



Все главные формулы по физике

Оглавление

Кинематика	2
Динамика	3
Статика	4
Гидростатика	5
Импульс	5
Энергия	6
Молекулярная физика	7
Термодинамика	8
Электростатика	10
Электрический ток	11
Магнетизм	13
Колебания	14
Оптика	16
Атомная и ядерная физика	17
Основы СТО	19
Равномерное движение по окружности	20



Кинематика

Путь и перемещение при равномерном движении:

$$L = v \cdot t$$

где: L – путь, v – скорость тела, t – время в течении которого оно двигалось. Перемещение S (расстояние по прямой между начальной и конечной точкой движения) обычно находится из геометрических соображений. Часто геометрические соображения для нахождения перемещения требуют знания теоремы Пифагора: $c^2 = a^2 + b^2$, где: c – гипотенуза прямоугольного треугольника, a и b – катеты этого треугольника.

Координата при равномерном прямолинейном движении изменяется по закону (аналогичные уравнения получаются для остальных координатных осей):

$$x = x_0 + v_{0x}t$$

Средняя скорость движения:

$$v_{\text{ср. пути}} = \frac{L_{\text{полн}}}{t_{\text{полн}}} = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}$$

$$|\vec{v}_{\text{ср. перемещения}}| = \frac{|\vec{S}_{\text{полн}}|}{t_{\text{полн}}}$$

Равноускоренное прямолинейное движение (a – ускорение, v – конечная скорость тела, v_0 – начальная скорость тела, t – время движения, S – модуль перемещения):

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t} \quad v = v_0 + at$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{v + v_0}{2}$$

$$S = v_0 t + \frac{at^2}{2} \quad S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \quad S = v_{\text{ср}} t = \frac{v + v_0}{2} t$$

Уравнение прямолинейного равноускоренного движения может быть спроектировано на оси, тогда зависимости координаты и скорости от времени примут вид:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t$$

Аналогичные уравнения получаются для остальных координатных осей. В такую запись значение проекций скоростей и ускорения вносится с учетом знака: «+» ставят если соответствующий вектор сонаправлен данной оси, а «-» если противоположен.

Скорость, с которой упадет тело, падающее с высоты h без начальной скорости и время падения (g – ускорение свободного падения):

$$v = \sqrt{2gh} \quad t_{\text{падения}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Максимальная высота на которую поднимется тело, брошенное вертикально вверх с начальной скоростью v_0 , время подъема этого тела на максимальную высоту, и полное время полета (до возвращения в исходную точку):

$$h_{\text{max}} = \frac{v_0^2}{2g} \quad t_{\text{подъема}} = \frac{v_0}{g} \quad t_{\text{полета}} = \frac{2v_0}{g}$$

Тормозной путь тела двигавшегося до начала торможения со скоростью v_0 , а затем тормозившего с ускорением a :

$$S_{\text{торм}} = \frac{v_0^2}{2a}$$



Горизонтальный бросок (H – начальная высота, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения, v_0 – начальная скорость). Время падения:

$$t_{\text{падения}} = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Дальность полета:

$$S_x = v_0 t_{\text{падения}} = v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Полная скорость в произвольный момент времени при горизонтальном броске, и угол наклона скорости к горизонту:

$$v = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2} \quad \tan \beta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{gt}{v_0}$$

Бросок с земли на землю под углом к горизонту равным α . Время подъема до высшей точки и максимальная высота:

$$h_{\text{max}} = \frac{(v_0 \cdot \sin \alpha)^2}{2g} \quad t_{\text{подъёма}} = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

Полное время и дальность полета при броске под углом к горизонту:

$$S_x = v_x \cdot t_{\text{полёта}} = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot t_{\text{полёта}} = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad t_{\text{полёта}} = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

Равномерное движение по окружности (T – период, N – количество оборотов, ν – частота, R – радиус окружности, ω – угловая скорость, $\Delta \varphi$ – угол поворота (в радианах), v – линейная скорость тела, a_n – центростремительное ускорение, l – длина дуги окружности):

$$\begin{aligned} T &= \frac{t}{N} & \nu &= \frac{N}{t} \\ T &= \frac{1}{\nu} & \nu &= \frac{1}{T} & T\nu &= 1 \\ v &= \frac{l}{t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R\nu \\ \omega &= \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \\ \omega &= \frac{v}{R} & v &= \omega R & l &= \varphi R \\ a_n &= \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = v\omega \end{aligned}$$

