Методические указания к решению РГЗ, ИДЗ и контрольных работ.

Основными учебниками для изучения курса физики являются:

1. «Курс физики» А. А. Детлаф, Б. М. Яворский,
2. «Курс общей физики» И.В. Савельев т.1, 2, 3,
3. «Курс физики» Т. И. Трофимова.

или другие учебники, предназначенные для изучения курса общей физики в высших учебных заведениях.

Для успешного решения контрольных работ рекомендуется изучить следующие учебные пособия:

1. «Руководство к решению задач по курсу общей физики» Е.В. Фирганг,
2. «Все решения к «Сборнику задач по общему курсу физики» В.С. Волькенштейн», Е.Н. Изергина, Н.И. Петров т.1, 2,
3. «Сборник задач с решениями» В.М. Гладской, П.И. Самойленко,
4. «Задачник по физике» А.Г. Чертов, А.А. Воробьёв.

Требования к выполнению контрольных работ

При выполнении контрольных работ студенту необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Контрольные работы выполняются в обычной школьной тетради, на обложке которой приводятся сведения по следующему образцу:

Студент
БГТУ им. В.Г. Шухова
Андреев И. П., группа ЭЛз -11
К.Р.№1

2. Контрольные работы выполняются чернилами. Каждая задача должна начинаться с новой страницы. Условия задач переписываются без сокращений.
3. Решения должны сопровождаться пояснениями, раскрывающими физический смысл применяемых формул или законов.
4. Необходимо решить задачу в общем виде, т.е. выразить искомую величину через буквенные обозначения величин, заданных в условии задачи.
5. Подставить в окончательную формулу все величины, выраженные в системе СИ. Произвести вычисления и записать ответ.

Алгоритм решения задач по физике

В виду того, что универсальной методики решения задач не существует, ниже приводится примерный алгоритм, который облегчит Вам решение задач по физике.

1. Внимательно прочитать задачу. Установить в общих чертах условия задачи и каким физическим законам они отвечают.
2. Сделать краткую запись условия задачи. Все данные задачи выразить в единицах системы СИ.
3. Сделать чертеж, схему или рисунок, поясняющие условие задачи. Указать на чертеже все данные и искомые величины задачи.
4. Написать уравнение или систему уравнений, отображающих происходящий в условии задачи физический процесс. При необходимости векторные уравнения записать в проекциях на оси координат
5. Используя условия задачи и чертеж, преобразовать исходные равенства так, чтобы в конечном виде в них входили лишь упомянутые в условиях задачи величины и табличные данные.
6. Решить задачу, получив окончательную формулу в буквенном виде. Проверить размерность полученного равенства и если она совпадает, подставить в неё исходные данные и произвести вычисления. Проанализировать полученный результат и записать окончательный ответ.

Для успешного решения задач по физике необходимо:

1. Хорошо знать формулы и законы физики и уметь правильно их применять.
2. Знать размерность всех величин и уметь правильно переводить размерность величин из одной системы в другую.
3. Уметь определять тип задачи (т.е. к какому разделу физики она относится, и какой алгоритм решения можно применить к данной задаче.)
4. Иметь навык анализа полученной формулы и окончательного числового ответа.

К И Н Е М А Т И К А

По кинематике материальной точки чаще всего встречаются задачи на следующие темы:

1. на составление уравнений поступательного движения,
2. на составление уравнений вращательного движения,
3. на определение средней скорости,
4. по кинематике сложного движения,
5. по кинематике относительного движения.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКЕ

1. Сделать чертёж к задаче, на котором отметить начальные координаты тел и направления векторов их начальных скоростей и ускорений (начало координат обычно помещают в начальной точке движения тела или одного из тел. При

выборе направлений координатных осей следует учитывать направление векторов перемещений, скоростей и ускорений тел).

2 Затем делают аналогичные чертежи для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи.

3 Записать уравнения движения для каждого тела в проекциях на оси координат сначала в общем виде для начального момента времени, а затем для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи.

$$\begin{cases} x = \pm x_0 \pm v_{ox}\, t \pm \dfrac{a_x t^2}{2} \\ y = \pm y_0 \pm v_{oy}\, t \pm \dfrac{a_y t^2}{2} \end{cases}, \qquad \begin{cases} v_x = \pm v_{0x} \pm a_x t \\ v_y = \pm v_{oy} \pm a_y t \end{cases},$$

При необходимости дополнить систему следующими уравнениями связи:

$v^2 - v_0^2 = 2aS$ - если движение равноускоренное,

$v^2 - v_o^2 = -2aS$ - если движение равнозамедленное.

Следует помнить, что проекция вектора считается положительной, если вектор сонаправлен с положительным направлением оси координат, в противном случае проекция вектора считается отрицательной.

Если вектор перпендикулярен оси координат, то его проекция на эту ось равна нулю

4 Решить полученную систему уравнений и найти решение задачи в общем (т.е. буквенном виде). Проанализировать полученное равенство.

5 Проверить размерность этого равенства и если она совпадает, подставить в окончательное уравнение числовые значения данных в условии задачи величин, предварительно переведя их в одну и ту же систему единиц.

6 Проанализировать полученный числовой ответ на физическую достоверность (то есть, скорость тела не может быть больше скорости света в вакууме, КПД двигателя не может быть больше 1 и т. д.)

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПО ОКРУЖНОСТИ

1 Сделать чертёж к задаче, на котором отметить начальное положение материальной точки и направление её векторов скорости и центростремительного ускорения.

2 Затем делают аналогичные чертежи для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи.

3 Записать уравнение вращательного движения сначала в общем виде для начального момента времени, а затем для характерных моментов времени, о которых есть информация в условии задачи:

$\varphi = \pm \varphi_0 \pm \omega\, t$,

где: φ_0 и φ – угол поворота радиус – вектора в начальный момент времени t = 0 с и в произвольный момент времени t.

4 При необходимости записать уравнения связи между угловыми и линейными величинами, характеризующими кинематику материальной точки:

$$\begin{cases} l = \varphi\, r \\ v = \omega\, r \\ a_{цс} = \dfrac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega\, v \end{cases} \qquad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\, n$$

5 Решить полученную систему уравнений и найти решение задачи в общем (т.е. буквенном виде). Проанализировать полученное равенство.

6 Проверить размерность этого равенства и если она совпадает, подставить в окончательное уравнение числовые значения данных в условии задачи величин, предварительно переведя их в одну и ту же систему единиц.

7. Проанализировать полученный числовой ответ на физическую достоверность.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ СЛОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Если в задаче рассматривается движение тела одновременно относительно двух систем отсчёта, одна из которых условно принимается за «подвижную», а другая за «неподвижную» (например, человек идёт по движущемуся вагону или переплывает реку), то скорость или перемещение тела определяются по следующему правилу:

Вектор скорости тела относительно неподвижной системы координат равен векторной сумме скорости подвижной системы координат относительно неподвижной плюс скорость тела относительно подвижной системы координат.

(аналогичное правило для перемещений).

$$\vec{v}_{абсолютная} = \vec{v}_{переносная} + \vec{v}_{относительная}$$

$$\vec{S}_{абсолютгное} = \vec{S}_{переносное} + \vec{S}_{относительное}$$

где:

скорость тела относительно неподвижной системы координат называется ***абсолютной скоростью*** $\vec{v}_{абс}$

скорость подвижной системы координат относительно неподвижной называется ***переносной скоростью*** $\vec{v}_{пер}$

скорость тела относительно подвижной системы координат называется ***относительной скоростью*** $\vec{v}_{отн}$

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО КИНЕМАТИКЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Если в задаче рассматривается движение двух независимых друг от друга тел, движущихся в одной и той же системе координат (например, движение встречных поездов и т.д.), то скорость или перемещение одного тела относительно другого определяются по следующему правилу:

Вектор относительной скорости двух тел $\vec{v}_{21}$ равен векторной разности их абсолютных скоростей.

