть получены без помощи дифференциального исчисления. По этой же причине эта тема не представлена и в настоящем пособии.

Отметим также, что практически все задачи по механике, предлагаемые на вступительных экзаменах в вузы и ЕГЭ соответствуют программе обучения в 9-ом классе. Только для решения ограниченного круга задач требуется привлечение сложных математических методов.

1 Задание 1. Кинематика I. Движение с постоянной скоростью

Раздел А (1). Векторы

1.1(1). Тело переместилось из точки с координатами $x_1=100$ см, $y_1=51$ см в точку с координатами $x_2=98$ см, $y_2=49$ см. Определите величину вектора перемещения и угол, который составляет этот вектор с осью Ox .

1.2(2). Радиус-векторы $\vec{r}_1$ и $\vec{r}_2$ составляют с осью Ox соответственно углы $\alpha=30^\circ$ и $\beta=135^\circ$ (рисунок 1.1). Величина первого вектора равна $|\vec{r}_1|=2$ м, второго – $|\vec{r}_2|=1$ м. Определите проекции на оси Ox и Oy вектора суммы $\vec{R}=\vec{r}_1+\vec{r}_2$.

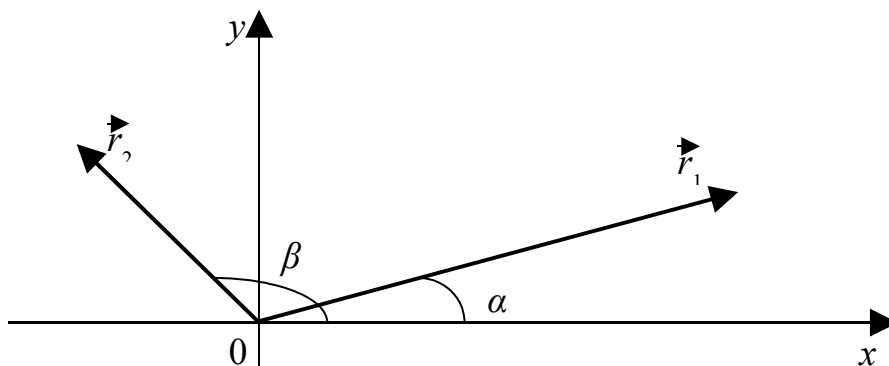


Рисунок 1.1

1.3(3). Вектор скорости $\vec{v}$ имеет следующие проекции на координатные оси $|\vec{v}_x|=3$ м/с и $|\vec{v}_y|=-4$ м/с. Величина вектора $\vec{v}_1$ в $n=2$ раза больше величины $\vec{v}$. Определите проекции вектора $\vec{v}_1$ на координатные оси для случая, когда величина вектора разности $\vec{u}=\vec{v}_1-\vec{v}$ принимает минимально возможное значение.

1.4(2). Лодка движется под углом $\alpha=60^\circ$ к берегу со скоростью $v_1=2,0$ м/с. Скорость течения реки $v_2=0,5$ м/с. Определите скорость движения лодки относительно воды.

Раздел В (2). Равномерное прямолинейное движение

1.5(2). Материальная точка движется равномерно и прямолинейно параллельно относительно оси Ox . Направления скорости и оси Ox противоположны. Величина скорости равна $v=2$ м/с. В момент времени $t=1$ с проекция радиус-вектора на ось Oy равна 2 м, в момент времени $t=2$ с проекция радиус-вектора на ось Ox равна 1 м. Составьте уравнения движения для проекций на оси Ox и Oy .

1.6(2). Два велосипедиста едут навстречу друг другу со скоростями $v_1=18$ км/ч и $v_2=27$ км/ч. В начальный момент времени расстояние между велосипедистами $L=500$ м. Выберем ось Ox так, чтобы ее направление совпадало с направлением вектора $\vec{v}_1$, а начало отсчета совпадало с положением второго велосипедиста при $t=0$. Составьте уравнение движения велосипедистов.

1.7(1). Поезд длиной $L=180$ м движется по мосту с постоянной скоростью $v=36$ км/ч. Определите время движения поезда по мосту, если длина моста $S=450$ м.

1.8(3). Человек, идущий с постоянной по величине и направлению скоростью $v=4$ км/ч, проходит под фонарем, висящим на высоте $H=5$ м над дорогой. Определите скорость перемещения по дороге края тени от головы человека, если его рост $h=1,8$ м.

1.9(4). Регулярно в определенное время за инженером приезжает заводская машина, которая доставляет его на место работы. Однажды инженер вышел из дома на 1 час раньше обычного и, не дожидаясь машины, пошел на работу пешком. По дороге он встретил автомашину и приехал на завод на 10 мин раньше обычного. Сколько времени шел инженер пешком до встречи с автомашиной? Решить задачу графически, предполагая, что дом инженера и завод находятся на прямолинейном участке шоссе.

Раздел С (1). Путь и перемещение

1.10(1). Мяч упал с высоты $H=2$ м, отскочил от пола и был пойман на высоте $h=1$ м. Определите отношение пути мяча к величине его перемещения.

1.11(3). Два автомобиля выехали одновременно из пунктов A и B навстречу друг другу с различными скоростями. Через время $t=1$ ч они встретились и, не останавливаясь, продолжили движение. Прибыв соответственно в пункты B и A автомобили сразу же повернули назад. Определите, через какое время после начала движения автомобили встретились вновь.

1.12(3). Грибник ходит по лесу, придерживаясь следующего плана. Первую четверть каждого часа он идет строго на север, вторую – на восток, третью – на юг и, наконец, четвертую – на запад. В начальный момент времени скорость грибника $v_0=4$ км/ч. Через каждые полчаса скорость уменьшается на $\Delta v=0,2$ км/ч, но в остальное время величина скорости остается постоянной. Определите путь грибника и величину вектора перемещения через $t=3$ ч после начала движения.

1.13(4). Около вертикальной стены стоят два мальчика на расстояниях L_1 и L_2 от нее и на расстоянии S друг от друга (рисунок 1.2). Один из мальчиков громко произносит слово. Определите время, за которое он должен произнести это слово, чтобы второй мальчик услышал его конец, совпадающий с началом эха. Скорость звука в воздухе равна v .

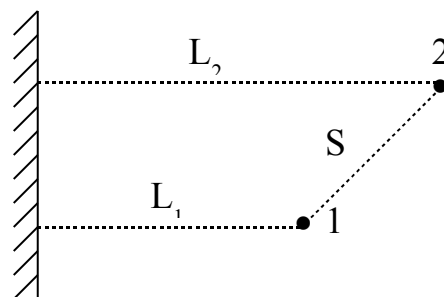


Рисунок 1.2

Раздел D (1). Средняя скорость

1.14(2). Автомобиль выехал из города A в город B , расстояние между которыми $S=100$ км. Автомобиль начал движение со скоростью $v_1=80$ км/ч, однако на середине пути заглох мотор. Ремонт занял время $t=15$ мин, после чего автомобиль продолжил движение со скоростью $v_2=100$ км/ч. Определите среднюю скорость автомобиля на всем пути.

1.15(1). Поезд проехал первую половину пути со скоростью $v=80$ км/ч, а вторую – в $n=2$ раза медленнее. Определите среднюю скорость поезда на всем участке.

1.16(2). Поезд первую половину пути шел со скоростью в $n=2$ раза большей, чем вторую половину. Средняя скорость движения на всем пути равна v . Определите скорости поезда на каждой половине пути.

1.17(2). Первую треть пути поезд прошел со скоростью 60 км/час. Средняя скорость на всем пути оказалась равной 40 км/час. С какой скоростью поезд прошел оставшуюся часть пути?

Раздел E (2). Относительное движение

1.18(1). У окна поезда, идущего со скоростью $v=90$ км/ч, сидит пассажир. В течение времени $t=10$ с он видит встречный поезд, длина которого $L=500$ м. Определите скорость встречного поезда.

1.19(2). При горизонтальном ветре, имеющем скорость $v_1=10$ м/с, капли дождя падают под углом $\alpha=30^\circ$ к вертикали. Определите величину горизонтальной скорости v_2 ветра, при которой капли будут падать под углом $\beta=45^\circ$ к вертикали.

1.20(3). Поселки A и B расположены на одном берегу по течению реки. Катер затрачивает на путь из A в B время $t_1=1$ ч, а плот – $t=5$ ч. Определите время t_2 , которое затратит катер на обратный путь из поселка B в поселок A .

1.21(3). Пловец переплывает реку шириной $L=50$ м по прямой, перпендикулярной берегу, за время $t=2$ мин. Определите скорость течения реки, если величина скорости пловца относительно воды в $n=2$ раза больше скорости течения.

1.22(2). Два катера с различными скоростями ($v_1 > v_2$) плыли по течению реки. Когда они поравнялись, с одного из них бросили в воду спасательный круг. Через некоторое время после этого оба катера одновременно повернули обратно. Определите, какой из катеров встретит круг раньше. Величины скоростей катеров относительно воды оставались постоянными все время движения.

1.23(3). Спортсмены бегут друг за другом с одинаковой скоростью $v=15$ км/ч. Длина колонны $L=15$ м. Навстречу спортсменам бежит тренер со скоростью $u=12$ км/ч. Каждый спортсмен, поравнявшись с тренером, поворачивает и бежит назад с той же скоростью v . Определите длину колонны после разворота всех бегунов.

1.24(3). Две пересекающиеся под прямым углом прямые движутся поступательно со скоростями $v_1=3$ м/с и $v_2=4$ м/с. Скорости направлены по нормали (перпендикулярам) к соответствующим прямым. Определите скорость точки пересечения этих прямых.

1.25(4). Приборы, установленные на берегу, показывают, что ветер дует с юго-запада, а величина скорости ветра $v=5$ м/с. Что покажут аналогичные приборы, установленные на корабле, плывущем на запад со скоростью $u=36$ км/час?