Динамика

Законы Ньютона (F – сила, m – масса, a – ускорение). **Первый закон Ньютона:** Существуют такие системы отсчёта, называемые инерциальными, относительно которых материальные точки, когда на них не действуют никакие силы (или действуют силы взаимно уравновешенные), находятся в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. **Второй закон Ньютона:**

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

где: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$ – равнодействующая сила. Чаще всего второй закон Ньютона записывают в проекциях на оси:

$$\begin{cases} F_{1x} + F_{2x} + F_{3x} + \dots = ma_x \\ F_{1y} + F_{2y} + F_{3y} + \dots = ma_y \end{cases}$$



В такую запись значение проекций вносится с учетом знака: «+» ставят если соответствующая сила сонаправлена данной оси, а «-» если противонаправлена.

Третий закон Ньютона (сила действия равна силе противодействия):

$$\vec{F}_{1-2} = -\vec{F}_{2-1}$$

Сила упругости:

$$F_{\text{упр}} = kx$$

где: k – жесткость пружины, x – величина растяжения (или сжатия) пружины, оно равно разности между конечной и начальной длиной деформируемой пружины. При параллельном соединении пружин:

$$k = k_1 + k_2 + \dots$$

При последовательном соединении:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots$$

Сила трения скольжения (равная максимально возможному значению силы трения):

$$F_{\text{тр. скольжения}} = F_{\text{тр. макс}} = \mu N$$

где: μ – коэффициент трения, N – сила реакции опоры. Если сила, пытающаяся вызвать движение не превосходит максимально возможное значение силы трения, рассчитываемое по формуле выше, то сила трения равна вызывающей силе и компенсирует её, при этом её называют силой трения покоя.

Закон всемирного тяготения (G – гравитационная постоянная, F – сила с которой притягивается тело массой m к телу или планете массой M , r – расстояние между центрами этих тел):

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Если рассмотреть тело на поверхности планеты и ввести обозначение (M – масса планеты, R_n – радиус планеты):

$$g = G \frac{M}{R_n^2}$$

где: g – ускорение свободного падения на поверхности планеты, то выражение для силы тяжести запишется в виде:

$$F = mg$$

Ускорение свободного падения на некоторой высоте от поверхности планеты (h – высота над поверхностью планеты):

$$g_h = \frac{GM}{(R_n + h)^2} = \frac{gR_n^2}{(R_n + h)^2}$$

Скорость спутника на круговой орбите радиусом $r = R_n + h$:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R_n + h}} = \sqrt{\frac{gR_n^2}{R_n + h}}$$

Первая космическая скорость (скорость движения спутника по орбите вблизи поверхности планеты):

$$v = \sqrt{gR_n}$$

Закон Кеплера для периодов обращения T_1 и T_2 двух тел, вращающихся вокруг одного притягивающего центра на расстояниях R_1 и R_2 соответственно:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{R_1^3}{R_2^3}$$

Статика

Момент силы (F – сила, d – плечо силы, т.е. кратчайшее расстояние между точкой опоры, относительно которой происходит вращение и линией действия силы, M – момент силы):

$$M = \pm Fd$$



где: «+» соответствует силе, вращающей тело по часовой стрелке, а «-» соответствует силе, вращающей тело против часовой стрелки. При этом тело не будет вращаться если:

$$\sum M = 0$$

Центр масс системы тел (x – координата центра масс системы тел, $x_1, x_2, x_3, \dots$ – координаты центров масс тел, составляющих систему, $m_1, m_2, m_3, \dots$ – их массы):

$$x = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

Аналогичное уравнение может быть составлено и для других координатных осей.

Гидростатика

Давление (F – сила, S – площадь на которую распределено действие силы):

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

Давление столба жидкости (p_0 – атмосферное давление, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, h – высота столба жидкости). Давление, которое создает непосредственно столб жидкости находится по формуле:

$$p = \rho gh$$

Но часто нужно учитывать еще и атмосферное давление, тогда формула для общего давления на некоторой глубине h в жидкости приобретает вид:

$$p = p_0 + \rho gh$$

Идеальный гидравлический пресс. Соотношение, вытекающее из равенства давлений в обоих коленах гидравлического пресса (только для идеального пресса):