(аналогичное правило для перемещений)

$$\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$$ - скорость второго тела относительно первого

$$\vec{S}_{21} = \vec{S}_2 - \vec{S}_1$$ - перемещение второго тела относительно первого

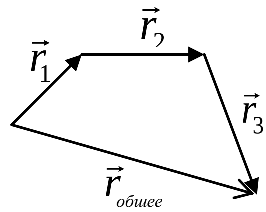
СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ

Следует различать: - среднюю скорость по перемещению $\langle \vec{v} \rangle$ (величина векторная)

- среднюю путевую скорость $\langle v \rangle$ (величина скалярная)

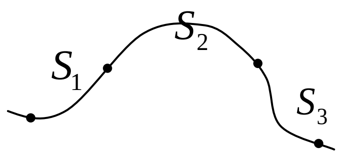
Средней скоростью по перемещению называется векторная величина, равная отношению перемещения тела за какой-либо промежуток времени к величине этого промежутка

$$\langle \vec{v} \rangle = \frac{\vec{r}_{общее}}{t_{общее}} = \frac{\vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \ldots + \vec{r}_n}{t_1 + t_2 + \ldots t_n}$$



Средней путевой скоростью называется скалярная величина, равная отношению пути пройденного телом за какой- либо промежуток времени к величине этого промежутка

$$\langle v \rangle = \frac{S_{общ}}{t_{общ}} = \frac{S_1 + S_2 + \ldots + S_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}$$



особый случай: если тело на каком-либо участке пути движется всё время в одну сторону с одним и тем же по величине и направлению ускорением, то его среднюю путевую скорость можно найти по формуле:

$$\langle v \rangle = \frac{v_2 + v_1}{2}$$

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ДИНАМИКУ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

1 Сделать чертеж к задаче, на котором:
- нарисовать все тела, рассматриваемые в задаче,
- нарисовать все силы, действующие на каждое тело, и, если возможно, указать направления ускорений каждого тела.

2. Для каждого тела записать второй закон Ньютона сначала в векторном виде $\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$, а затем в проекциях на оси координат, для чего сначала:

- для каждого тела выбрать удобную систему координат (начало координат обычно помещают в центре тяжести тела, а одну из координатных осей направляют по вектору ускорения этого тела),
- для каждого тела расписывают своё векторное уравнение в проекциях на каждую ось с учётом знаков проекций сил.

3. Решают полученную систему уравнений.

(необходимо помнить, что число уравнений должно быть равно числу неизвестных. Если уравнений динамики окажется не достаточно, то полученную систему дополняют уравнениями кинематики или законами изменения и сохранения).

Если в задаче требуется найти вес тела или его силу нормального давления, то следует помнить, что по третьему закону Ньютона они равны по величине, но противоположны по направлению силе реакции опоры.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ДИНАМИКУ РАВНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПО ОКРУЖНОСТИ

1 Сделать чертёж к задаче, на котором нарисовать тело, движущееся по окружности, и все силы, действующие на него.

2. следует помнить, что тело движется равномерно по окружности постоянного радиуса только в том случае, если равнодействующая всех сил, действующих на тело, направлена по радиусу к центру этой окружности. Эта сила сообщает телу центростремительное ускорение, которое так же направлена к центру окружности, поэтому:

- ось ОХ направляют по направлению центростремительного ускорения, (то есть к центру окружности, по которой оно движется).
- записывают второй закон Ньютона сначала в векторном виде $\sum \vec{F}_i = m\vec{a}_{ц.с}$, а затем в проекциях на оси координат,

где $a_{ц.с.} = \dfrac{v^2}{r} = \omega^2 \cdot r = \omega \cdot v$.

3. решают полученную систему уравнений.

(при необходимости её дополняют уравнениями движения с учётом, что $S = \varphi \cdot r$, $v = \omega \cdot r$.

Чтобы правильно определить количество сил, действующих на тело, необходимо придерживаться следующего правила:

Сколько тел и полей действует на данное тело, столько и сил (плюс силы трения и сопротивления, если они есть по условию задачи).

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ДИНАМИКУ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ АБСОЛЮТНО ТВЁРДОГО ТЕЛА ВОКРУГ НЕПОДВИЖНОЙ ОСИ

1. Сделать чертёж к задаче, на котором нарисовать тело, вращающееся вокруг неподвижной оси, и все силы, действующие на него, с учётом точек приложения сил.
2. так как тело поступательно не движется, следовательно, относительно центра масс тела выполняется условие:

$$\sum \vec{F}_i = 0 \ ,$$

3. записать основное уравнение динамики вращательного движения тела относительно оси вращения:

$$\sum M_{z\,i} = I_z \varepsilon \, ,$$

4. решают полученную систему уравнений.
   (при необходимости её дополняют уравнениями движения.)

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. установить, работу какой силы необходимо определить (это может быть как отдельная сила, так и результирующая многих сил).
2. работу этой силы можно определить либо:

- по формуле работы механической силы,
- по теореме о кинетической энергии,
- по теореме о потенциальной энергии,
- по закону изменения полной механической энергии.

3. по ходу решения может понадобиться определить угол между вектором силы и перемещением. В этом случае делается рисунок, на котором указывается сила, вектор перемещения и определяется этот угол.

При необходимости определяется величина перемещения.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ

Прежде всего надо разобраться какую мощность требуется определить: среднюю или мгновенную.

Среднюю мощность можно определить по формулам:

$$N = \frac{A}{t} \ \text{ или } \ N = Fv\cdot cos\alpha \text{, если тело движется равномерно.}$$

Мгновенную мощность по формуле:

$N = Fv_{мгн}\cdot cos\alpha$, где $v_{мгн}$ – это мгновенная скорость тела

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ КПД

При определении КПД рекомендуется начинать решение задачи с определяющей формулы, при этом следует разобраться какая работа или мощность являются полезными, а какие затраченными.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

1. сделать два рисунка, на которых изобразить ситуацию, рассматриваемую в задаче непосредственно до взаимодействия и сразу после взаимодействия. Здесь же указать направления векторов скоростей или импульсов всех тел системы.
2. Проанализировать все силы, действующие на тела системы в момент взаимодействия.

- если система замкнута или взаимодействие происходит очень кратковременно (удар, разрыв снаряда, выстрел), то записать закон сохранения импульса для рассматриваемой системы в векторном виде:

$$\left(\sum \vec{p}_{0i}\right)_{начальное} = \left(\sum \vec{p}_i\right)_{конечное},$$

- если система не замкнута, то записать закон изменения в виде :

$$\left(\sum \vec{F}_i^{\,внешних}\right)\Delta t = \vec{p}_{конечное} - \vec{p}_{начальное}.$$

3. Выбрать подходящую систему координат и спроектировать векторные уравнения на оси координат.

(при этом следует помнить, что импульсы всех тел должны быть записаны относительно одной и той же системы координат (обычно относительно земли)),

4. решить полученную систему уравнений (при необходимости её дополнить уравнениями динамики или кинематики).

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

1. сделать рисунок, на котором указать начальное и конечное положения тела (или тел), а также его скорости в начальном и конечном положениях. Выбрать начальный уровень отсчёта потенциальной энергии (обычно он выбирается по самой нижней точке траектории тела).

2. Проанализировать все силы, действующие на тела системы за рассматриваемый промежуток времени.

- если на тела системы действуют только консервативные силы ($F_{грав}$, $F_{тяж}$, $F_{упр}$, $F_{кулона}$, $F_{арх}$) или все действующие на систему неконсервативные силы работы не совершают за рассматриваемый промежуток времени, то записать закон сохранения полной механической энергии для рассматриваемой системы в виде: $E_{начальная} = E_{конечная}$,

- если на тела системы действуют неконсервативные силы, которые совершают работу над телами системы, то записать закон изменения полной механической энергии в виде :

$$\sum A_i^{неконсервативных} = E_{конечная} - E_{начальная} .$$

(при этом следует помнить, что скорости всех тел и работы всех сил должны быть записаны относительно одной и той же системы координат (обычно относительно земли)).