2 Задание 2. Кинематика II. Ускоренное прямолинейное движение

Раздел А (2). Уравнение движения с постоянным ускорением

2.1(2). Зависимость скорости материальной точки от времени описывается формулой:

$$v_x=5-2t,$$

v_x выражено в м/с; t – в секундах.

Найдите уравнение движения материальной точки, если в начальный момент времени ($t=0$) она имела координату $x_0=2$ м.

2.2(2). Движение двух материальных точек вдоль оси Ox описывается следующими уравнениями:

$$x_1=4-3t+2t^2,$$

$$x_2=2+5t-t^2,$$

где x выражено в метрах; t – в секундах.

Определите скорость ($v_{2x}-v_{1x}$) и ускорение ($a_{2x}-a_{1x}$) относительного движения.

2.3(1). Два велосипедиста движутся навстречу друг другу. Величина скорости первого велосипедиста увеличивается, а второго – уменьшается. Различаются ли направления ускорений велосипедистов относительно дороги.

2.4(3). Ленту фильма пустили в обратном направлении – с конца к началу. Определите, как изменятся на экране скорости и ускорения движущихся объектов.

2.5(4). Два тела начинают одновременно двигаться по прямой навстречу друг другу с начальными скоростями, равными $v_{01}=8$ м/с и $v_{02}=10$ м/с, и с постоянными ускорениями $a_1=1$ м/с² и $a_2=0,5$ м/с² и направленными противоположно соответствующим начальным скоростям. Определите, при каком максимальном начальном расстоянии между телами они встретятся в процессе движения.

Раздел В (2). Прямолинейное равноускоренное движение

2.6(2). На некотором отрезке пути скорость тела увеличилась с 12 см/с до 13 см/с. Зная, что движение равноускоренное, определите, на сколько возрастет

скорость тела после того, как будет пройден следующий участок такой же длины?

2.7(2). Тело начало двигаться равноускоренно из состояния покоя. Пройдя некоторый путь, тело приобрело скорость $v=10$ м/с. Определите скорость тела, когда оно пройдет вдвое больший путь (с начала движения).

2.8(3). Два спортсмена бегут одинаковое время. Один бежит первую половину времени с ускорением a , вторую – с ускорением вдвое большим – $2a$. Другой спортсмен первую половину времени бежит с ускорением $2a$, вторую – с ускорением a . Определите отношение расстояний пройденных спортсменами. Кто из них пробежит большее расстояние?

2.9(4). Тело, имея начальную скорость $v_0=5$ м/с, прошло за пятую секунду путь $S_1=4,5$ м. Определите ускорение a и путь S , пройденный телом за время $t=10$ с.

2.10(3). Когда опоздавший пассажир вбежал на платформу, мимо него за время t_1 прошел предпоследний вагон. Последний вагон прошел мимо пассажира за время t_2 . Определите время, на которое опоздал пассажир к отходу поезда, если он вбежал на платформу в месте стоянки начала поезда. Поезд движется равноускоренно, длина вагонов одинакова.

2.11(3). Пассажир первого вагона поезда длины L прогуливался по перрону. Когда он был рядом с последним вагоном, поезд начал двигаться с ускорением a . Пассажир сразу же побежал со скоростью v . Через какое время t он догонит свой вагон?

2.12(3). Тело начинает прямолинейно двигаться из состояния покоя с постоянным ускорением. Спустя время t_0 после начала движения направление ускорения меняется на противоположное, оставаясь неизменным по величине. Определите, через какое время после начала движения тело вернется в исходное положение.

Раздел С (1). Прямолинейное движение с ускорением свободного падения

2.13(1). Тело, брошенное вертикально вверх с поверхности земли, упало через время $t=5$ с. Определите начальную скорость тела.

2.14(3). Жонглер бросил вертикально вверх шарик. Когда шарик достиг верхней точки своего пути, был брошен второй шарик с той же начальной скоростью. На какой высоте встретятся шарики, если высота бросания их 4,9 м.

2.15(2). Свободно падая с некоторой высоты, тяжелый шарик на половине пути пробил стеклянную пластинку и потерял половину своей скорости. Во сколько раз уменьшится скорость падения?

2.16(4). С крыши дома высотой $h=20$ м через одинаковые промежутки времени падают капли воды. Первая капля ударяется о землю в тот момент, когда от края крыши отделяется шестая капля. Определите расстояние между третьей и четвертой каплями в момент удара первой капли о землю. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Раздел D (2). Путь и средняя скорость при равноускоренном движении

2.17(2). Автомобиль начал движение с места, разгоняясь равноускоренно, и через некоторое время достиг скорости $v=72$ км/ч. После этого мотор был выключен и автомобиль двигался равнозамедленно до полной остановки. Определите среднюю скорость автомобиля на всем пройденном пути.

2.18(3). Автомобиль, двигаясь равноускоренно, прошел два смежных участка пути по 100 м каждый за 5 с и 3,5 с. Определить ускорение и среднюю скорость автомобиля на каждом участке пути и на двух участках вместе.

2.19(3). Кабина лифта поднимается в течение первых 4 с равноускоренно, достигая скорости 4 м/с. С этой скоростью кабина движется в течение 8 с, а последние 3 с она движется равнозамедленно. Определить перемещение кабины лифта. Построить графики скорости, перемещения и ускорения.

2.20(2). С балкона, находящегося на высоте $h=4$ м над поверхностью земли, бросили вертикально вверх мяч со скоростью $v_0=8$ м/с. Определите средние скорости мяча: 1) за время подъема до наивысшей точки траектории; 2) за время падения из этой точки на землю; 3) в течение всего времени полета.

2.21(3). Свободно падающее тело в последнюю секунду своего движения проходит $n=2/3$ часть всего пути. Определите время падения и высоту, с которой тело падало без начальной скорости.

Раздел E (0). Разные задачи

2.22(2). Камень брошен в ущелье без начальной скорости. Определите глубину ущелья, если удар камня о дно был слышен наверху через $t=12$ с после броска. Скорость звука равна $v=340$ м/с.

2.23(3). Прямо из-под Ваших ног стартовала летающая тарелка. Оpoznанный летающий объект движется прямолинейно с ускорением $a=10$ м/с². Определите время, в течение которого обитатели тарелки будут слышать Ваш крик. Скорость звука равна $v=340$ м/с.

2.24(5). Линейка длиной $L=30$ см висит на высоте h над горизонтально направленным лучом лазера (рис.2.1). В некоторый момент времени линейку отпускают. Определите величину h , если падающая линейка перекрыла луч лазера в течение промежутка времени $\tau=0,6$ с.

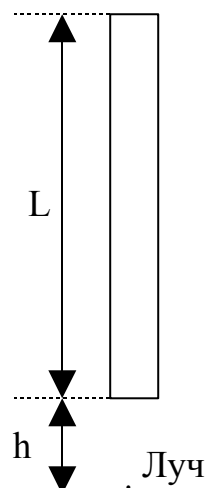


Рисунок 2.1

2.25(1). На корте к звезде тенниса подошел маленький мальчик и спросил, не может ли тот продемонстрировать удар, после которого мяч, пролетев некоторое расстояние, остановится и начнет двигаться в обратном направлении, при этом мяч не должен стукнуться о какое-либо препятствие. Несмотря на все свое умение, теннисист был вынужден признать свое поражение, после чего мальчик показал, как решается задача. Попробуйте повторить этот ответ.

3 Задание 3. Кинематика III. Криволинейное движение

Раздел А (3). Криволинейное движение с ускорением свободного падения

3.1(2). С башни высотой $h=10$ м бросают горизонтально мяч со скоростью $v=10$ м/с. Определите величину вектора перемещения мяча в момент падения на землю.

3.2(1). Тело брошено под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту с начальной скоростью $v_0=20$ м/с. На какой высоте вертикальная проекция скорости равна горизонтальной?

3.3(2). Тело брошено под углом $\alpha=45^\circ$ к горизонту со скоростью $v=14,1$ м/с. Определите угол, который образует вектор скорости с горизонтом, через время $t=1,58$ с после начала движения. Значение ускорения свободного падения равно $g=10$ м/с².

3.4(3). Тело, брошенное с поверхности Земли под углом $\alpha=45^\circ$, побывало на высоте $h=10$ м дважды с промежутком времени $\tau=2$ с. Определите величину начальной скорости тела.

3.5(4). Из миномета ведут обстрел объекта, расположенного на склоне горы. На каком расстоянии L будут падать мины, если начальная скорость их v_0 , угол наклона горы α , угол стрельбы β по отношению к горизонту?

3.6(3). Футболист бьет по мячу, лежащему на поле, на расстоянии $L=11$ м от ворот. Начальная скорость мяча направлена под углом $\alpha=45^\circ$ к горизонту. Определите величину начальной скорости мяча, при которой он попадет в перекладину ворот, расположенную на высоте $h=2,7$ м. Линейными размерами мяча и перекладины можно пренебречь.

3.7(4). С вершины наклонной плоскости бросают горизонтально некоторое тело со скоростью $v_0=10$ м/с. Определите расстояние между точкой бросания и местом падения тела на плоскость, если она составляет с горизонтом угол $\alpha=45^\circ$.

Раздел В (1). Совместное движение тел

3.8(2). С вершины башни бросают одновременно два тела: первое – вертикально вверх со скоростью $v_0=10$ м/с, второе – горизонтально со скоростью $u_0=7,5$ м/с. Определите расстояние между телами через время $\tau=1,2$ с после броска.

3.9(2). Тело, падающее с вершины башни, пролетело расстояние $h=4$ м, когда второе тело начало падать из точки, расположенной на расстоянии $L=12$ м ниже вершины башни. Определите высоту башни, если известно, что оба тела достигают поверхности земли одновременно.

3.10(4). С вершины башни высотой $h=24$ м брошено горизонтально тело со скоростью $v_0=12$ м/с. Одновременно второе тело брошено с поверхности земли вертикально вверх со скоростью $u_0=10$ м/с. Определите при каком расстоянии на поверхности Земли между местом броска второго тела и основанием башни, тела могут столкнуться.