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

Соотношение, вытекающее из равенства работ (только для идеального пресса):

$$F_1 h_1 = F_2 h_2$$

Существует также соотношение, выполняющееся для **любого гидравлического пресса**, оно вытекает из равенства объемов вытесненной жидкости:

$$S_2 h_2 = S_1 h_1$$

В **неидеальном гидравлическом прессе**, также можно рассчитать КПД (воздействие осуществляют на первое колено, результат получается на втором):

$$\eta = \frac{F_2 h_2}{F_1 h_1}$$

Закон (сила) Архимеда (V – объем погруженной части тела, который иногда также называют объемом вытесненной жидкости):

$$F_A = \rho g V$$

Импульс

Импульс тела:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

Изменение импульса (важно то, что разность векторная):

$$\Delta \vec{p} = \vec{p}_k - \vec{p}_n$$

где: $\vec{p}_n$ – импульс тела (или общий импульс системы тел) в начальный момент времени, $\vec{p}_k$ – в конечный. Вводят также понятие **общего импульса системы тел** (важно не путать это понятие с предыдущим, а также то, что сумма опять-таки векторная):

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3 + \dots$$



Второй закон Ньютона в импульсной форме:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

где: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$ – равнодействующая сила.

Закон сохранения импульса. Как следует из предыдущей формулы, в случае если на систему тел не действует внешних сил, либо действие внешних сил скомпенсировано (равнодействующая сила равна нулю), то изменение импульса равно нулю, что означает, что общий импульс системы сохраняется:

$$\vec{p}_k - \vec{p}_n = 0 \Rightarrow \vec{p}_k = \vec{p}_n$$

Если внешние силы не действуют только вдоль одной из осей, то сохраняется проекция импульса на данную ось, например:

$$F_x = 0 \Rightarrow p_x = \text{const}$$

Энергия

Механическая работа (F – сила, S – путь, α – угол между направлением движения и силой):

$$A = FS \cdot \cos \alpha$$

Мощность (если мощность переменная, то по следующей формуле рассчитывается **средняя мощность**):

$$P = \frac{A}{t}$$

где: P – мощность, t – время. **Мгновенная мощность** (v – мгновенная скорость тела):

$$P = Fv \cdot \cos \alpha$$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \quad \eta = \frac{P_{\text{пол}}}{P_{\text{затр}}}$$

Кинетическая энергия:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту:

$$E_p = mgh$$

Потенциальная энергия деформированной пружины:

$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

Полная механическая энергия:

$$E = E_k + E_p$$

Связь механической энергии и работы внешних сил ($E_{\text{нач}}$ – начальная полная механическая энергия, $E_{\text{кон}}$ – конечная полная механическая энергия):

$$E_{\text{кон}} = E_{\text{нач}} + A_{\text{внеш}} \quad \text{или} \quad A_{\text{внеш}} = E_{\text{кон}} - E_{\text{нач}}$$

Закон сохранения механической энергии (далее – ЗСЭ). Как следует из предыдущей формулы, если внешние силы не совершают работы над телом (или системой тел), то его (их) общая полная механическая энергия остается постоянной, при этом энергия может перетекать из одного вида в другой (из кинетической в потенциальную или наоборот):

$$E_{\text{кон}} = E_{\text{нач}} \quad E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$



Молекулярная физика

Связь некоторых основных величин молекулярной физики:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} \quad m_0 = \frac{m}{N} = \frac{M}{N_A}$$

где: M – молярная масса, N_A – число Авогадро, m_0 – масса одной молекулы вещества, ν – химическое количество вещества, N – число частиц вещества, содержащееся в массе вещества m .

$$m = \rho V$$

где: m – масса вещества, ρ – его плотность, V – объем.

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 v_{\text{кв}}^2$$

где: p – давление газа, $n = N/V$ – концентрация его молекул, m_0 – масса одной молекулы, $v_{\text{кв}}$ – средняя квадратичная скорость. Для **средней квадратичной скорости** имеются формулы:

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

Средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{3}{2} kT$$

где: k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. Постоянная Больцмана, универсальная газовая постоянная и постоянная Авогадро связаны между собой следующим соотношением:

$$kN_A = R$$

где: R – универсальная газовая постоянная. Одно из следствий основного уравнения МКТ:

$$p = nkT \quad pV = NkT$$

Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева):

$$pV = \nu RT$$

Газовые законы. Закон Бойля-Мариотта:

Если: $m = \text{const}$ и $T = \text{const}$, то: $pV = \text{const}$.

Закон Гей-Люссака:

Если: $m = \text{const}$ и $p = \text{const}$, то: $\frac{V}{T} = \text{const}$.

Закон Шарля:

Если: $m = \text{const}$ и $V = \text{const}$, то: $\frac{p}{T} = \text{const}$.

Универсальный газовый закон (Клапейрона):

Если: $m = \text{const}$, то: $\frac{pV}{T} = \text{const}$.