3. расписать работы всех сил и полную механическую энергию в начальном и конечном положениях. Решить полученную систему уравнений (при необходимости её дополнить уравнениями динамики или кинематики).

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ О КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

1. сделать рисунок, на котором указать начальное и конечное положения тела (или тел), а также его скорости в начальном и конечном положениях.

2. Проанализировать все силы, действующие на тела системы за рассматриваемый промежуток времени.

3. записать теорему о кинетической энергии в виде $\sum A_i = T_{конечная} - T_{начальная}$.

(при этом следует помнить, что скорости всех тел должны быть записаны относительно одной и той же системы координат (обычно относительно земли)).

4. расписать работы всех сил и кинетическую энергию в начальном и конечном положениях. Решить полученную систему уравнений (при необходимости её дополнить уравнениями динамики или кинематики).

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕМЫ О ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ

Если в задаче требуется найти работу консервативной силы (особенно $F_{грав}$, $F_{упр}$, $F_{кулона}$), то удобно применить теорему о потенциальной энергии. Для этого необходимо:

1. сделать рисунок, на котором указать начальное и конечное положения тела (или тел), а также выбрать начальный уровень отсчёта потенциальной энергии.

2. записать теорему о потенциальной энергии: $A_{консервативной} = -\,(П_{конечная} - П_{начальная})$.

3. решить данное уравнение.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Если состояние газа не изменяется, то обычно используют уравнение Менделеева – Клапейрона.

- Если состояние газа меняется, то либо для каждого состояния записывают уравнение Менделеева – Клапейрона, либо уравнения для каких – либо изопроцессов (если масса газа не изменяется).

Вследствие испарения с открытой поверхности жидкости над ней всегда находится её пар. Если между паром и жидкостью установится динамическое равновесие, то плотность пара над жидкостью и его давление (упругость) на меняются и для данной жидкости при данной температуре имеют максимальные значения. Такой пар называется **насыщенным**. Пар, давление и плотность которого меньше давления и плотности насыщенного пара, называется **ненасыщенным**.

С достаточной точностью насыщенный и ненасыщенный пар подчиняются уравнению Менделеева-Клапейрона.

Ненасыщенный пар можно перевести в насыщенный при изохорическом охлаждении или изотермическом сжатии.

Температура при которой пар становится насыщенным в случае изохорического охлаждения, называется точкой росы.

Задачи, в которых используется понятие влажности, принципиально почти не отличаются от задач об идеальном газе. К ним предлагается широкое использование таблиц упругости и плотности водяных паров, из которых находят дополнительные данные к тем, что заданы в условии задачи. Например, при заданной температуре ненасыщенного пара и его точке росы можно с помощью таблиц определить абсолютную и относительную влажности воздуха; при заданной температуре насыщающего пара таблица поможет найти его давление (упругость) и плотность при этой температуре. Если требуется найти массу сконденсировавшегося пара, то следует определить массу этого пара как разность масс до и после его частичной конденсации.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА

Здесь можно выделить задачи о взаимодействии однородного магнитного поля с проводником или контуром с током и движущимися заряженными частицами, а также задачи о явлении электромагнитной индукции и самоиндукции.

Схема решения задач на взаимодействие однородного магнитного поля с проводником или контуром с током или с движущимися заряженными частицами

1. сделать схематический чертёж, указав на нём проводник с током, контур с током или движущуюся заряженную частицу,
2. показать направление силовых линий магнитного поля, отметив углы между направлением вектора магнитной индукции и проводником, отдельными элементами контура или вектором начальной скорости частицы и указать заряд частицы.
3. Записать формулы для определения силы Ампера, магнитного вращательного момента силы или силы Лоренца. Если этого оказывается достаточно, то дорешать задачу.
4. Если этого недостаточно, то возможно это задача на динамику или статику. В этом случае определить и нарисовать все силы, действующие на проводник с током, контур с током или частицу, записать уравнение динамики и решить его. При необходимости использовать дополнительно уравнения кинематики или законы сохранения или изменения.
5. Если понадобится использовать законы сохранения или изменения, то выполняют пункт 2 для моментов времени, о которых есть информация в задаче, записывают законы сохранения или изменения импульса или полной механической энергии и решают полученную систему уравнений.

Схема решения задач о явлении электромагнитной индукции и самоиндукции

1. сделать схематический чертёж, указав на нём контур с током,
2. показать направление силовых линий магнитного поля, отметив углы между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к плоскости контура,
3. Записать закон Фарадея. При этом следует установить, за счёт чего изменяется величина магнитного потока: за счёт изменения магнитной индукции, за счёт изменения площади контура или за счёт изменения ориентации контура в магнитном поле. При необходимости добавляют уравнения связи площади контура с его геометрическими размерами и решают полученную систему уравнений.

СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ГИДРОСТАТИКИ

1. сделать рисунки, на которых показать все равновесные уровни жидкости, которые она занимала в разных состояниях и изобразить границы раздела различных жидкостей,
2. выбрать нулевой горизонтальный уровень отсчёта высот столбов различных жидкостей. (обычно его выбирают так, чтобы он проходил по нижней границе раздела сред,
3. записать условие равновесия жидкости, где и суммарное давление внутри жидкости в точках и , располпженных на одном горизонтальном уровне в покоящейся жидкости,
4. если до установления равновесия происходило переливания жидкости из одной части в другую, то к условию равновесия следует добавить условие не сжимаемости жидкости , где -уменьшение объёма жидкости в одной части сосуда, а - увеличение его в другой части сосуда,
5. решить полученную систему уравнений.

Формулы и законы, которые могут Вам понадобиться при решении РГЗ

КИНЕМАТИКА

Положение материальной точки в пространстве задается радиусом-вектором **r**: $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$, $м$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ — единичные векторы направлений (орты); *x, y, z* — координаты точки.

Мгновенная скорость $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$, $\left[\frac{м}{с}\right]$

где $v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$ — проекции скорости v на оси координат.

Модуль скорости $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$

Мгновенное ускорение $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$, $\left[\frac{м}{с^2}\right]$

где $a_x = \frac{dv_x}{dt}, a_y = \frac{dv_y}{dt}, a_z = \frac{dv_z}{dt}$ - проекции ускорения a на оси координат.

Модуль ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$

Уравнения поступательного движения:

$$\vec r = \vec r_0 + \vec v_0 t + \frac{\vec a t^2}{2} \equiv \begin{matrix} x = \pm x_0 \pm v_{ox} t \pm \frac{a_x t^2}{2} \\ y = \pm y_0 \pm v_{0y} t \pm \frac{a_y t^2}{2}; \\ z = \pm z_0 \pm v_{0z} t \pm \frac{a_z t^2}{2} \end{matrix} \qquad \vec v = \vec v_0 + \vec a t \equiv \begin{matrix} v_x = \pm v_{0x} \pm a_x t \\ v_y = \pm v_{oy} \pm a_y t \ ; \\ v_z = \pm v_{oz} \pm a_z t \end{matrix}$$

$v^2 - v_0^2 = 2aS$ - если движение равноускоренное,

$v^2 - v_o^2 = -2aS$ - если движение равнозамедленное.