3.11(4). Утка летела параллельно поверхности земли с постоянной скоростью $\vec{u}$. В нее бросил камень неопытный охотник, причем бросок был сделан без упреждения, т.е. в момент броска скорость камня $\vec{v}$ была направлена как раз на утку под углом α к горизонту (рисунок 3.1).

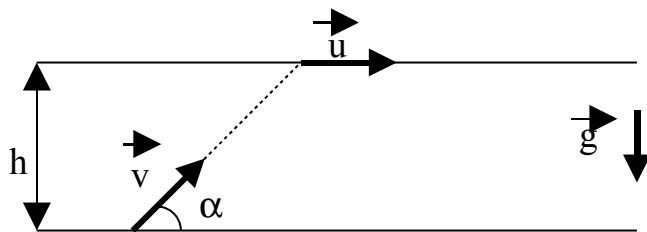


Рисунок 3.1

На какой высоте h летела утка, если камень все же попал в нее? Сопротивлением воздуха, размерами утки и ростом охотника пренебречь. Траектории утки и камня лежат в одной плоскости.

Раздел С (3). Равномерное движение по окружности

3.12(1). Стержень длиной $L=0,8$ м вращается с угловой скоростью $\omega=8$ рад/с вокруг оси, проходящей через стержень и перпендикулярной к нему. Один из концов стержня движется с линейной скоростью $v=2$ м/с. Определите линейную скорость другого конца стержня.

3.13(2). Материальная точка равномерно вращается по окружности со скоростью $v=20$ м/с. Определите величину изменения скорости материальной точки за три четверти периода вращения.

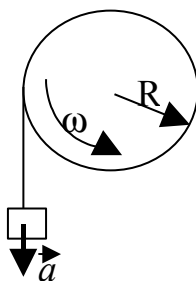


Рисунок 3.2

3.14(3). Горизонтально закрепленный цилиндр, радиус которого $R=0,25$ м, приводится во вращение грузом, подвешенным на нерастяжимой нити, постепенно сматывающейся с цилиндра (рисунок 3.2). В начальный момент времени груз был неподвижен, а затем стал опускаться с ускорением $a=2$ м/с². Определите угловую скорость цилиндра в момент времени, когда груз пройдет путь $S=1,2$ м. Проскальзывание нити относительно поверхности цилиндра отсутствует.

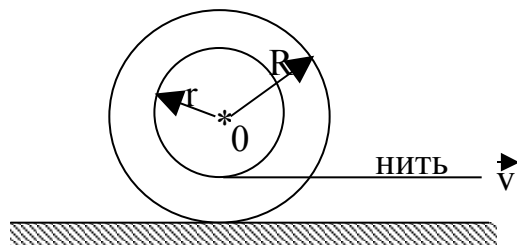


Рисунок 3.3

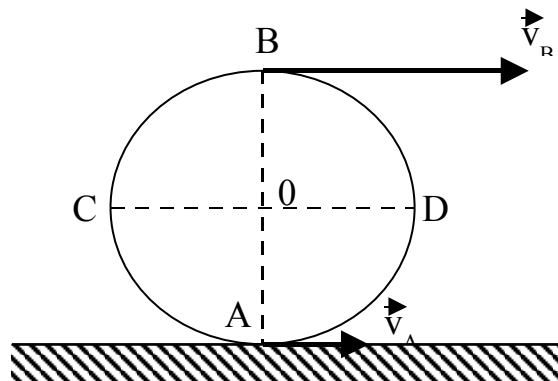


Рисунок 3.4

3.15(3). Катушка с намотанной на нее нерастяжимой нитью может катиться по горизонтальной поверхности без скольжения (рисунок 3.3). Нить начали тянуть в горизонтальном направлении со скоростью v . Определите скорость, с которой будет перемещаться ось катушки (точка O). Внешний радиус катушки – R , внутренний – r . Толщиной нити можно пренебречь.

3.16(4). Плоский диск движется по горизонтальной поверхности (рисунок 3.4). Скорости верхней (B) и нижней (A) точек диска равны, соответственно, v_B и v_A . Определите величины скоростей точек C и D , лежащих на диаметре CD , перпендикулярном диаметру BA .

3.17(2). Диаметр задних колес старинного автомобиля в $n=1,5$ раза больше диаметра передних. Определите отношение угловых скоростей вращения колес при равномерном движении автомобиля.

3.18(3). Часы отстают в течение суток на 5 минут. Определите отношение линейных скоростей концов стрелок, если длина минутной стрелки (от оси вращения) в $n=2$ раза больше длины часовой стрелки.

Раздел D (2). Тангенциальная и нормальная составляющие ускорения

3.19(2). Материальная точка равномерно вращается по окружности. Период вращения равен $T=4$ с. Определите значение отношения величин двух векторов $\frac{|\vec{a}_{12}|}{|\vec{a}_1|}$, где $\vec{a}_{12} = \vec{a}_1 - \vec{a}_2$; $\vec{a}_1$ – ускорение точки при $t_1=0$ с; $\vec{a}_2$ – ускорение точки при $t_2=5$ с.

3.20(2). Две материальные точки равномерно движутся по окружностям, отношение радиусов которых равно $n=3$. Определите отношение периодов обращения этих точек, если их ускорения равны по величине.

3.21(3). Автомобиль движется со скоростью $v=108$ км/ч. Определите нормальное (центростремительное) ускорение верхних точек колес, если их диаметр $d=0,8$ м. Скольжения автомобиля по дороге не происходит.

3.22(3). Поезд движется по закругленному участку пути со скоростью $v=108$ км/ч. Путь представляет собой дугу окружности радиусом $R=0,2$ км. У пассажира, находящегося в одном из вагонов, выпал из рук бутерброд. Определите ускорение бутерброда относительно вагона. Сопротивлением воздуха и отчаянием пассажира пренебречь.

3.23(4). Автомобиль, двигаясь со скоростью $v_0=100$ км/ч, выехал на участок трассы, представляющий собой окружность радиуса $R=1$ км. На этом участке скорость автомобиля равномерно уменьшалась до тех пор, пока он не остановился. Определите величину ускорения автомобиля на середине пути по окружности, если он сделал ровно один оборот по трассе.

3.24(2). В некоторый момент времени скорость тела, брошенного под некоторым углом к горизонту, образует угол $\alpha=-60^\circ$ с горизонтом. Определите величины тангенциального и нормального ускорения в этот момент.

3.25(3). Тело брошено под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту со скоростью $v_0=10$ м/с. Определите радиус кривизны траектории в наивысшей точке подъема.

4 Задание 4. Динамика I. Силы в механике

Раздел А (2). Векторная природа сил

4.1(1). На тело массой $m=0,4$ кг действуют только две силы, равные соответственно $F_1=3$ Н и $F_2=4$ Н. Силы направлены под углом $\alpha=90^\circ$ друг к другу. Определите величину ускорения тела.

4.2(3). Определите, может ли равнодействующая трех равных по величине сил, приложенных в одной точке, быть равной нулю. Если это, возможно, приведите пример.

4.3(2). Величины трех сил, приложенных к одной точке и лежащих в одной плоскости, равны соответственно $F_1=2$ Н, $F_2=3$ Н, $F_3=7$ Н. Определите минимальное значение, которое может принимать равнодействующая этих трех сил. Как в этом случае направлены векторы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ относительно друг друга.

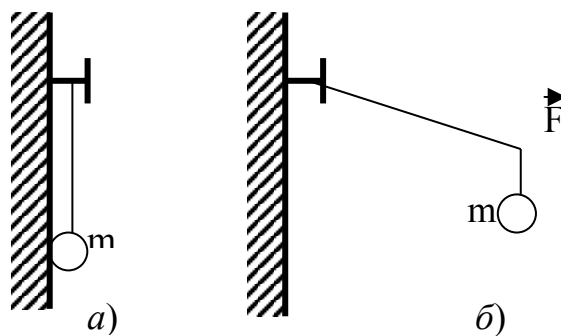


Рисунок 4.1

4.4(3). Тело массой $m=5$ кг привязано за веревку к гвоздю, вбитому в стену (рисунок 4.1, а). К середине веревки приложили горизонтально направленную силу $\vec{F}$, что привело к отклонению тела от стенки (рисунок 4.1, б). Определите величину силы, при которой натяжение нижней половины веревки вдвое меньше натяжения верхней. Массой и растяжением веревки можно пренебречь.

Раздел В (2). Силы упругости

4.5(1). Груз массой $m=800$ кг поднимают вертикально с помощью троса, прочность которого на разрыв равна $T=20\ 000$ Н. Определите максимальное ускорение, с которым можно поднимать этот груз.

4.6(2). Для подъема груза массой $m=10$ кг используются неподвижный блок и нерастяжимый трос (рисунок 4.2). Потянув за трос с некоторой силой можно поднять груз на высоту $H_1=3$ м за время $t=5$ с. На какую величину ΔF необходимо увеличить приложенную силу, чтобы за то же время поднять груз на высоту $H_2=5$ м? Массами блока и троса можно пренебречь.

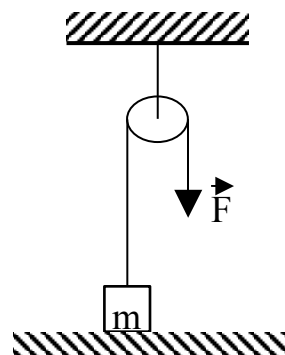


Рисунок 4.2

4.7(3). К одному концу веревки, перекинутой через неподвижный блок, подвешен груз массой $m=2$ кг. К другому концу в одном случае приложена направленная вниз сила $F=25$ Н, а в другом — подвешен второй груз. Определите массу второго груза, при которой ускорение

первого груза будет в обоих случаях одинаковым. Массой и растяжением веревки можно пренебречь.

4.8(3). Вертикально расположенная пружина соединяет два тела. Масса верхнего тела $m_1=1$ кг, нижнего – $m_2=2$ кг. Когда система подвешена за верхнее тело, длина пружины равна $L_1=10$ см. Если систему поставить на горизонтальную поверхность, длина пружины равна $L_2=5$ см. Определите длину недеформированной пружины.