Давление смеси газов (закон Дальтона):

$$p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots$$

где: $p_1, p_2, p_3, \dots$ – парциальные давления отдельных газов.

Тепловое расширение тел. Тепловое расширение газов описывается законом Гей-Люссака. Тепловое расширение жидкостей подчиняется следующему закону:

$$V = V_0(1 + \gamma t)$$

где: V_0 – объем жидкости при 0°C , V – при температуре t , γ – коэффициент объемного расширения жидкости. Для расширения твердых тел применяются 3 формулы, описывающие изменение линейных размеров, площади и объема тела:

$$l = l_0(1 + \alpha t) \quad S = S_0(1 + 2\alpha t) \quad V = V_0(1 + 3\alpha t)$$

где: l_0, S_0, V_0 – соответственно длина, площадь поверхности и объем тела при 0°C , α – коэффициент линейного расширения тела.



Термодинамика

Количество теплоты (энергии) необходимое на нагревания некоторого тела, изготовленного из вещества с удельной теплоемкостью c и массой m от температуры t_1 до температуры t_2 рассчитывается по формуле:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t$$

Если конечная температура меньше начальной, т.е. если тело остывало, то по той же формуле будет рассчитано количество теплоты отданной телом в этом процессе, которое автоматически получится со знаком « $\leftarrow$ ». **Теплоемкость C тела может быть рассчитана через удельную теплоёмкость вещества и массу тела по следующей формуле:**

$$C = cm$$

Тогда формула для количества теплоты необходимой для нагревания тела, либо выделившейся при остывании тела может быть переписана следующим образом:

$$Q = C(t_2 - t_1)$$

Фазовые превращения. При парообразовании поглощается, а при конденсации выделяется количество теплоты равное:

$$\Delta Q = rm$$

где: r – удельная теплота парообразования, m – масса испарившейся жидкости или конденсировавшегося пара. При плавлении поглощается, а при кристаллизации выделяется количество теплоты равное:

$$\Delta Q = \lambda m$$

где: λ – удельная теплота плавления, m – масса расплавившегося тела или кристаллизовавшейся жидкости. При сгорании топлива выделяется количество теплоты равное:

$$\Delta Q = qm$$

где: q – удельная теплота сгорания топлива, m – масса сгоревшего топлива.

Уравнение теплового баланса (ЗСЭ). Для замкнутой системы тел выполняется следующее (сумма отданных теплот равна сумме полученных):

$$|Q_{отд1}| + |Q_{отд2}| + \dots = |Q_{пол1}| + |Q_{пол2}| + \dots$$

Если все теплоты записывать с учетом знака, где « $+$ » соответствует получению энергии телом, а « $\leftarrow$ » выделению, то данное уравнение можно записать в виде:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

Работа идеального газа:

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T, \quad \text{при: } p = \text{const.}$$

Если же давление газа меняется, то работу газа считают, как площадь фигуры под графиком в p – V координатах.

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$$

Изменение внутренней энергии:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R\Delta T = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1)$$

Первый закон (начало) термодинамики (ЗСЭ):

$$Q = \Delta U + A$$

где: Q – теплота полученная (отданная) газом.

Для различных изопроцессов можно выписать формулы по которым могут быть рассчитаны полученная теплота Q , изменение внутренней энергии ΔU и работа газа A . **Изохорный** ($V = \text{const}$):

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{3}{2} V\Delta p = Q$$

$$A = 0$$

$$Q = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R\Delta T = \frac{3}{2} V\Delta p = \Delta U$$



Изобарный ($p = \text{const}$):

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{3}{2} p \Delta V = \frac{3}{5} Q = \frac{3}{2} A$$

$$A = \frac{m}{M} R \Delta T = p \Delta V = \frac{2}{5} Q = \frac{2}{3} \Delta U$$

$$Q = A + \Delta U = \frac{5}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{5}{2} p \Delta V = \frac{5}{2} A = \frac{5}{3} \Delta U$$

Изотермический ($T = \text{const}$):

$$\Delta U = 0$$

$$A = Q = S_{\text{под графиком в } pV}$$

$$Q = A = S_{\text{под графиком в } pV}$$

Адиабатный:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = -A = -S_{\text{под графиком в } pV}$$

$$A = -\frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = -\frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = -\Delta U = S_{\text{под графиком в } pV}$$

$$Q = 0$$

КПД тепловой машины может быть рассчитан по формуле:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}$$

где: Q_1 – количество теплоты, полученное рабочим телом за один цикл от нагревателя, Q_2 – количество теплоты, переданное рабочим телом за один цикл холодильнику, $A = Q_1 - |Q_2|$ – работа совершенная тепловой машиной за один цикл.