Угловая скорость $\vec\omega = \frac{d\vec\varphi}{dt}$, $\left[\frac{рад}{с}\right]$

Угловое ускорение $\vec\varepsilon = \frac{d\vec\omega}{dt}$, $\left[\frac{рад}{с^2}\right]$

Полное ускорение материальной точки при криволинейном движении $\vec a = \vec a_n + \vec a_\tau$

Модуль полного ускорение материальной точки при криволинейном движении $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$

Уравнения вращательного движения: $\varphi = \pm\varphi_0 \pm \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$, $\omega = \pm\omega_0 \pm \varepsilon t$

Связь линейных и угловых величин:

$$T = \frac{t}{N};\ n = \frac{N}{t};\quad T = \frac{1}{n};\ \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi n\ ;\ l = \varphi r\ ;\ v = \omega r\ ;\ a_{цс} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = \omega v$$

Кинематика сложного движения:

$$\vec v_{абсолютная} = \vec v_{переносная} + \vec v_{относительная}\ ; \qquad \vec S_{абсолютное} = \vec S_{переносное} + \vec S_{относительное}$$

Кинематика относительного движения: $\vec v_{21} = \vec v_2 - \vec v_1$; $\vec S_{21} = \vec S_2 - \vec S_1$

средняя скорость по перемещению:

$$\vec v_{ср} = \frac{\vec r_{общее}}{t_{общее}} = \frac{\vec r_1 + \vec r_2 + \ldots + \vec r_n}{t_1 + t_2 + \ldots t_n}$$

средняя путевая скорость

$$v_{ср} = \frac{S_{общее}}{t_{общее}} = \frac{S_1 + S_2 + \ldots + S_n}{t_1 + t_2 + \ldots + t_n}$$

ДИНАМИКА МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ

Законы Ньютона: $\begin{cases} \sum \vec F_i = m\vec a \\ \vec F_{12} = -\vec F_{21} \end{cases}$

- сила гравитации $F_{грав} = G\frac{Mm}{r^2}$

- сила тяжести $\vec F_{тяж} = m\vec g$

- сила упругости $\vec F_{упр} = -k\Delta\vec x$

жесткость системы пружин при их последовательном соединении $k = k_1 + k_1 + \ldots + k_n$

жесткость системы пружин при их параллельном соединении $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \ldots \frac{1}{k_n}$

- сила трения скольжения $F_{тр} = \mu \cdot N$

- сила Архимеда $F_{арх} = \rho_ж g V_T$

РАБОТА, МОЩНОСТЬ, КПД . ВИДЫ ЭНЕРГИИ.

- импульс материальной точки $\vec p = m\vec\upsilon$, $\left[\frac{кг \cdot м}{с}\right] \equiv Н \cdot с$

- импульс системы материальных точек $\vec p_{системы} = \sum \vec p_i$

- кинетическая энергия $T = \frac{mv^2}{2}$, $Дж$

- потенциальная энергия материальной точки, поднятой на высоту h относительно нулевого уровня отсчёта потенциальной энергии $\quad П = mgh, \quad Дж$
- потенциальная энергия протяжённого тела, поднятого на высоту h относительно нулевого уровня отсчёта потенциальной энергии $\quad П = mgh_c, \quad Дж$

  где h_c - высота центра тяжести тела относительно нулевого уровня отсчёта потенциальной энергии.
- потенциальная энергия упруго деформированной пружины $\quad П = \dfrac{кx^2}{2}, \quad Дж$
- потенциальная энергия гравитационного взаимодействия $\quad П = -G\dfrac{Mm}{r}, \quad Дж$
- полная механическая энергия $\quad E = T + П, \quad Дж$
- связь силы с потенциальной энергией $\quad \vec{F} = -grad\, W = -\dfrac{dW}{dx}$
- механическая работа силы $\quad A = \int \vec{F} d\vec{s}, \quad Дж$
- механическая работа постоянной по величине и направлению силы $\quad A = FS\cos\alpha, \quad Дж$
- средняя механическая мощность $\quad N = \dfrac{A}{t}, \quad Вт$
- мгновенная механическая мощность $\quad N = Fv\cos\alpha, \quad Вт$
- коэффициент полезного действия (КПД) $\quad \eta = \dfrac{A_{полезная}}{A_{затраченная}} = \dfrac{N_{полезная}}{N_{затраченная}}$

ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

- закон изменения импульса механической системы $\quad \left(\sum \vec{F}_i^{внешних}\right)\Delta t = \vec{p}_{конечное} - \vec{p}_{начальное}$
- закон сохранения импульса замкнутой механической системы $\quad \left(\sum \vec{p}_i\right)_{начальное} = \left(\sum \vec{p}_i\right)_{конечное}$
- закон изменения момента импульса $\quad \sum \vec{M}_i^{внешних} \cdot \Delta t = \vec{L}_{конечное} - \vec{L}_{начальное}$
- закон сохранения момента импульса замкнутой системы $\quad \sum \vec{L}_i\ {}_{начальное} = \sum \vec{L}_i\ {}_{конечное}$
- закон изменения полной механической энергии $\quad \sum A_i^{неконсервативных} = E_{конечная} - E_{начальная}$
- закон сохранения полной механической энергии $\quad E_{начальная} = E_{конечная}$
- теорема о потенциальной энергии $\quad A_{консервативной} = -(П_{конечная} - П_{начальная})$
- теорема о кинетической энергии $\quad \sum A_i = T_{конечная} - T_{начальная}$
- закон движения центра масс $\quad \sum \vec{F}_i = m\vec{a}_{ц.м}$
- закон движения центра масс замкнутой системы $\quad если \ \sum \vec{F}_i^{внешних} = 0 \ \Rightarrow \ \vec{a}_{ц.м} = 0 \ \Rightarrow \ \vec{v}_{ц.м} = const$

Запись законов сохранения и изменения при абсолютно упругом и абсолютно неупругом ударах:

Абсолютно упругий удар: $\quad m_1\vec{v}_{01} + m_2\vec{v}_{02} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 \qquad \dfrac{mv_{01}^2}{2} + \dfrac{mv_{02}^2}{2} = \dfrac{mv_1^2}{2} + \dfrac{mv_2^2}{2}$

Абсолютно неупругий удар: $\quad m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v} \qquad \dfrac{m_1v_1^2}{2} + \dfrac{m_2v_2^2}{2} = \dfrac{(m_1 + m_2)v^2}{2} + \begin{cases} Q \\ \Delta U \end{cases}$

ДИНАМИКА ТВЁРДОГО ТЕЛА

Момент силы относительно неподвижной точки $\vec{M} = \left[\vec{r}\vec{F}\right], \quad Н \cdot м$

Модуль момента силы относительно неподвижной точки $M = Fr\sin\alpha, \quad Н \cdot м$

Момент импульса тела относительно неподвижной точки $\vec{L} = \ \vec{r}\ \vec{p}\ , \quad Дж \cdot с$

Модуль момента импульса тела относительно неподвижной точки $L = rp\sin\alpha, \quad Дж \cdot с$

Момент импульса твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси $L = I\omega, \quad Дж \cdot с$

Кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно неподвижной оси $T = \dfrac{I\omega^2}{2}, \quad Дж$

Кинетическая энергия твёрдого тела, вращающегося относительно оси, движущейся поступательно $T = \dfrac{m\upsilon^2}{2} + \dfrac{I\omega^2}{2}, \quad Дж$

Основное уравнение динамики вращательного движения твёрдого тела $\vec{M} = \dfrac{d\vec{L}}{dt}$ или $M = I\varepsilon, \quad Н \cdot м$

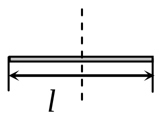
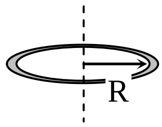
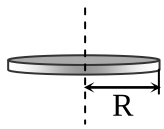
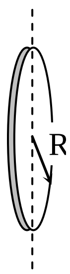
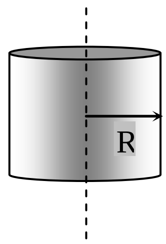
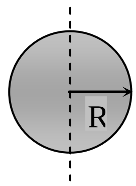
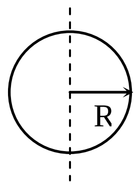
Теорема Штейнера $I = I_c + ma^2, \ \left[кг \cdot м^2\right]$

Момент инерции материальной точки $I = mR^2, \ \left[кг \cdot м^2\right]$

Элементарная работа момента сил при вращении тела вокруг неподвижной оси $dA = M_z d\varphi, \quad Дж$