4.9(3). Из $n=5$ проволок одинаковой длины $L=3,5$ м и жесткостью $k=1,2 \cdot 10^5$ Н/м сплели канат. От каната отрезали кусок $l=0,5$ м. Определите жесткость оставшейся части каната. Предположите, что свойства отдельных проволок при сплетении не изменились.

4.10(3). К тяжелому канату длиной L , лежащему на горизонтальной плоскости, приложили силу $\vec{F}$, направленную вдоль каната (рисунок 4.3). Определите натяжение каната на расстоянии x от того конца, к которому приложена сила. Трение между канатом и плоскостью отсутствует.

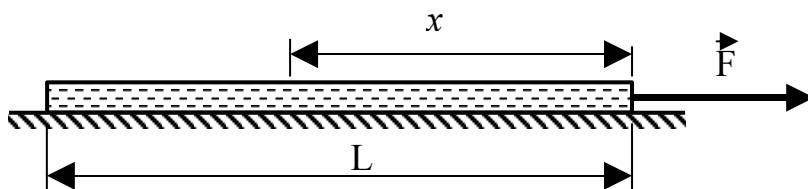


Рисунок 4.3

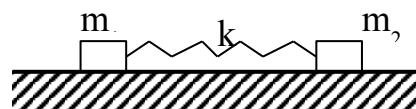


Рисунок 4.4

4.11.(3). На горизонтальной поверхности лежат два тела массами $m_1=2$ кг и $m_2=3$ кг, прикрепленные к концам пружины (рисунок 4.4). Коэффициент жесткости пружины $k=75$ Н/м. В недеформированном состоянии длина пружины равна $L=0,3$ м. Определите максимальное расстояние между телами, при котором они будут оставаться в покое. Коэффициент трения между телами и поверхностью равен $\mu=0,2$. Размерами тел по сравнению с длиной пружины можно пренебречь.

Раздел С (2). Силы трения

4.12(3). Ледяная горка представляет собой наклонную плоскость с углом α . Средняя треть длины горки посыпана песком. С вершины без начальной скорости съезжают санки. При движении санок по чистому льду трение отсутствует. Определите, при каких значениях коэффициента трения между средней частью горки и санками они смогут доехать до подножия горки.

4.13(2). Тело массы $m=2$ кг движется по горизонтальной поверхности под действием силы $F=6$ Н. Если эта сила приложена под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту, то тело движется равномерно. Определите ускорение, с которым будет двигаться тело, если сила будет приложена под углом $\beta=30^\circ$ к горизонту.

4.14(2). Ленточный подъемник образует угол α с горизонтом. Определите максимальное ускорение, с которым подъемник может поднимать ящик, если

коэффициент трения между ящиком и поверхностью ленты равен μ . Предположите, что лента под тяжестью ящика не прогибается.

4.15(3). Доска массой M лежит на горизонтальной плоскости (рисунок 4.5). На доске находится брусок массой m . Коэффициент трения между доской и плоскостью равен μ_1 , между доской и бруском μ_2 . Определите, при какой минимальной величине силы $\vec{F}$, приложенной к доске в горизонтальном направлении, брусок начинает скользить по доске.



Рисунок 4.5

4.16(4). На плоскости с углом наклона $\alpha=45^\circ$ находится доска массой $M=1,2$ кг и длиной $L=1,5$ м. На верхнем конце доски находится кубик массой $m=0,6$ кг (рисунок 4.6). В начальный момент времени доска и кубик удерживаются в состоянии покоя. Определите время соскальзывания кубика с доски после того, как оба тела опускают. Коэффициент трения доски о плоскость $\mu=0,7$. Трение между кубиком и доской отсутствует. Размерами кубика по сравнению с длиной доски можно пренебречь.

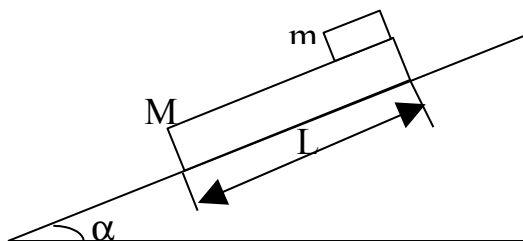


Рисунок 4.6

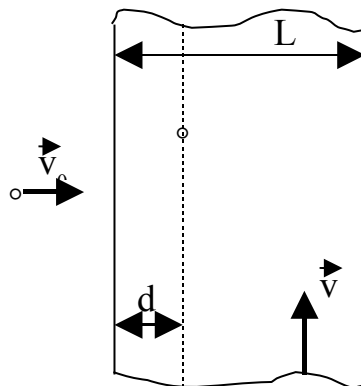


Рисунок 4.7

4.17(5). Небольшое тело, обладающее скоростью $v_0=1$ м/с, попадает на движущуюся шероховатую ленту транспортера, скорость которой $v=1,5$ м/с. Оба вектора скорости лежат в горизонтальной плоскости и взаимно перпендикулярны (рисунок 4.7). Тело останавливается на ленте транспортера на расстоянии $d=L/4$ от ближайшего края. Определите, при какой величине скорости транспортера тело остановится точно посередине ленты.

Раздел D (1). Гравитационные силы

4.18(1). Может ли спутник двигаться по орбите, плоскость которой не проходит через центр Земли? Влияние на движение спутника других космических объектов (Солнце, Луна и т.д.) пренебрежимо мало. Ответ обоснуйте, используя закон Всемирного тяготения.

4.19(2). Определите первую космическую скорость для планеты, масса которой в $k=2$ раза больше массы Земли. Радиус планеты в $n=1,5$ раза больше земного. Первая космическая скорость для Земли равна $v=7,91$ км/с.

4.20(3). Определите период обращения искусственного спутника Земли по круговой орбите, если он удален от поверхности Земли на расстояние, равное земному радиусу ($R_3=6\,370\text{ км}$).

4.21(3). Определите минимально возможный период обращения спутника вокруг планеты, плотность которой $\rho=2,8\text{ г/см}^3$. Гравитационная постоянная равна $G=6,67\cdot 10^{-11}\text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$.

4.22(3). Определите плотность вещества шарообразной планеты, если тела, находящиеся на ее экваторе, не имеют веса. Сутки на этой планете длятся $T=1\text{ ч }30\text{ мин}$. Гравитационная постоянная равна $G=6,67\cdot 10^{-11}\text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$.

Раздел Е (0). Разные задачи

4.23(3). К вертикально расположенной стальной плите прилип магнит. Для равномерного перемещения магнита вверх необходимо приложить силу $F_1=2,4\text{ Н}$, для такого же перемещения вниз – силу $F_2=1,2\text{ Н}$. Если плиту расположить горизонтально и положить сверху тот же магнит, то для равномерного перемещения необходимо приложить силу $F=2,0\text{ Н}$. Определите коэффициент трения скольжения магнита о плиту.

4.24(3). Длинный стержень массой M висит на пружине с коэффициентом жесткости k . По стержню скользит вниз шайба массой m (рисунок 4.8). Величина ускорения шайбы равна a . Определите величину растяжения пружины, если ее массой можно пренебречь.

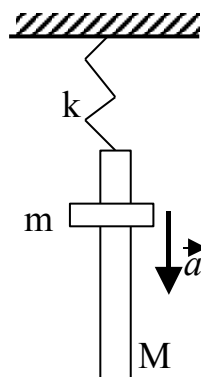


Рисунок 4.8

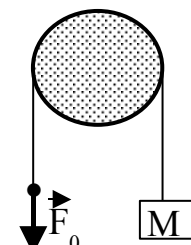


Рисунок 4.9

4.25(5). Через неподвижное горизонтально закрепленное бревно переброшена веревка. Минимальная сила, позволяющая удерживать груз массой $M=5\text{ кг}$, подвешенный на этой веревке (рисунок 4.9), равна $F_0=40\text{ Н}$. Определите величину минимальной силы F , с которой необходимо тянуть веревку, чтобы груз начал подниматься. Масса веревки пренебрежимо мала по сравнению с массой груза.

5 Задание 5. Динамика II. Движение тел под действием сил. Статика

Раздел А (1). Движение по наклонной плоскости

5.1(1). Определите во сколько раз сила давления тела на горизонтальную плоскость больше силы давления тела на наклонную плоскость, составляющую угол $\alpha=60^\circ$ с горизонтом.

5.2(2). Двум одинаковым телам сообщают одинаковые начальные скорости, направленные под углом $\alpha=45^\circ$ к горизонту. Одно тело движется свободно,

другое по гладкой наклонной плоскости (трение отсутствует, угол наклона плоскости $\alpha=45^\circ$). Определите отношение высот максимального подъема этих тел.

5.3(3). Наклонная плоскость составляет угол $\alpha=30^\circ$ с горизонтом. Некоторое тело, помещенное на плоскость, равномерно скользит вниз. Определите путь, который пройдет это тело до остановки, если ему сообщить начальную скорость $v=8$ м/с, направленную вверх вдоль плоскости.

5.4(3). Тело начинает двигаться по наклонной плоскости снизу вверх со скоростью $v=4$ м/с. Поднявшись на некоторую высоту, тело соскальзывает вниз. Определите скорость тела, когда оно вернется в исходную точку. Угол наклона плоскости к горизонтали равен $\alpha=30^\circ$. Коэффициент трения между телом и плоскостью $\mu = 0,3$.

Раздел В (2). Движение по окружности

5.5(2). Груз, висящий на невесомой нерастяжимой нити длиной $L=0,5$ м, движется по окружности в горизонтальной плоскости (рисунок 5.1). Шнур образует с вертикалью угол $\alpha=45^\circ$. Определите период вращения тела.