Наибольший КПД при заданных температурах нагревателя T_1 и холодильника T_2 , достигается если тепловая машина работает по **циклу Карно. Этот КПД равен:**

$$\eta_{\text{max}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Абсолютной влажностью ρ называют количество водяного пара, содержащегося в 1 м^3 воздуха (плотность водяных паров):

$$\rho = \frac{pM}{RT}$$

где: ρ – абсолютная влажность, p – парциальное давление водяного пара, M – молярная масса, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура. **Относительной влажностью** φ называется отношение абсолютной влажности ρ к тому количеству водяного пара ρ_0 , которое необходимо для насыщения 1 м^3 воздуха при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$$

Относительную влажность можно также определить, как отношение давления водяного пара p к давлению насыщенного пара p_0 при данной температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$$

Поверхностное натяжение. Потенциальная энергия поверхности жидкости площадью S :

$$E_p = \sigma S$$

где: σ – коэффициент поверхностного натяжения данной жидкости. Сила поверхностного натяжения, действующая на участок границы жидкости длиной L :

$$F_n = \sigma L$$

Высота столба жидкости в капилляре:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$



При полном смачивании $\theta = 0$, $\cos \theta = 1$. В этом случае:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

При полном несмачивании $\theta = 180^\circ$, $\cos \theta = -1$ и, следовательно, $h < 0$. Уровень несмачивающей жидкости в капилляре опускается ниже уровня жидкости в сосуде, в которую опущен капилляр.

Электростатика

Электрический заряд (N – количество элементарных зарядов, e – элементарный заряд):

$$q = Ne$$

Линейная, поверхностная и объемная плотность заряда соответственно равны:

$$\lambda = \frac{q}{L} \quad \sigma = \frac{q}{S} \quad \rho = \frac{q}{V}$$

Закон Кулона (сила электростатического взаимодействия двух зарядов величиной q_1 и q_2 , находящихся на расстоянии r друг от друга в веществе с диэлектрической проницаемостью ε):

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

где: $k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{М}}{\text{Ф}}$ – некоторый постоянный коэффициент, в котором, в свою очередь: ε_0 –

электрическая постоянная, r – расстояние между центрами тел.

Напряженность электрического поля E связана с силой, действующей на заряд и величиной этого заряда следующим образом:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad \vec{F} = q\vec{E}$$

Принцип суперпозиции для напряженности электрического поля:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots$$

Напряженность электрического поля, которую создает заряд Q на расстоянии r от своего центра:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \frac{|Q|}{r^2} = \frac{k}{\varepsilon} \frac{|Q|}{r^2}$$

Напряженность электрического поля, которую создает заряженная плоскость:

$$E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon\varepsilon_0}$$

где: σ – поверхностная плотность заряда плоскости.

Потенциальная энергия взаимодействия двух электрических зарядов:

$$W = k \frac{q_1 q_2}{\varepsilon R}$$

Потенциал. Разность потенциалов. Напряжение (φ – потенциал электрического поля, $\Delta\varphi$ – разность потенциалов, W – потенциальная энергия заряда во внешнем электрическом поле, A – работа электрического поля по перемещению заряда (зарядов), q – заряд, который перемещают во внешнем электрическом поле, Q – величина электрического точечного заряда (или заряд сферы), который создаёт электрическое поле (и потенциал), U – напряжение, E – напряженность электрического поля, d или Δl – расстояние на которое перемещают заряд вдоль силовых линий, r – расстояние от точечного заряда создающего электрическое поле (и потенциал), до точки в которой этот потенциал вычисляется (или измеряется), ε – диэлектрическая проницаемость среды). Электрическое напряжение и разность потенциалов это одно и то же, т.е.:

$$U = \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

В однородном поле существует связь между напряженностью поля и напряжением:

$$U = Ed \quad \text{или} \quad \Delta\varphi = E \cdot \Delta l$$



Работа электрического поля в общем случае может быть вычислена по одной из формул:

$$A = W_1 - W_2$$

$$A = qU = q \cdot \Delta\varphi = q(\varphi_1 - \varphi_2)$$

В однородном поле при перемещении заряда вдоль его силовых линий также:

$$A = qEd$$

Определение потенциала:

$$\varphi = \frac{W}{q}$$

И в соответствии с определением потенциал, который создает точечный заряд или заряженная сфера:

$$\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon r}$$

Принцип суперпозиции для потенциала:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots$$