Работа момента сил при вращении тела вокруг неподвижной оси $A = \int M_z d\varphi, \quad Дж$

Собственные моменты инерции некоторых тел

однородный тонкий стержень длиной *l*	О однородный тонкий обруч и тонк остенный ц цилиндр радиусом R	Од одноородный тонкий д диск радиусом R	однород ный тонкий диск рад радиусом R	однородный сплошной цилиндр радиусом R	Од однородный шар радиусом R	однородная сфера радиусом R
						
$I = \dfrac{ml^2}{12}$	$I = mR^2$	$I = \dfrac{mR^2}{2}$	$I = \dfrac{mR^2}{4}$	$I = \dfrac{mR^2}{2}$	$I = \dfrac{2}{5}mR^2$	$I = \dfrac{2}{3}mR^2$

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

- уравнение гармонических колебаний $x = A\cos(\omega t + \varphi_o)$
- скорость тела при гармонических колебаниях $\upsilon = \dfrac{dx}{dt} = -A\omega\sin(\omega t + \varphi_o), \ \left[\dfrac{м}{с}\right]$
- ускорение тела при гармонических колебаниях $a = \dfrac{dv}{dt} = -A\omega^2\cos(\omega t + \varphi_o), \ \left[\dfrac{м}{с^2}\right]$
- кинетическая энергия колеблющейся точки $T = \dfrac{m\upsilon^2}{2} = \dfrac{1}{2}mA^2\omega_0^2\sin^2(\omega_0 t + \varphi), \quad Дж$
- потенциальная энергия колеблющейся точки $П = \dfrac{kx^2}{2} = \dfrac{1}{2}mA^2\omega_0^2\cos^2(\omega_0 t + \varphi), \quad Дж$

- полная механическая энергия колеблющейся точки $E = T + П = П_{мах} = \frac{kx_{мах}^2}{2} = T_{мах} = \frac{m\upsilon_{мах}^2}{2} = \frac{1}{2}mA^2\omega_0^2$
- дифференциальное уравнение гармонических колебаний $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$
- дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний $\ddot{x} + 2\beta\,\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$
- дифференциальное уравнение вынужденных колебаний $\ddot{x} + 2\beta\,\dot{x} + \omega_0^2 x = x_0 \cos\Omega t$
- декремент затухания $Д = \frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\beta t}$
- логарифмический декремент затухания $\lambda = \ln\frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta t$
- добротность колебательного контура $Q = \frac{\pi}{\lambda} = \frac{\omega_0}{2\beta}$
- амплитуда вынужденных колебаний $A(\Omega) = \frac{f}{\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + (2\beta\Omega)^2}}$
- начальная фаза вынужденных колебаний $\varphi = arctg\frac{2\beta\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2}$
- период колебаний математического маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, c
- период колебаний пружинного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, c
- период колебаний физического маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{mgd}}$, c
- период электромагнитных колебаний в колебательном контуре $T = 2\pi\sqrt{LC}$, c
- Амплитуда результирующего колебания, получающегося при сложении двух гармонических колебаний одинакового направления и одинаковой частоты:

$$A_{рез}^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

- Начальная фаза результирующего колебания, получающегося при сложении двух гармонических колебаний одинакового направления и одинаковой частоты:

$$tg\,\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}$$

- Уравнение траектории движения точки, участвующей в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаниях одинаковой частоты:

$$\frac{x^2}{A^2} - 2\frac{xy}{AB}\cos\varphi + \frac{y^2}{B^2} = \sin^2\varphi$$

- Уравнение плоской гармонической бегущей волны $\xi(x,t) = A\cos(\omega t - kx + \varphi_o)$, где $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{\upsilon}$ - волновое число

Связь между разностью фаз колебаний двух точек волны и расстоянием между ними $\Delta\varphi = k\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1)$

- скорость продольной и поперечной волн в твёрдых телах $\upsilon_{прод} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$ $\upsilon_{попер} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$, $\left[\frac{м}{c}\right]$
- скорость продольной волны в газе $\upsilon_{прод} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$, $\left[\frac{м}{c}\right]$

ОСНОВЫ МКТ

- количество вещества $\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu}$, $моль$

- основные уравнения МКТ: $p = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle$ и $p = nkT$, $Па \cdot с$

- средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул идеального газа $\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT = \frac{m_o \langle v \rangle^2}{2}$, $Дж$

- наиболее вероятная скорость теплового движения молекул идеального газа $\upsilon_в = \sqrt{\frac{2kT}{m_o}} = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$, $\left[\frac{м}{с}\right]$

- средняя квадратичная скорость теплового движения молекул идеального газа $\langle \upsilon_{кв} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_o}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$, $\left[\frac{м}{с}\right]$

ТЕРМОДИНАМИКА

- закон Менделеева – Клапейрона $PV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT$;

- закон Клапейрона $\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$ или $\frac{PV}{T} = const$, если $m = const$;

- зависимость объёма и давления идеального газа от его температуры

$V_t = V_o (1 + \alpha \cdot t)$ при $p = const$

$p_t = p_o (1 + \alpha \cdot t)$ при $V = const$;

- закон Дальтона $p_{смеси} = p_1 + p_2 + ... + p_n$

- парциальное давление i – го газа смеси $p_i V_{смеси} = \nu_i RT_{смеси} = \frac{m_i}{\mu_i} RT_{смеси}$

- КПД теплового двигателя $\eta = \frac{A_{полезная}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

- КПД идеальной тепловой машины (машины Карно) $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$

- первое начало термодинамики $Q = \Delta U + A$, $Дж$

- внутренняя энергия идеального газа $U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$, $Дж$

- изменение внутренней энергии идеального газа $\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$, $Дж$

где $i = 3$ для одноатомных газов,
$i = 5$ для двухатомных газов ,
$i = 6$ для трёх и более атомных газов

- работа идеального газа при изохорическом процессе: если $V = const$, то $A = 0$

- работа идеального газа при изобарическом процессе если $p = const$, то $\begin{cases} A = p \Delta V \\ A = \frac{m}{\mu} R \Delta T \end{cases}$

- работа идеального газа при изотермическом процессе если $T = const$, то $\begin{cases} A = \frac{m}{\mu} RT \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \\ A = \frac{m}{\mu} RT \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} \end{cases}$

- уравнение Майера $R = C_p - C_V$

- молярная теплоёмкость идеального газа при постоянном объёме $C_V = \frac{i}{2} R$, $\left[\frac{Дж}{моль \cdot К}\right]$

- молярная теплоёмкость идеального газа при постоянном давлении $C_p = \frac{i+2}{2} R$, $\left[\frac{Дж}{моль \cdot К}\right]$

- удельная теплоёмкость идеального газа при постоянном объёме $c_V = \frac{i}{2}\frac{R}{\mu}$, $\left[\frac{Дж}{кг \cdot К}\right]$
- удельная теплоёмкость идеального газа при постоянном давлении $c_p = \frac{i+2}{2}\frac{R}{\mu}$, $\left[\frac{Дж}{кг \cdot К}\right]$
- средняя длина свободного пробега молекул идеального газа $\langle l \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}$
- количество теплоты необходимое для нагревания вещества $Q = cm\ t_2 - t_1$, $Дж$
- количество теплоты, выделяющееся при сгорании вещества $Q = qm$, $Дж$
- количество теплоты необходимое для плавления вещества $Q = \lambda m$, $Дж$
- количество теплоты необходимое для испарения вещества $Q = Lm$, $Дж$
- закон Фика $m = -D\frac{d\rho}{dx}St$
- закон Ньютона $p = -\eta\frac{d\upsilon}{dx}St$
- закон Фурье $Q = -\lambda\frac{dT}{dx}St$
- закон Ньютона для вязкого трения $F = -\eta\frac{d\upsilon}{dx}S$
- коэффициент диффузии $D = \frac{1}{3}\langle\upsilon\rangle\langle l\rangle$, $\left[\frac{м^2}{с}\right]$
- коэффициент вязкости $\eta = \frac{1}{3}\rho\langle\upsilon\rangle\langle l\rangle$, $Па \cdot с$
- коэффициент теплопроводности $\lambda = \frac{1}{3}\rho\langle\upsilon\rangle\langle l\rangle c_V$
- среднее число столкновений молекул идеального газа за 1 секунду $\langle z\rangle = \sqrt{2}\,\pi d^2 n\langle\upsilon\rangle$