5.6(4). Тело массой $m=0,1$ кг вращается в вертикальной плоскости на нити длиной $L=0,5$ м. Ось вращения расположена над поверхностью земли на высоте $h=2$ м. При прохождении нижней точки траектории нить обрывается, и тело падает на землю. Расстояние между местом падения и точкой пересечения с поверхностью земли перпендикуляра, опущенного из оси вращения, равно $S=10$ м. Определите силу натяжения нити при обрыве.

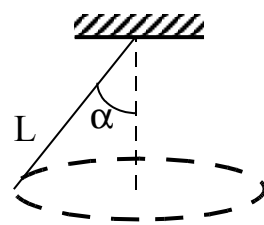


Рисунок 5.1

5.7(4). Тело массой m , прикрепленное к пружине, может без трения скользить по стержню, вращающемуся с постоянной угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси (рисунок 5.2). Угол наклона стержня $\alpha=45^\circ$. Длина недеформированной пружины – L_0 , жесткость – k . Определите величину удлинения пружины при вращении системы.

5.8(3). В цирковом аттракционе мотоциклист едет по внутренней поверхности вертикального цилиндра радиуса $R=13$ м. Определите минимальную скорость, при которой мотоциклист не упадет вниз, если коэффициент трения между колесами мотоцикла и поверхностью цилиндра $\mu=0,5$. При решении рассматривайте систему "человек + мотоцикл", как материальную точку.

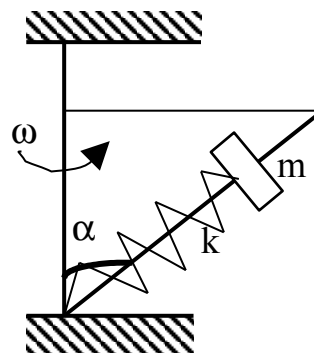


Рисунок 5.2

5.9(3). Вы ведете автомобиль, когда внезапно видите впереди на расстоянии L препятствие, которое невозможно объехать. Что в этой ситуации выгоднее: затормозить или повернуть, не меняя величины скорости. Силу трения в обоих случаях считайте одинаковой. При обосновании ответа пренебрегите размерами автомобиля.

Раздел С (2). Движение системы тел

5.10(2). На гладкой горизонтальной поверхности находятся два тела, соединенные невесомой нерастяжимой нитью. Масса левого тела $m=1$ кг, правого – $M=2$ кг. К системе прикладывают силу $F=3$ Н, направленную вдоль нити. В первом случае сила приложена к правому шару и тянет систему вправо, а во втором – к левому шару и тянет систему влево. Определите силы натяжения нити в обоих случаях.

5.11(2). Два тела массами $m_1=1,5$ кг и $m_2=2,5$ кг висят на невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через невесомый блок. Определите величину силы натяжения нити при движении грузов. Трение в блоке отсутствует.

5.12(3). Два груза с массами $m_1=m_2=0,5$ кг связаны между собой невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через блок. Грузы лежат на гладких плоскостях, расположенных под углами $\alpha=60^\circ$ и $\beta=30^\circ$ к горизонту (рисунок 5.3). Определите величины ускорений, с которыми движутся грузы.

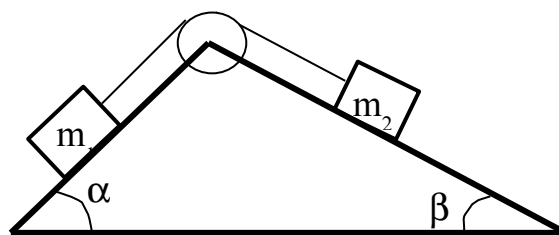


Рисунок 5.3

5.13(4). На горизонтальной поверхности выстроены в ряд слева направо $N=100$ одинаковых брусков с массами $m=0,1$ кг, связанные между собой невесомыми нерастяжимыми нитями. К крайнему правому бруску прикладывают силу величиной $F=200$ Н, направленную направо. Определите возникающую при движении силу натяжения нити между двумя крайними левыми брусками, если коэффициент трения между всеми брусками и поверхностью одинаков.

5.14(5). Стоя на льду и стараясь остаться неподвижным, человек пытается сдвинуть с места тяжелые сани за привязанную к ним веревку. Масса саней $M=200$ кг, человека $m=80$ кг. Коэффициент трения саней о лед $\mu_1=0,15$, человека – $\mu_2=0,3$. Определите минимальный угол наклона веревки к горизонту, при котором человек сможет решить свою задачу.

Раздел D (1). Разные задачи

5.15(2). Лифт разгоняется с постоянным ускорением до скорости $v=10$ м/с в течение $t=10$ с. Столько же времени занимает и остановка лифта. Определите отношение весов человека в поднимающемся лифте в начале и конце движения.

5.16(2). Самолет совершает мертвую петлю. Радиус петли $R=250$ м, масса летчика $m=80$ кг, скорость самолета $v=360$ км/ч. Определите вес летчика в верхней и нижней точках петли.

5.17(2). Два тела с разными массами ($m_1>m_2$) одновременно отпустили без начальной скорости с некоторой высоты. Сила сопротивления воздуха для обоих тел одинакова и постоянна. Определите, какое из тел упадет на землю первым. Ответ должен быть обоснован законами механики.

5.18(4). Пуля, обладающая некоторой начальной скоростью, направленной горизонтально, пробивает доску толщиной $d=3$ см и продолжает полет со скоростью в $n=0,75$ раз меньше начальной. Определите максимальную толщину доски, которую может пробить пуля, если сила сопротивления доски не зависит от скорости пули.

Раздел Е (2). Статика

5.19(2). Стержень состоит из двух соосных цилиндров, имеющих одинаковые площади поперечного сечения (рис. 5.4). Плотности материалов, из которых изготовлены цилиндры, равны соответственно ρ_1 и ρ_2 . Центр масс цилиндра находится в сечении соприкосновения (точка С). Определите отношение масс цилиндров.

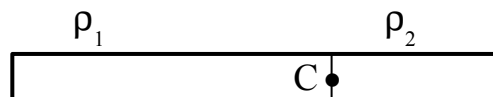


Рисунок 5.4

5.20(2). В двух вершинах равностороннего треугольника помещены шарики массой m каждый. В третьей вершине находится шарик массой $2m$. Определите положение центра масс этой системы.

5.21(3). Канат длиной L лежит на краю горизонтальной поверхности (рисунок 5.5, а). Через некоторое время канат стянули с поверхности на половину его длины (рисунок 5.5, б). Определите величину смещения центра масс каната. Толщиной каната можно пренебречь.

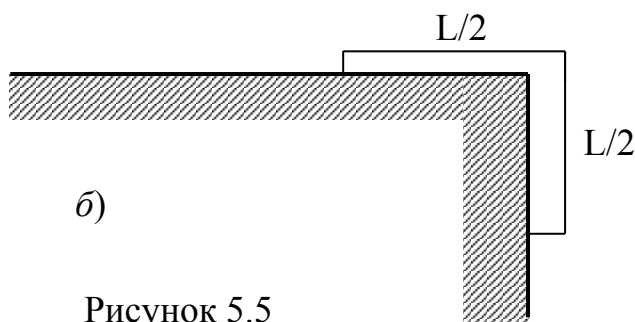
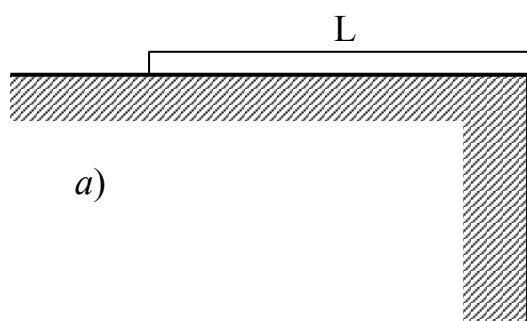


Рисунок 5.5

5.22 (4). Определите положение центра тяжести однородного диска радиуса R , в котором вырезано круглое отверстие (рисунок 5.6). Круг касается граничной окружности и имеет радиус $R/3$.

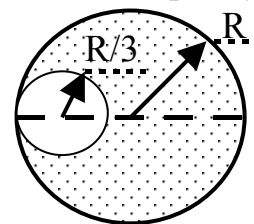


Рисунок 5.6

5.23(3). На горизонтально расположенный стержень действуют две параллельные силы, равные по величине $F_1=2$ Н и $F_2=6$ Н (рисунок 5.7). Первая сила приложена к левому концу стержня и направлена вертикально вверх, вторая - к середине и направлена вертикально вниз. Определите величину и направление силы, уравнивающей силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ а также точку приложения этой силы.

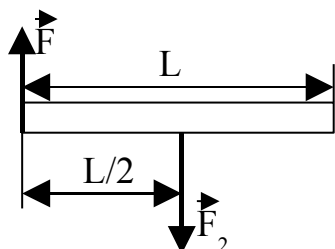


Рисунок 5.7

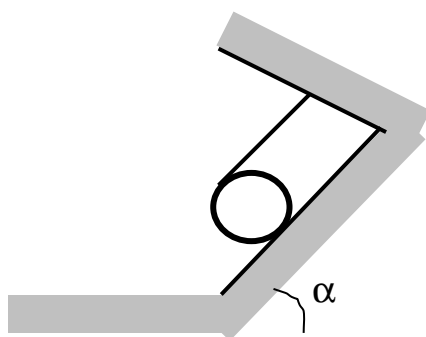


Рисунок 5.8

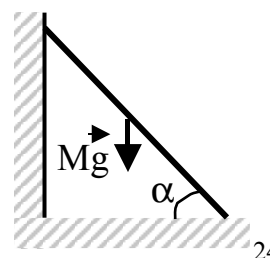


Рисунок 5.9

ком максимальном значении угла α цилиндр не будет скатываться с наклонной плоскости?

5.25(4). Лестница прислонена к стене (рисунок 5.9). При каком минимальном угле α она не упадет? Коэффициент трения между лестницей и полом - μ , трение между лестницей и стеной отсутствует. Центр тяжести лестницы находится посередине.