Для диэлектрической проницаемости вещества верно следующее:

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{в вакууме}}}{E_{\text{в веществе}}}$$

Электрическая емкость:

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

Плоский конденсатор (S – площадь обкладок конденсатора, d – расстояние между ними). Емкость конденсатора:

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{q}{U} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

Заряд конденсатора:

$$q = CU$$

Напряженность поля внутри конденсатора:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{\sigma}{\varepsilon\varepsilon_0}$$

Сила притяжения пластин конденсатора:

$$F = \frac{qE}{2}$$

Энергия конденсатора:

$$W_c = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$

Объемная плотность энергии электрического поля:

$$w = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}$$

Электрический ток

Сила тока (q – заряд, протекший через некоторое поперечное сечение проводника за время t):

$$I = \frac{q}{t}$$

Плотность тока (S – площадь поперечного сечения проводника, q_0 – величина заряда носителя тока (обычно это элементарный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), n – концентрация носителей заряда, v – скорость их движения):

$$j = \frac{I}{S} = q_0 n v$$



Сопротивление проводника:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

где: l – длина проводника, S – площадь его поперечного сечения, ρ – **удельное сопротивление материала проводника**. Сопротивление проводника зависит от его температуры:

$$R = R_0 (1 + \alpha t)$$

где: R_0 – сопротивление проводника при 0°C , t – температура, выраженная в градусах Цельсия, α – температурный коэффициент сопротивления.

Закон Ома (U – электрическое напряжение):

$$I = \frac{U}{R}$$

Закономерности последовательного соединения:

Сила тока: $I_1 = I_2 = \dots = I$

Напряжение: $U = U_1 + U_2 + \dots$

Сопротивление: $R = R_1 + R_2 + \dots$

Заряд конденсатора: $q_1 = q_2 = \dots = q$

Электрическая емкость: $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$

Закономерности параллельного соединения:

Сила тока: $I = I_1 + I_2 + \dots$

Напряжение: $U_1 = U_2 = \dots = U$

Сопротивление: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$

Заряд конденсатора: $q = q_1 + q_2 + \dots$

Электрическая емкость: $C = C_1 + C_2 + \dots$

Электродвижущая сила источника тока, ЭДС ($A_{\text{ст}}$ – работа сторонних сил по перемещению заряда q):

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$

Закон Ома для полной цепи (r – внутреннее сопротивление источника тока):

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Падение напряжения во внешней цепи при этом равно (его еще называют напряжением на клеммах источника):

$$U_{\text{кл}} = IR = \mathcal{E} - Ir = \frac{\mathcal{E}R}{R + r}$$

Сила тока короткого замыкания:

$$I_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

Работа электрического тока (закон Джоуля-Ленца). Работа A электрического тока, протекающего по проводнику, обладающему сопротивлением преобразуется в теплоту Q выделяющуюся на проводнике:

$$Q = A = I^2 R \Delta t = IU \Delta t = \frac{U^2}{R} \Delta t$$

Мощность электрического тока:

$$P = \frac{A}{\Delta t} = IU = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

Энергобаланс замкнутой цепи. Полезная мощность или мощность, выделяемая во внешней цепи:

$$P_{\text{полезн}} = P_{\text{внеш}} = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R + r)^2}$$



Максимально возможная полезная мощность источника достигается, если $R = r$ и равна:

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

Если при подключении к одному и тому же источнику разных сопротивлений $R_1 \neq R_2$ на них выделяются равные мощности $P_1 = P_2$, то:

$$r = \sqrt{R_1 R_2}$$

Мощность потерь или мощность внутри источника тока:

$$P_{\text{потерь}} = P_{\text{внутр}} = I^2 r = \frac{\varepsilon^2 r}{(R + r)^2}$$

Полная мощность, развиваемая источником:

$$P_{\text{полн}} = P_{\text{полезн}} + P_{\text{потерь}} = I^2 R + I^2 r = \frac{\varepsilon^2}{R + r} = I \varepsilon$$

КПД источника тока:

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{полн}}} = \frac{R}{R + r}$$

Электролиз. Масса m вещества, выделившегося на электроде, прямо пропорциональна заряду Q , прошедшему через электролит:

$$m = kQ = kIt$$

Величину k называют электрохимическим эквивалентом. Он может быть рассчитан по формуле:

$$k = \frac{M}{enN_A}$$

где: n – валентность вещества, N_A – постоянная Авогадро, M – молярная масса вещества, e – элементарный заряд. Иногда также вводят обозначение: $F = eN_A$ – постоянная Фарадея.