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

- сила электростатического взаимодействия двух точечных зарядов $F_{кул} = k\frac{|q_1||q_2|}{\varepsilon r^2}$

где $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9\,\frac{Нм^2}{Кл^2}$; $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}\,\frac{Ф}{м}$; $\varepsilon = \frac{F_{в.вакууме}}{F_{в.веществе}} = \frac{E_{в.вакууме}}{E_{в.веществе}}$

- напряжённость электрического поля $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$, $\left[\frac{Н}{Кл}\right] \equiv \left[\frac{В}{м}\right]$
- потенциал электростатического поля $\varphi = \frac{П}{q}$, $В$
- принцип суперпозиции для электростатического поля

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n = \sum \vec{E}_i$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \ldots + \varphi_n = \sum \varphi_i$$

- сила, действующая на точечный заряд в электрическом поле $\vec{F} = q\vec{E}$, $Н$
- потенциальная энергия точечного заряда в электростатическом поле $П = q\varphi$, $Дж$
- потенциальная энергия электростатического взаимодействия двух точечных зарядов $П = k\frac{q_1 q_2}{\varepsilon r}$, $Дж$
- напряжённость электростатического поля точечного заряда $E = k\frac{q}{\varepsilon r^2}$, $\left[\frac{Н}{Кл}\right] \equiv \left[\frac{В}{м}\right]$

- потенциал электростатического поля точечного заряда $\varphi = k\dfrac{q}{\varepsilon r}$, B

- напряжённость электростатического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости $E = \dfrac{1}{2}\dfrac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$, $\left[\dfrac{H}{Кл}\right] \equiv \left[\dfrac{B}{м}\right]$

- работа сил электрического поля по перемещению точечного заряда

$$A_{ЭП} = q\ \ \varphi_{начальный} - \varphi_{конечный} \qquad \text{или} \qquad A_{ЭП} = -\ \ \Pi_{начальная} - \Pi_{конечная}$$

- закон сохранения электрического заряда $\left(\sum q_i\right)_{начальное} = \left(\sum q_i\right)_{конечное}$

- Связь между напряжённостью электростатического поля и потенциалом $\vec{\mathbf{E}} = -\dfrac{d\varphi}{d\vec{r}} = -grad\varphi$

- Теорема Остроградского – Гаусса для электрического поля в вакууме $\Phi = \oint\limits_S \vec{E}d\vec{S} = \dfrac{1}{\varepsilon_0}\sum q_i$

- Теорема Остроградского – Гаусса для электрического поля в веществе $\oint\limits_S \vec{D}d\vec{S} = \sum Q_{своб}$

- связь $\vec{D}$ и $\vec{E}$ $\vec{D} = \varepsilon\varepsilon_0\vec{E}$

МАГНЕТИЗМ

- связь магнитной индукции и напряжённости магнитного поля $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$, $Тл$
- принцип суперпозиции для магнитного поля

$$\vec{B}_{рез} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \ldots + \vec{B}_n \qquad \vec{H}_{рез} = \vec{H}_1 + \vec{H}_2 + \ldots + \vec{H}_n$$

- закон Био – Савара – Лапласа $d\vec{B} = \dfrac{\mu\mu_0}{4\pi}\cdot\dfrac{I\left[d\vec{l}\times\vec{r}\right]}{r^3}$
- закон полного тока для магнитного поля в вакууме $\oint\limits_L \vec{B}d\vec{l} = \mu_0\sum\limits_{k=1}^{N} I_k$
- закон полного тока для магнитного поля в веществе $\oint\limits_L \vec{H}d\vec{l} = \sum I$
- теорема Гаусса для магнитного поля $\oint\limits_S \vec{B}d\vec{S} = \oint\limits_S B_n dS = 0$
  - магнитное поле прямолинейного бесконечно длинного проводника с током $B = \mu\mu_0\dfrac{I}{2\pi r}$, $Тл$
  - магнитное поле в центре кругового витка с током $B = \mu\mu_0\dfrac{I}{2R}$, $Тл$
  - магнитное поле бесконечно длинного соленоида с током $B = \mu\mu_0 In = \mu\mu_0 I\dfrac{N}{l}$, $Тл$
  - магнитное поле прямолинейного проводника конечной длины с током $B = \dfrac{\mu\mu_0}{4\pi}\dfrac{I}{a}\ \cos\alpha - \cos\beta$, $Тл$
  - магнитное поле по середине прямолинейного проводника с током $B = \dfrac{\mu\mu_0}{2\pi}\dfrac{I}{a}\cos\alpha$, $Тл$
  - индуктивность соленоида $L = \mu\mu_0 n^2 V = \mu\mu_0\dfrac{N^2}{l}S$, $Гн$
- сила магнитного взаимодействия двух параллельных прямолинейных проводников с током $F_{магн} = \dfrac{\mu\mu_0}{2\pi}\dfrac{I_1 I_2}{r}l$
  - сила Ампера $d\vec{F}_A = I\left[d\vec{l}\ \vec{B}\right]$, где модуль силы $dF_A = IBdl\sin\alpha$
  - сила Лоренца $\vec{F}_Л = q\left[\vec{v}\ \vec{B}\right]$, где модуль силы $F_Л = |q|\nu B\sin\alpha$
- механический магнитный момент, действующий на контур с током в магнитном поле

$$\vec{M} = \left[\vec{p}_m\ \vec{B}\right], \qquad \text{где модуль момента силы} \qquad M = p_m B\sin\alpha = IBS\sin\alpha$$

- поток вектора магнитной индукции $\Phi = BS\cos\alpha$

- собственный магнитный поток контура и соленоида с током $\Phi_{\text{собст}} = LI$
- изменение собственного магнитного потока контура и соленоида с током

$$\Delta\Phi_{\text{собст}} = L\Delta I \qquad \Delta\Phi = \Phi_{\text{конечный}} - \Phi_{\text{начальный}}$$

- работа сил магнитного поля по перемещению проводника или контура с током $A_{\text{мп}} = I\Delta\Phi$, *Дж*

- ЭДС индукции (закон Фарадея) $\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, *В*

- ЭДС индукции, возникающая в движущемся в однородном магнитном поле прямолинейном проводнике $\mathcal{E}_{\text{инд}} = v B_{\perp} l \sin\alpha$, *В*

- ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_{\text{сам}} = -\dfrac{d\,\Phi_{\text{собст}}}{d\,t} = -L\dfrac{d\,I}{d\,t}$, *В*

- энергия магнитного поля проводника и контура с током $W_{\text{мп}} = \dfrac{LI^2}{2}$, *Дж*

- объёмная плотность энергии магнитного поля $\boldsymbol{w_m = \dfrac{B^2}{2\mu\mu_0} = \dfrac{\mu\mu_0 H^2}{2}}$

ПОСТОЯННЫЙ ТОК

сила тока $I = \dfrac{dq}{dt}$

плотность тока $j = \dfrac{I}{S}$

ЭДС источника тока $\boldsymbol{\mathcal{E} = \dfrac{A_{ст}}{q}}$

закон Ома для участка электрической цепи $I = \dfrac{U}{R}$

закон Ома для замкнутой электрической цепи $I = \dfrac{\mathcal{E}}{R+r}$

зависимость сопротивления металлического проводника от его размеров $R = \rho\dfrac{l}{S}$

зависимость сопротивления металлического проводника от его температуры $R_t = R_0 \;\; 1+\alpha t$