6 Задание 6. Динамика III. Законы сохранения. Работа

Раздел А (2). Закон сохранения импульса

6.1(2). Два тела, связанные между собой нитью, расположены на горизонтальной поверхности (рисунок 6.1). Между телами вставляют сжатую пружину. Нить пережигают, и тела начинают двигаться в противоположные стороны. Коэффициент трения между телами и поверхностью одинаков. Определите отношение путей, пройденных телами до остановки, если отношение масс тел равно $n = m_2/m_1 = 2,5$.

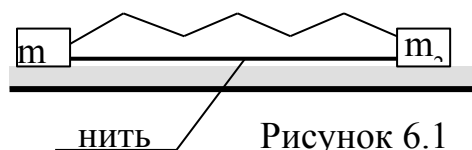


Рисунок 6.1

6.2(3). Мальчик, стоящий на льду на коньках, бросает в горизонтальном направлении камень массой $m=1$ кг со скоростью $v=20$ м/с. Определите расстояние, на которое откатится мальчик, если коэффициент трения полозьев о лед $\mu=0,02$. Масса мальчика $M=40$ кг.

6.3(3). Тело массой $M=0,2$ кг свободно падает без начальной скорости с высоты $H=5$ м (рисунок 6.2). На высоте $h=2$ м в него попадает другое тело массой $m=0,1$ кг, которое в момент столкновения имеет только горизонтальную составляющую скорости. В результате столкновения тела слипаются – абсолютно неупругий удар. Определите время, прошедшее с момента столкновения до падения тел на землю. Ускорение свободного падения $g=10$ м/с². Сопротивление воздуха не учитывается.

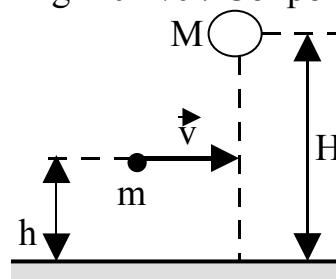


Рисунок 6.2

6.4(3). Мяч ударяется о вертикальную стенку, движущуюся со скоростью $u=1$ м/с. Скорость мяча перед ударом равна $v=5$ м/с. Направления скоростей мяча и стенки совпадают. Определите, какую часть кинетической энергии $\eta=\Delta E/E$ потеряет мяч, если столкновение является упругим.

6.5(4). Небольшой шарик находится на высоте h над поверхностью горизонтальной плиты. Шарик отпускают без начальной скорости, и одновременно плита начинает двигаться вертикально вверх с постоянной скоростью v . Определите, на какую максимальную высоту относительно своего начального положения поднимется шарик после первого соударения с плитой. Удар о плиту является абсолютно упругим, масса плиты много больше массы шарика.

Раздел В (2). Закон сохранения энергии

6.6(1). Под каким углом к горизонту надо бросить камень, чтобы его кинетическая энергия в точке максимального подъема была в $n=4$ раза меньше кинетической энергии в точке бросания.

6.7(2). Тело массой $m=0,5$ кг брошено с башни в горизонтальном направлении со скоростью $v_0=10$ м/с. Определите кинетическую энергию тела в момент падения на землю, если время полета оказалось равным $t=4$ с.

6.8(2). Тело массой $m=1$ кг брошено с поверхности земли с начальной скоростью $v_0=10$ м/с. Максимальная высота подъема тела оказалась равной $h=3$ м. Определите кинетическую энергию тела в этой точке траектории. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

6.9(4). Тело начинает скользить по гладкой поверхности со скоростью $v_0=10$ м/с. На пути тела встречается трамплин, верхняя часть которого горизонтальна (рисунок 6.3). Трение между телом и поверхностью трамплина отсутствует. Определите высоту трамплина h , при которой дальность полета тела L будет максимальной.

6.10(3). Веревка длиной $L=5$ м переброшена через гвоздь, вбитый в вертикальную стену на высоте $H=6$ м над уровнем пола. В начальный момент времени веревка висит симметрично и покоится. Затем в результате незначительного толчка веревка начинает скользить по гвоздю. Определите скорость веревки, когда после соскальзывания с гвоздя, нижний конец веревки коснется пола. Силами сопротивления и растяжением веревки можно пренебречь.

6.11(4). Пружина жесткостью k и длиной L стоит вертикально на горизонтальной поверхности. С высоты h над уровнем поверхности на пружину падает небольшой шарик массой m . Определите максимальную скорость, которую будет иметь шарик при своем движении вниз. Массой пружины можно пренебречь.

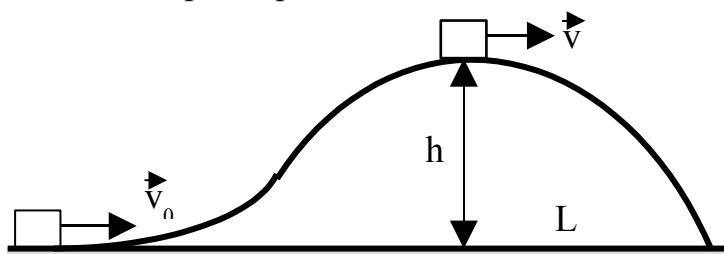


Рисунок 6.3

Раздел С (2). Механическая работа

6.12(1). Сила $\vec{F}$, направленная вертикально вверх, поднимает тело массой $m=2$ кг с ускорением $a=4$ м/с². Определите работу, которую совершает сила за время $t=10$ с подъема.

6.13(2). Груз массой $m=0,5$ кг подвешен на вертикально расположенной невысокой пружине и растягивает ее на $x=1$ см. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы поднять груз из начального положения на высоту $h=2,5$ см.

6.14(2). На горизонтальной поверхности лежит цепь длиной $L=1$ м и массой $m=4$ кг. Взяв цепь за один из концов, поднимают этот конец на высоту $h=2$ м над поверхностью. Определите работу, которую необходимо совершить при подъеме.

6.15(3). По гладкой горизонтальной поверхности движется со скоростью $v_0=10$ м/с тело массой $m=1$ кг. Начиная с некоторого момента времени, на тело

начинает действовать сила $\vec{F}$. Величина силы $F=10$ Н, а направление противоположно вектору $\vec{v}_0$. Определите работу, которую совершит эта сила за время $t=2$ с после ее включения.

6.16(4). Плоская льдина толщиной $h=0,2$ м и площадью поперечного сечения $S=2,0$ м² плавает в воде. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы полностью погрузить льдину в воду. Плотность льда $\rho=0,8$ г/см³, плотность воды $\rho_0=1$ г/см³.

Раздел D (1). Работа сил трения

6.17(2). Горизонтально летящая пуля попадает в деревянный брус, лежащий на гладкой горизонтальной плоскости и пробивает его. Определите, какая часть кинетической энергии пули перешла в тепло. Масса пули $m=10$ г, масса бруса $M=2$ кг. Начальная скорость пули $v_0=600$ м/с, скорость пули после прохождения бруса $v=400$ м/с.

6.18(3). Небольшой груз массой $m=2$ кг падающий с высоты $h=7$ м, проникает в мягкий грунт на глубину $L=10$ см. Определите среднюю силу сопротивления грунта. Сопротивлением воздуха и линейными размерами груза можно пренебречь.

6.19(3). Наклонная плоскость составляет угол $\alpha=30^\circ$ с горизонтом и имеет высоту $h=0,5$ м (рисунок 6.4). С вершины наклонной плоскости соскальзывает небольшое тело без начальной скорости. В нижней точке плоскости тело абсолютно упруго сталкивается со стенкой, расположенной перпендикулярно скорости тела. Определите высоту максимального подъема тела по плоскости, если коэффициент трения между телом и плоскостью равен $\mu=0,3$.

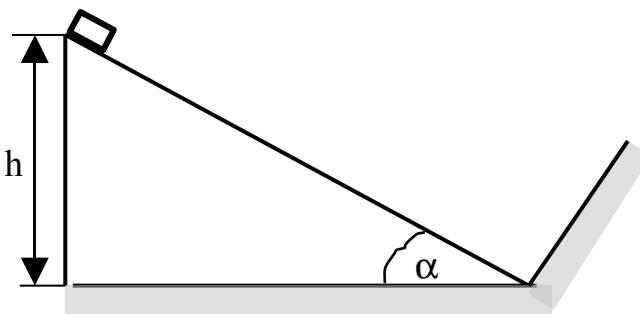


Рисунок 6.4

6.20(2). Девочка, вес которой $P=300$ Н, скатывается на санках без начальной скорости с вершины горки высотой $h=5$ м. После остановки на горизонтальном участке она решила прокатиться еще раз. Определите работу, которую девочка должна совершить для подъема санок на вершину по пути их скатывания. Масса санок $m=8$ кг.

Раздел E (1). Разные трудные задачи

6.21(4). Биллиардный шар налетает на точно такой же похожий шар. Определите, под каким углом могут разлетаться шары в результате абсолютно упругого соударения.

6.22(4). Два тела одинаковой массы находятся на концах невесомого стержня, согнутого под прямым углом в точке O (рисунок 6.5). Расстояния от грузов до точки O равны соответственно $L_1=30$ см и

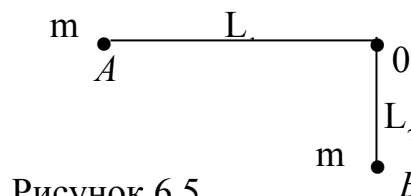


Рисунок 6.5

$L_2=20$ см. Точка O закреплена и является осью вращения. Груз A поднимают до тех пор, пока отрезок AO не будет расположен горизонтально, а затем стержень отпускают без начальной скорости. Определите угловую скорость системы в момент времени, когда отрезок OB будет расположен горизонтально.

6.23(4). На гладкой горизонтальной поверхности лежит тело массой $m=0,25$ кг, прикрепленное невесомой пружиной к вертикальной плоскости (рисунок 6.6). В начальный момент времени пружина не деформирована. На тело начинает действовать горизонтально направленная постоянная сила, величина которой равна $F=2,5$ Н. Определите: 1) максимальное смещение тела от начального положения; 2) максимальную скорость тела во время движения. Коэффициент жесткости пружины $k=100$ Н/м.