Магнетизм

Сила Ампера (B – индукция магнитного поля, I – сила тока в проводнике, l – его длина, α – угол между направлением силы тока (т.е. самим проводником) и вектором индукции магнитного поля):

$$F_A = BIl \cdot \sin \alpha$$

Момент сил, действующих на рамку с током (N – количество витков, S – площадь рамки, α – угол между нормалью к рамке и вектором магнитной индукции):

$$M = NBIS \cdot \sin \alpha$$

Сила Лоренца (q – электрический заряд частицы, v – её скорость, α – угол между направлением движения частицы и вектором индукции магнитного поля):

$$F_L = qvB \cdot \sin \alpha$$

Радиус траектории полета заряженной частицы в магнитном поле:

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Величина индукции магнитного поля. Модуль индукции B магнитного поля прямолинейного проводника с током I на расстоянии R от него выражается соотношением (μ_0 – магнитная постоянная):

$$B_{\text{прямого тока}} = \frac{\mu \mu_0 I}{2\pi R}$$

Индукция поля в центре витка с током радиусом R :

$$B_{\text{центр витка с током}} = \frac{\mu \mu_0 I}{2R}$$

Внутри соленоида длиной l и с количеством витков N создается однородное магнитное поле с индукцией:

$$B_{\text{ось соленоида}} = \mu \mu_0 I \frac{N}{l}$$



где: μ – магнитная проницаемость вещества, которая выражается следующим образом:

$$\mu = \frac{B_{\text{в веществе}}}{B_{\text{в вакууме}}}$$

Магнитным потоком Φ через площадь S контура называют величину:

$$\Phi = NBS \cdot \cos \alpha$$

где: B – модуль вектора магнитной индукции, α – угол между вектором $\vec{B}$ и нормалью (перпендикуляром) $\vec{n}$ к плоскости контура, N – количество витков.

ЭДС индукции (t – время):

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

При движении проводника длиной l в магнитном поле B со скоростью v также возникает ЭДС индукции (проводник движется в направлении перпендикулярном самому себе):

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = vBl \sin \alpha$$

где: угол α измеряется между направлением скорости и вектора магнитной индукции.

Максимальное значение ЭДС в контуре, состоящем из N витков, площадью S , вращающемся с угловой скоростью ω в магнитном поле с индукцией B :

$$\mathcal{E}_{\text{max}} = \omega NBS$$

Индуктивность катушки (N – количество витков в катушке, l – её длина, S – площадь сечения):

$$L = \mu_0 \mu n^2 l S$$

где: $n = N/l$ – концентрация витков на единицу длины катушки. Связь индуктивности катушки, силы тока, протекающего через неё и собственного магнитного потока пронизывающего её:

$$\Phi = LI$$

ЭДС самоиндукции возникающая в катушке:

$$\mathcal{E}_{\text{си}} = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Энергия W_M магнитного поля катушки с индуктивностью L , создаваемого током I , равна:

$$W_M = \frac{\Phi I}{2} = \frac{LI^2}{2} = \frac{\Phi^2}{2L}$$

Объемная плотность энергии магнитного поля:

$$w_{\text{магн}} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}$$

Колебания

Уравнение: $a + \omega_0^2 x = 0$, описывает физические системы способные совершать гармонические колебания с циклической частотой ω_0 . Решение данного уравнения является **уравнением движения** для гармонических колебаний и имеет вид:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

где: x – координата тела в некоторый момент времени t , A – амплитуда колебаний, ω – циклическая частота колебаний, φ_0 – начальная фаза колебаний).

Связь некоторых характеристик колебательного процесса (T – период, N – количество полных колебаний, ν – частота колебаний, ω – циклическая частота):

$$T = \frac{t}{N}$$

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{1}{T}$$

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



Скорость тела при колебательном движении изменяется по следующему закону:

$$v = x'(t) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi_0)$$

При этом максимальное (амплитудное) значение скорости равно:

$$v_m = \omega A$$

Ускорение тела при колебательном движении изменяется по следующему закону:

$$a = v'(t) = x''(t) = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

При этом максимальное (амплитудное) значение ускорения равно:

$$a_m = A\omega^2$$

Циклическая частота и период колебаний математического маятника (l – длина маятника, g – ускорение свободного падения):