зависимость удельного сопротивления металлического проводника от его температуры $\rho_t = \rho_0 \;\; 1+\alpha t$

работа постоянного тока $A = qU = IUt$ или $A = I^2Rt = \dfrac{U^2}{R}t$, *Дж*

мощность постоянного тока $P = IU$ или $P = I^2R = \dfrac{U^2}{R}$, *Вт*

закон Джоуля – Ленца $Q = IUt$ или $Q = I^2Rt = \dfrac{U^2}{R}t$, *Дж*

ЭДС $\boldsymbol{\mathcal{E}} = \dfrac{A_{\text{сторонних}}}{q}$,

напряжение $U = \dfrac{A_{\text{сторонних}} + A_{\text{кулоновских}}}{q}$

напряжение на клеммах источника тока $U_{\text{ист}} = \varepsilon - Ir = IR$, *В*

полезная работа источника постоянного тока $A_{\text{полезная}} = qU_{\text{ист}} = IU_{\text{ист}}t$, *Дж*

затраченная (полная) работа источника постоянного тока $A_{\text{затраченная}} = q\mathcal{E} = I\mathcal{E}t$ или

$$A_{\text{затраченная}} = \frac{\mathcal{E}^2}{R+r} = I^2 \;\; R+r$$

полезная мощность источника постоянного тока $P_{полезная} = \frac{A_{полезная}}{t} = IU_{ист}$, Вт

затраченная (полная) мощность источника постоянного тока $P_{затраченная} = \frac{A_{затраченная}}{t} = I\mathcal{E}$, Вт

КПД источника тока $\eta = \frac{A_{полезная}}{A_{затраченная}} = \frac{P_{полезная}}{P_{затраченная}}$

Ёмкость уединённого проводника $C = \frac{q}{\varphi}$

Ёмкость конденсатора $C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}$

Ёмкость плоского конденсатора $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$

Электрическая емкость сферического конденсатора $\boldsymbol{C = 4\pi \frac{\varepsilon\varepsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}}$

Электрическая емкость цилиндрического конденсатора $\boldsymbol{C = 2\pi \frac{\varepsilon\varepsilon_0 l}{ln\frac{R_2}{R_1}}}$

Энергия электрического поля уединённого проводника $W_{ЭП} = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C}$, Дж

Энергия электрического поля конденсатора $W_{ЭП} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C}$, Дж

Объёмная плотность энергии электрического поля $\boldsymbol{w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{ED}{2}}$, $\left[\frac{Дж}{м^3}\right]$

Последовательное соединение проводников

$$\begin{cases} R_{общ} = R_1 + R_2 + \ldots + R_n \\ U_{общ} = U_1 + U_2 + \ldots + U_n \\ I_{общ} = I_1 = I_2 = \ldots = I_n \\ I_i = \frac{U_i}{R_i} \qquad I_{общ} = \frac{U_{общ}}{R_{общ}} \end{cases}$$

Параллельное соединение проводников

$$\begin{cases} \frac{1}{R_{общ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots \frac{1}{R_n} \\ U_{общ} = U_1 = U_2 = \ldots = U_n \\ I_{общ} = I_1 + I_2 + \ldots + I_n \\ I_i = \frac{U_i}{R_i} \qquad I_{общ} = \frac{U_{общ}}{R_{общ}} \end{cases}$$

Последовательное соединение конденсаторов

$$\begin{cases} \frac{1}{C_{общ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \ldots \frac{1}{C_n} \\ U_{общ} = U_1 + U_2 + \ldots + U_n \\ q_{общ} = q_1 = q_2 = \ldots = q_n \\ C_i = \frac{q_i}{U_i} \qquad C_{общ} = \frac{q_{общ}}{U_{общ}} \end{cases}$$

Параллельное соединение конденсаторов

$$\begin{cases} C_{общ} = C_1 + C_2 + \ldots + C_n \\ U_{общ} = U_1 = U_2 = \ldots = U_n \\ q_{общ} = q_1 + q_2 + \ldots + q_n \\ C_i = \frac{q_i}{U_i} \qquad C_{общ} = \frac{q_{общ}}{U_{общ}} \end{cases}$$

Правила Кирхгофа для цепей постоянного тока

Первое правило Кирхгофа $\sum_{i=1}^{n} I_i = 0$

Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся а узле, равна нулю, т.е.

Второе правило Кирхгофа $\sum_{i=1}^{n} I_i \cdot R_i = \sum_{k=1}^{m} \varepsilon_k$

В любом замкнутом контуре, произвольно выбранном в разветвленной электрической цепи, алгебраическая сумма падений напряжений (произведений сил токов J на сопротивление R) на отдельных участках цепи этого контура равна алгебраической сумме ЭДС Ek, встречающихся в контуре:

Применяя законы Кирхгофа необходимо:

1. Определить число электрических узлов и независимых контуров в схеме

Узлом называется место соединения трех и более проводников.

Контур – это любая замкнутая цепь.

Независимый контур – контур, который содержит хотя бы одну новую ветвь. Ветвь – участок цепи от узла до узла

2. Перед составлением уравнений произвольно выбрать и указать стрелками на чертеже:

а) направление токов (если они не задана по условию задачи) во всех сопротивлениях, входящих в цепь, учитывая, что от узла до узла течёт один и тот же ток;

б) направление обхода контура.

3. При составлении уравнений по первому закону Кирхгофа считать токи, подходящие к узлу, положительными, а токи, отходящие от узла - отрицательными.

Число уравнений, составляемых по первому закону Кирхгофа, должно быть на единицу меньше числа узлов, содержащихся в цепи.

4. При составлении уравнений по второму правилу Кирхгофа следует считать:

а) падение напряжения на участке цепи (т.е. произведение $I \cdot R$) входит в уравнение со знаком плюс, если направление тока в данном участке совпадает с выбранным направлением обхода контура; в противном случае произведение $I \cdot R$ входит в уравнение со знаком минус;

б) ЭДС ε входит в уравнение со знаком плюс, если оно повышает потенциал в направлении обхода контура: т.е. если при обходе контура внутри источника тока приходится идти от минуса к плюсу, в противном случае ЭДС ε входит в уравнение со знаком минус.

Число независимых уравнений, которые могут быть составлены по второму закону Кирхгофа, равно числу независимых контуров, имеющихся в цепи.

Для составления уравнений первый контур можно выбрать произвольно. Все следующие контуры следует выбирать таким образом, чтобы в каждый новый контур входила хотя бы одна ветвь цепи, не участвовавшая ни в одном из ранее использованных контуров. Произвольно выбранное направление обхода по контурам не изменяется до конца решения задачи.

Если при решении уравнений, составленных вышеуказанным способом, получены отрицательные значения силы тока или напряжения, то это означает, что ток через данное сопротивление в действительности течет в направлении, противоположном выбранному.

ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

Эффективное (или действующее) значение силы тока и напряжения $I_{эфф} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ и $U_{эфф} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$

Закон Ома для цепи переменного тока только с активным сопротивлением $I_m = \frac{U_m}{R}$

Закон Ома для цепи переменного тока с идеальной индуктивность $I_m = \frac{U_m}{\omega L}$

Индуктивное сопротивление $X_L = \omega L$

Закон Ома для цепи переменного тока с идеальной ёмкостью $I_m = \omega C U_m = \frac{U_m}{\frac{1}{\omega C}}$

Емкостное сопротивление $X_C = \frac{1}{\omega C}$

Закон Ома для цепи переменного тока с последовательно соединёнными активным сопротивлением, ёмкостью и индуктивностью

$$I_m = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} = \frac{U_m}{Z}$$

Полное сопротивление (или импеданс) цепи переменного тока $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$

Сдвиг фаз между силой тока и напряжением в цепи переменного тока $tg\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}$

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Уравнения Максвелла в интегральной форме (или полевые уравнения Максвелла)

Первое уравнение $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$

Второе уравнение $\oint\limits_L \vec{H}d\vec{l} = \int\limits_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S}$

Третье уравнение $\oint\limits_S \vec{D}d\vec{S} = \int\limits_V \rho\, dV$

Четвёртое уравнение $\oint\limits_S \vec{B}d\vec{S} = 0$

Уравнения Максвелла в дифференциальной форме

Первое уравнение $rot\,\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Второе уравнение $rot\,\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

Третье уравнение $div\,\vec{D} = \rho$

Четвёртое уравнение $div\,\vec{B} = 0$

граничные условия (условия на границе раздела двух сред)

Для электрического поля $D_{2n} - D_{1n} = \sigma$, $E_{2\tau} - E_{1\tau} = 0$

Для магнитного поля $H_{2\tau} - H_{1\tau} = j_N^{поверх}$, $B_{2n} - B_{1n} = 0$,

Вектор Умова – Пойтинга $\vec{\Pi} = \left[\vec{E} \times \vec{H} \right]$

ОПТИКА

Оптическая разность хода двух лучей $\Delta = n_2 l_2 - n_1 l_1$

Условие интерференционных максимумов $\Delta = \pm 2m \frac{\lambda}{2}$

Условие интерференционных минимумов $\Delta = \pm\ 2m+1\ \frac{\lambda}{2}$

Оптическая разность хода двух лучей при интерференции света, отражённого от верхней и нижней границы тонкой плоскопараллельной пластины $\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin\alpha}\ \pm \frac{\lambda}{2} = 2dn\cos\alpha \pm \frac{\lambda}{2}$

(если $n \rangle n_0$, то $-\frac{\lambda}{2}$, если $n \langle n_0$, то $+\frac{\lambda}{2}$, где n - показатель преломления плёнки, n_0 - показатель преломления среды, в которой находится плёнка, причём среда по обе стороны плёнки одна и таже).

Если пленка лежит на материале, имеющем показатель преломления больше, чем у пленки, то оба луча при отражении потеряют по полволны и уравнение (14.14) примет вид

$$\delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i}. \qquad (14,15)$$

Ширина интерференционной полосы в опыте Юнга $\Delta x = \frac{b\lambda}{d} = \frac{bc}{d\nu}$, $м$

Радиусы светлых колец Ньютона в отражённом свете $r_m^{светл} = \sqrt{\ 2m-1\ \frac{\lambda}{2} R}$, $м$

Радиусы тёмных колец Ньютона в отражённом свете $r_m^{темн} = \sqrt{m\lambda R}$, $м$

Радиус внешней границы m-ой зоны Френеля для сферической волны $r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m\lambda}$, $м$

Радиус внешней границы m-ой зоны Френеля для плоской волны $r_m = \sqrt{bm\lambda}$, $м$

Условие дифракционных максимумов от одной щели $a\sin\varphi = \pm\ 2m+1\ \frac{\lambda}{2}$

Условие дифракционных минимумов от одной щели $a\sin\varphi = \pm 2m\frac{\lambda}{2}$

Условие главных дифракционных максимумов от дифракционной решётки $d\sin\varphi = \pm 2m\dfrac{\lambda}{2}$

Условие главных дифракционных минимумов от дифракционной решётки $a\sin\varphi = \pm 2m\dfrac{\lambda}{2}$

Угловая дисперсия дифракционной решётки $D = \dfrac{d\varphi}{d\lambda} = \dfrac{m}{d\cos\varphi}, \ \left[\dfrac{рад}{м}\right]$

Разрешающая способность дифракционной решётки $R = \dfrac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN_{общее}$

Условие дифракционных максимумов от пространственной дифракционной решётки (формула Вульфа - Брэггов) $2d\sin\theta = m\lambda$

Давление света при нормальном падении на вещество $p = \dfrac{E_e}{c}(1+\rho) = \omega(1+\rho), \quad Па$

Закон Малюса $I_2 = I_1\cos^2\varphi$

Закон Брюстера $tg\alpha_{Бр} = n_{21}$

Закон преломления света (закон Снеллиуса) $\dfrac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \dfrac{\upsilon_1}{\upsilon_2} = \dfrac{n_2}{n_1} = n_{21}$

Закон Стефана – Больцмана для абсолютно чётного тела $R_T = \sigma T^4$

Закон Стефана – Больцмана для серого тела $R_T^c = a_T\sigma T^4$

Закон Рэлея – Джинса $r_{\lambda,T} = \dfrac{2\pi c^2}{\lambda^4}kT$

Закон смещения Вина $\lambda_{\max} = \dfrac{b}{T}$, где $b = 2.9\cdot 10^{-3}\ м\cdot К$

Зависимость максимальной спектральной плотности энергетической светимомти абсолютно чёрного тела от его температуры $r_{\lambda,T}^{\max} = CT^5$, где $C = 1{,}30\cdot 10^{-5}\ \dfrac{Вт}{м^3\cdot К^5}$

Изменение длины волны рентгеновского излучения при комптоновском рассеивании (эффект Комптона) $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \dfrac{h}{mc}(1-\cos\theta) = 2\dfrac{h}{mc}\sin^2\dfrac{\theta}{2}$

Закон ослабления рентгеновского и гамма-излучения при их прохождении через вещество $I = I_0 e^{-\mu x}$

Эффект Доплера для ЭМВ $\nu_{приёмника} = \nu_{источника}\dfrac{\sqrt{1-\dfrac{\upsilon^2}{c^2}}}{1+\dfrac{\upsilon^2}{c^2}\cos\theta}$

Степень поляризации света $P = \dfrac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$

АТОМНАЯ ФИЗИКА

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта $h\nu = A_{вых} + \dfrac{m\upsilon_{\max}^2}{2}$ или $E_ф = A_{вых} + T_{\max}$

Запирающий (задерживающий) потенциал при фотоэффекте можно определить по формуле $|e|U_{зап} = \dfrac{m\upsilon_{\max}^2}{2}$

Связь работы выхода с красной границей фотоэффекта $\begin{cases} h\nu_{кр} = A_{вых} \\ \dfrac{hc}{\lambda_{кр}} = A_{вых} \end{cases}$

Энергия фотона $E_ф = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$ или $E_ф = m_ф c^2$

Импульс фотона $p_ф = \dfrac{h}{\lambda}$ или $p_ф = m_ф c$

Скорость света в вакууме $c = \lambda \nu = 3 \cdot 10^8 \ \dfrac{м}{с}$

Формула Бальмера – Ридберга $\dfrac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{\lambda}} = \boldsymbol{R}\left(\dfrac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{m}^2} - \dfrac{\mathbf{1}}{\boldsymbol{n}^2}\right)$

Законы радиоактивного распада

$$\begin{cases} N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = N_0 2^{-\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}} \\ m = m_0 e^{-\lambda t} = m_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = m_0 2^{-\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}} \\ A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\frac{t}{\tau}} = A_0 2^{-\frac{t}{T_{\frac{1}{2}}}} \end{cases}$$

Период полураспада $T_{\frac{1}{2}} = \dfrac{\ln 2}{\lambda} = \dfrac{0.693}{\lambda}$

Активность радиоактивного нуклида $A = \lambda N$

Радиус ядра $R = R_0 \sqrt[3]{A}$

Дефект массы ядра $\Delta m = \left[Zm_p + \ A - Z \ \ m_n \right] - m_я$

Энергия связи нуклонов в ядре $E_{связи} = \Delta mc^2 = \left[Zm_p + \ A - Z \ \ m_n - m_я \right] c^2$

при **α**-распаде $\boldsymbol{{}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He}$,

при **β**-распаде $\boldsymbol{{}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e}$.

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Соотношения неопределённости Гейзенберга $\Delta \boldsymbol{p_x} \Delta \boldsymbol{x} \geq \boldsymbol{\hbar}$, $\Delta \boldsymbol{E} \Delta \boldsymbol{\tau} \geq \boldsymbol{\hbar}$

Длина волны де Бройля $\lambda = \dfrac{h}{p}$