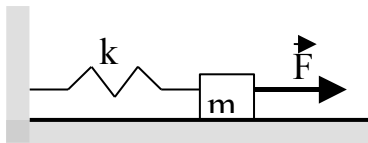


Рисунок 6.6

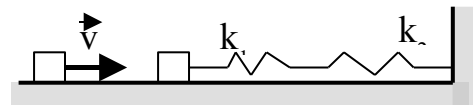


Рисунок 6.7

6.24(4). Тело массы m , двигаясь по гладкой горизонтальной поверхности, налетает на две последовательно соединенные пружины (рисунок 6.7). Коэффициенты упругости пружин (жесткости) равны соответственно k_1 и k_2 . Определите величину начальной скорости тела, если максимальная энергия деформации пружины 2 оказалась равной E .

6.25(5). Два вагона массами M_1 и M_2 , движутся навстречу друг другу. Скорости вагонов равны соответственно v_1 и v_2 . При столкновении происходит сжатие четырех одинаковых буферных пружин. Жесткость каждой из пружин равна k . Определите максимальную деформацию каждой пружины, если механическая энергия при столкновении вагонов сохраняется.

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· 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	$k=1,38 \cdot 10^{-23}$ $\frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ = $8,625 \cdot 10^{-5}$ $\frac{\text{эВ}}{\text{К}}$
Элементарный заряд	$e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Электрическая постоянная	$\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ $\frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ $k=(4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0)^{-1}=9 \cdot 10^9$ $\frac{\text{В}^2 \cdot \text{с}^2}{\text{Кл}^2 \cdot \text{м}}$
Магнитная постоянная	$\mu_0=4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ $\frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ = $12,56 \cdot 10^{-7}$ $\frac{\text{Вб}}{\text{А} \cdot \text{м}}$
Постоянная Планка	$h=6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с = $4,136 \cdot 10^{-15}$ эВ·с $\hbar=\frac{h}{2\pi}=1,054 \cdot 10^{-34}$ Дж·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 ${}^A_Z\text{H}$	$m_n=1,6736 \cdot 10^{-27}$ 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) $\approx 3,1 \cdot 10^{16}$ м
	1 а. е. (астрономическая единица) = $1,456 \cdot 10^{11}$ м
	1 св. год (световой год) $\approx 0,95 \cdot 10^{16}$ м
	1 ферми = 10^{-15} м
	1 фут = 30,48 см
Масса	1 ярд = 91,44 см
	1 тонна = 10^3 кг
	1 а.е.м. = $1,6606 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	1 кар (карат) = 0,2 г
	1 сутки = 86400 с
	1 мин = 60 с
	1 час = 60 мин
	1 сутки = 24 часа
Объем	1 год $\approx 3,16 \cdot 10^7$ с
	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
Мощность	1 кал = 4,1868 Дж
	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 .

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

$\vec{V}_{\text{ср.}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ $\vec{V}_{\text{ср.}}$ - 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.

$\vec{a}_{\text{ср.}} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$ $\vec{a}_{\text{ср.}}$ - 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).

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t \quad \text{a—полное ускорение при криволинейном движении;}$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2} \quad \text{a}_n, a_t \text{—нормальное (центростремительное) и тангенциальное (касательное) ускорения, соответственно.}$$

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

$$x(t) = x_0 + V_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2} \quad \text{кинематическое уравнение равнопеременного движения (a=const) вдоль оси x, } V_0 \text{ - начальная скорость. Значения } V_0 \text{ и } a \text{ - положительны, если векторы } \vec{V}_0 \text{ и } \vec{a} \text{ направлены в сторону положительной полуоси } x, \text{ и отрицательны в противном случае.}$$

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

$$V = V_0 + a \cdot t$$

$$S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a} \quad \text{кинематическое уравнение, связывающее путь S, пройденный телом за некоторое время, с начальной - } V_0 \text{ и конечной - } V \text{ скоростями на этом отрезке пути, с ускорением } a.$$

$$H = \frac{gt^2}{2}; \quad t = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad \text{Свободное падение (v}_0 = 0) \text{ тела с высоты H: } t \text{ - время падения; } g \text{ - ускорение свободного падения; } V \text{ - скорость тела в момент достижения поверхности (Земли), } h(t) \text{ - высота в момент времени } t.$$

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

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

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

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

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

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

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

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).

$$V_{ox} = V_0 \cdot \cos \alpha; \quad V_{oy} = V_0 \cdot \sin \alpha;$$

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

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

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

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

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

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

$v = \frac{N}{t}, T = \frac{t}{N}$ при равномерном вращательном движении:
 $v = T^{-1}, T = v^{-1}$ v - частота вращения, T - период вращения,
 N - число оборотов за время t .

$\omega = \frac{\phi}{t}; N = \frac{\phi}{2\pi};$ ω - угловая скорость при равномерном вращении: ϕ - угол поворота, N - число оборотов за время t ; v - частота вращения, T - период вращения.
 $\omega = 2\pi v = \frac{2\pi}{T}$

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

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

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

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

$a_t = R \cdot \varepsilon, a_n = \omega^2 \cdot R = \frac{V^2}{R} = V \cdot \omega$ a_n, a_t - нормальное (центростремительное) и тангенциальное (касательное) ускорения, соответственно.

$\phi(t) = \phi_0 + \omega_0 \cdot t$ кинематическое уравнение равномерного вращения, ϕ_0 - начальное угловое положение.

$\phi(t) = \phi_0 + \omega_0 \cdot t + \frac{\varepsilon \cdot t^2}{2}$ кинематическое уравнение равнопеременного вращения ($\varepsilon = \text{const}$), ω_0 - начальная угловая скорость.

$\omega(t) = \omega_0 + \varepsilon \cdot t$ ω - мгновенная угловая скорость при равнопеременном вращении в момент времени t , ω_0 - начальная угловая скорость, ε - угловое ускорение.
 $\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t}$

$$\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$$

кинематическое уравнение, связывающее угол поворота φ с начальной ω_0 и конечной ω угловыми скоростями и с угловым ускорением ε .

$$\rho = \frac{m}{V}$$

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 $\vec{V}$.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = m \cdot \frac{d\vec{V}}{dt}, \quad \vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{P}'_t$$

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.

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

$$\sigma = \varepsilon \cdot E, \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad \sigma = \frac{F}{S}$$

закон Гука: сила упругости $F_{\text{упр.}}$ 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.

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

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.

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

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

$g(h)$ - 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. $g = G \frac{M}{R^2}$.

$$F_{\text{тр.}} = \mu \cdot N$$

сила трения скольжения равна максимальной силе трения покоя $F_{\text{тр.}}$, 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.

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

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

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

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

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

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

$$A = E_{K2} - E_{K1} \quad \text{работа равнодействующей силы равна изменению кинетической энергии тела (при условии постоянства потенциальной энергии).}$$

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

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

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

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

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

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

$$\Delta \vec{P} = \vec{P} - \vec{P}_0 = \vec{F} \cdot \Delta t$$

$$E = E_K + E_{\Pi} \quad \text{полная механическая энергия системы равна сумме кинетической и потенциальной энергий.}$$

$$E = E_K + E_{\Pi} = \text{const} \quad \text{закон сохранения полной механической энергии: полная механическая энергия замкнутой системы тел остается постоянной при любых движениях тел системы, если в системе не действуют силы трения.}$$

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

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$$

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.

$$\Delta E_K = Q = \left(\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} \right) - \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2}$$

изменение кинетической энергии при абсолютно неупругом ударе (часть ее переходит в «тепловую» форму энергии).

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{затр}}}$$

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \cdot 100\% = \frac{N_{\text{пол}}}{N_{\text{затр}}} \cdot 100\%$$

коэффициент полезного действия механизмов равен отношению полезной работы $A_{\text{пол}}$ (полезной мощности $N_{\text{пол}}$) к затраченной $A_{\text{затр}}$ (затраченной - $N_{\text{затр}}$).

$$\frac{dE_n}{dx} = (E_n)'_x = 0$$

условие равновесия - экстремальное значение потенциальной энергии (для случая одномерной задачи, когда E_n зависит только от координаты x , т.е. когда $E_n = E_n(x)$).

$$\frac{d^2 E_n}{dx^2} = (E_n)''_{xx} > 0$$

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 - плечо силы.

$d=R \cdot \sin \alpha$ - 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.

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

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.

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

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

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

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

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

$$\vec{R}_c = \vec{R}_{цм}$$

координаты центра масс и центра тяжести тела совпадают в случае, если размерами тела можно пренебречь в сравнении с размерами Земли (планеты).

$$M = F \cdot d$$

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

$$\frac{F}{mg} = \frac{l_1}{l_2}$$

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

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

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

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

$$P = \frac{F}{S}$$

давление равно отношению силы, перпендикулярной к поверхности тела, к величине площади поверхности S , на которую действует эта сила.

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

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

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

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

$\frac{V}{t} = S \cdot v$	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.

$P + \frac{\rho \cdot v^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h = \text{const}$ 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.

$v = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$ v - 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 Кельви-

на), t - температура по шкале Цельсия.

$P \cdot V = \text{const}$ закон Бойля-Мариотта: для данной массы газа ($m = \text{const}$) при неизменности состава газа (молярная масса $\mu = \text{const}$) при постоянной температуре ($T = \text{const}$) 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 ($m = \text{const}$) при неизменности состава газа (молярная масса $\mu = \text{const}$) при постоянном давлении ($P = \text{const}$) изменяется линейно с температурой, $\alpha = 273^{-1} \text{ K}^{-1}$ - термический коэффициент расширения, V_0 - объем при 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 ($m = \text{const}$) при неизменности состава газа (молярная масса $\mu = \text{const}$) при постоянном объеме ($V = \text{const}$) изменяется линейно с температурой, $\beta = 273^{-1} \text{ K}^{-1}$ - термический коэффициент давления, P_0 - давление при 0°C .

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

$P = 760 \text{ мм рт. ст.}$ значения давления и температуры при нормальных условиях.
 $t = 0^\circ \text{C}$

$P = \sum P_i$ 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.

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

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

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

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

$$\rho = \frac{m}{V}; \quad \rho = m_0 \cdot n \quad \rho - \text{плотность газа, } m_0 - \text{масса одной молекулы}$$

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

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

$$E_0 = \frac{m_0 V^2}{2}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$U = \frac{i}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T$$

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),

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

$$T^\gamma \cdot P^{1-\gamma} = \text{const} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} - \text{показатель адиабаты.}$$

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

$$L = L_0 \cdot (1 + \alpha t) \quad \text{линейное расширение твердых тел: } L_0 - \text{длина при } 0^\circ\text{C, } L - \text{длина при температуре } t^\circ\text{C, } \alpha - \text{линейный коэффициент расширения равен отношению изменению длины при нагреве на } 1^\circ\text{C (1 K).}$$

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

$$\Delta L = L - L_0$$

$$V = V_0 \cdot (1 + \beta t) \quad \text{объемное расширение твердых тел и жидкостей: } V_0 - \text{объем при } 0^\circ\text{C, } V - \text{объем при температуре } t^\circ\text{C, } \beta - \text{объемный коэффициент расширения равен отношению изменению объема при нагреве на } 1^\circ\text{C (1 K).}$$

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

$$\Delta V = V - V_0$$

$$\beta = 3\alpha \quad \text{соотношение между коэффициентами линейного } (\alpha) \text{ и объемного } (\beta) \text{ расширения.}$$

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

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

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

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

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \eta - \text{коэффициент полезного действия идеального теплового двигателя (цикла Карно): } T_1 \text{ и } T_2 - \text{температуры на-}$$

гревателя 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.

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

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

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

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

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, $k = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$, ε – диэлектрическая проницаемость изотропной непрерывной среды нахождения зарядов.

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

$$E = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot r^2}$$

E – напряженность электростатического поля точечного заряда q на расстоянии r от него: ε_0 – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость среды.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$\varphi = \sum \varphi_i$ 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.

$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q_0}$ разность потенциалов между двумя точками равна работе поля по перемещению единичного положительного заряда из начальной точки в конечную; U - напряжение.
 $U = \varphi_1 - \varphi_2$

$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$ 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.

$E = - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}$ 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).
 $E = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{d}$

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

$C = \frac{q}{\varphi}$ C - емкость уединенного проводника равна заряду, сообщенному которому проводнику изменяет его потенциал на единицу.

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

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

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

$C = \Sigma C_i$ C - емкость батареи конденсаторов при их параллельном соединении, C_i - емкость 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 - емкость батареи конденсаторов при их последовательном соединении, C_i - емкость 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 - емкость 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.

$\frac{m \cdot V_1^2}{2} + q \cdot \phi_1 =$
 $= \frac{m \cdot V_2^2}{2} + q \cdot \phi_2$ 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.

$\vec{j} = e \cdot n \cdot \vec{V}_{\text{ср}}$ направление вектора плотности тока $\vec{j}$ совпадает с направлением упорядоченного движения положительных зарядов, n - концентрация носителей тока, $\vec{V}_{\text{ср}}$ - 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. $U = \phi_1 - \phi_2$, 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.

$\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$ зависимость удельного сопротивления ρ от температуры: ρ_0 - удельное сопротивление при 0°C , α - температурный коэффициент сопротивления равен относительному изменению сопротивления при нагреве на 1°C (1K).
 $\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta t}$

$R = \Sigma R_i$ 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.

$\frac{1}{R} = \Sigma \frac{1}{R_i}$ 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.

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

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

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

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

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

$\sum I_k \cdot R_k = \sum E_i$ второе правило Кирхгофа: для любого замкнутого контура разветвленной электрической цепи алгебраическая сумма произведений сил токов I_k на сопротивления R_k соответствующих участков этого контура равна алгебраической сумме ЭДС E_i в этом контуре.

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

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

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

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

$$\eta = \frac{U}{E} = \frac{R}{R + r}$$

η - коэффициент полезного действия (КПД) источника тока: R - внешнее сопротивление, r - внутреннее сопротивление, E - ЭДС источника, U - напряжение на R.

$$P_{\max} = \frac{E^2}{4 \cdot r}$$

$P_{\max}$ - максимальная полезная мощность источника тока: 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).

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot [d\vec{l} \cdot \vec{r}]}{4 \cdot \pi \cdot r^3}$$

$$dB = \frac{\mu_0 \cdot I \cdot dl \cdot \sin \alpha}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

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.

$$\vec{F}_A = I \cdot [\Delta \vec{l} \cdot \vec{B}]$$

$$F_A = I \cdot \Delta l \cdot B \cdot \sin \alpha$$

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.

$\vec{M} = [\vec{P}_m \cdot \vec{B}]$
 $M = P_m \cdot B \cdot \sin \alpha$ 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 $\vec{B}$.

$\vec{F}_L = q \cdot [\vec{V} \cdot \vec{B}]$
 $F_L = q \cdot V \cdot B \cdot \sin \alpha$ сила Лоренца (магнитная составляющая): F_L - сила, действующая на электрический заряд q , движущийся в магнитном поле с индукцией B со скоростью V , α - угол между $\vec{V}$ и $\vec{B}$.

$\vec{F}_L = q\vec{E} + q \cdot [\vec{V} \cdot \vec{B}] =$
 $= \vec{F}_{эл} + \vec{F}_{магн}$ общее выражение для силы Лоренца $\vec{F}_L$ при наличии в пространстве электрического (с напряженностью $\vec{E}$) и магнитного (с индукцией $\vec{B}$) полей. $\vec{F}_L$ - 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 .
--	---

$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$ Φ - магнитный поток (поток магнитной индукции) через площадку S : α - угол между вектором $\vec{B}$ и нормалью $\vec{n}$ к площадке,
 $\Phi = B_n \cdot S$ $B_n = B \cdot \cos \alpha$ - проекция вектора $\vec{B}$ на $\vec{n}$.

$A = I \cdot \Delta \Phi$ работа по перемещению проводника с током в магнитном поле

$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ закон Фарадея (основной закон электромагнитной индукции): ЭДС индукции в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром.
 $E = - \frac{d\Phi}{dt} = - \Phi'_t$

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

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

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

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

$E_c = - L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$ E_c - ЭДС самоиндукции пропорциональна скорости изменения силы тока в контуре, L - индуктивность контура.
 $E_c = - L \cdot \frac{dI}{dt} = - L \cdot I'_t$

$\mu = \frac{B}{B_0}$ 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); $\mu = 1$ 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, $V = S \cdot l$ - объем соленоида.

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

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

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

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

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

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

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

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0}, \quad v = \frac{\omega_0}{2\pi} \quad T \text{ и } v - \text{период и частота гармонических колебаний, } \omega_0 - \text{циклическая частота.}$$

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

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

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

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

$$F = ma = mx'' \quad , \quad F = -kx; \quad \text{второй закон Ньютона для гармонических колеба-}$$

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

ний пружинного маятника: m - масса груза, подвешенного на пружине с жесткостью k ; $F = -k \cdot x$ - сила упругости; ω_0 - циклическая частота.

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

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

T - период колебаний пружинного маятника: m - масса груза, подвешенного на пружине жесткостью k .

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

кинетическая энергия материальной точки, совершающей прямолинейные гармонические колебания.

$$W_{\Pi} = \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot \omega_0^2 \cdot x^2}{2} = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2 \cdot \cos^2(\omega_0 t + \alpha)}{2}$$

потенциальная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания под действием упругой силы F .

$$W = W_K + W_{\Pi} = \frac{m \cdot A^2 \cdot \omega_0^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.

$$V = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T}$$

связь между скоростью волны V , длиной волны λ , частотой ν , периодом T ;

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

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

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

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

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

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

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

$$q = q_0 \cos(\omega_0 t + \alpha);$$

$$I = \frac{dq}{dt} = q'_t = -q_0 \omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha);$$

$$I = I_0 \cos\left(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2}\right); \quad I_0 = q_0 \omega_0;$$

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.

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

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.
---	--

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

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.

$$E_{\max} = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \quad \text{значение максимальной (амплитудной) ЭДС во вращающейся рамке (при } \sin \omega t = 1 \text{).}$$

$$X_L = \omega \cdot L \quad X_L - \text{(реактивное) индуктивное сопротивление.}$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} \quad X_C - \text{(реактивное) емкостное сопротивление.}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad Z - \text{(импеданс)- полное сопротивление цепи переменного тока, содержащей последовательно}$$

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

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.

$U_{0R} = I_0 R$ $U_{0L} = I_0 X_L$ $U_{0C} = I_0 X_C$	U_{0R}, U_{0L}, U_{0C} – амплитудные значения напряжений на активном сопротивлении, катушке индуктивности и конденсаторе, соответственно, в цепи переменного тока.
--	--

$U_R = I_0 R \cdot \sin \omega t$ $U_C = I_0 X_C \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$ $U_L = I_0 X_L \cdot \sin \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$	фазовые соотношения между напряжениями на активном сопротивлении U_R , катушке индуктивности U_L и конденсаторе U_C , соответственно, в цепи переменного тока.
---	--

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

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

$$P = \frac{U_0 \cdot I_0 \cdot \cos \varphi}{2} = U_{\text{Э}} \cdot I_{\text{Э}} \cdot \cos \varphi ;$$

$$U_{\text{Э}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} ; \quad I_{\text{Э}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} ; \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z} ;$$

P - средняя мощность, выделяемая в цепи переменного тока: $\cos \varphi$ - коэффициент мощности, (φ - сдвиг фаз между U и I), U_0 и I_0 - амплитудные значения, $U_{\text{Э}}$ и $I_{\text{Э}}$ - действующие (эффективные) значения напряжения и силы переменного тока, соответственно.

$$C = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

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

$$V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} = \frac{C}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$$

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.