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Циклическая частота и период колебаний пружинного маятника (m – масса груза, k – коэффициент жесткости пружины маятника):

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad T = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Энергетические характеристики колебательного процесса:

$$E_{k \max} = \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{mA^2\omega^2}{2} \quad E_{p \max} = \frac{kA^2}{2}$$

$$E = E_{k \max} = E_{p \max} = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

Электрический контур. Энергетические характеристики:

$$W = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{\max}^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2}$$

Период и циклическая частота:

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Законы изменения различных характеристик колебательного процесса в электрическом контуре:

$$q(t) = q_0 \cos(\omega t)$$

$$I = q'(t) = -\omega q_0 \sin(\omega t) = -I_0 \sin(\omega t)$$

$$U = \frac{q(t)}{C} = \frac{q_0 \cos(\omega t)}{C} = U_0 \cos(\omega t)$$

Максимальные (амплитудные) значения силы тока в катушке и напряжения на конденсаторе:

$$I_0 = \omega q_0$$

$$U_0 = \frac{q_0}{C}$$

Переменный ток характеризуется действующими значениями силы тока и напряжения, которые связаны с амплитудными значениями соответствующих величин следующим образом:

$$I_d = \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad U_d = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

Мощность в цепи переменного тока:

$$P = U_d I_d = I_d^2 R = \frac{U_d^2}{R}$$

Трансформатор. Если напряжение на входе в трансформатор равно U_1 , а на выходе U_2 , при этом число витков в первичной обмотке равно n_1 , а во вторичной n_2 , то выполняется следующее соотношение:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$



Величину $K = \frac{n_1}{n_2}$ называют коэффициентом трансформации. Если $K > 1$, то трансформатор понижающий, а если $K < 1$, то повышающий (важно не запутаться). Если трансформатор идеальный, то выполняется следующее соотношение (мощности на входе и выходе равны):

$$I_1 U_1 = I_2 U_2$$

В неидеальном трансформаторе вводится понятие КПД:

$$\eta = \frac{I_2 U_2}{I_1 U_1}$$

Волны. Длина волны (v – скорость распространения волны, T – период, ν – частота):

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

Разность фаз колебаний двух точек волны, расстояние между которыми l :

$$\Delta\varphi = 2\pi \frac{l}{\lambda}$$

Электромагнитные волны. Скорость электромагнитной волны (в т.ч. света) в некоторой среде:

$$v = 1 / \sqrt{\varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0}$$

Скорость электромагнитной волны (в т.ч. света) в вакууме постоянна и равна $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, она также может быть вычислена по формуле:

$$c = 1 / \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$$

Скорости электромагнитной волны (в т.ч. света) в среде и в вакууме также связаны между собой соотношением:

$$v = \frac{c}{n}$$

где: $n = \sqrt{\varepsilon \mu}$ – показатель преломления вещества.

Оптика

Оптическая длина пути (L – геометрическая длина траектории, по которой «идет» луч света, n – показатель преломления среды, в которой это происходит):

$$L_{opt} = Ln$$

Оптическая разность хода двух лучей:

$$\Delta = |L_1 n_1 - L_2 n_2|$$

Условие интерференционного максимума для света с длиной волны λ :

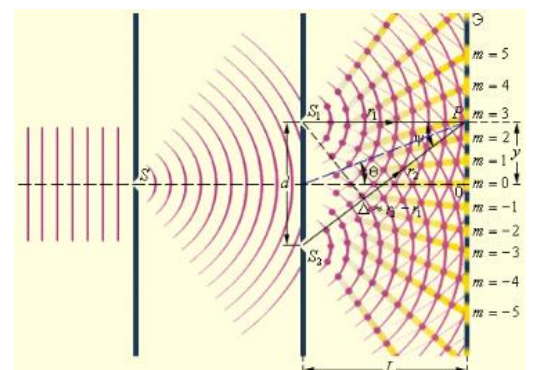
$$\Delta = 2m \frac{\lambda}{2} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

Условие интерференционного минимума для света с длиной волны λ :

$$\Delta = (2m - 1) \frac{\lambda}{2} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

Интерференционная схема Юнга (L – расстояние между экраном и плоскостью в которой расположены две щели, d – расстояние между этими щелями, λ – длина волны света, которым освещаются щели). Если измерять координаты точки на экране по вертикали, а за начало отсчета принять центр экрана, то координаты светлых полос определяются уравнением:

$$x = \frac{m \lambda L}{d} \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$





где: $m = 0$ для центрального максимума, $m = \pm 1, \pm 2, \dots$ для максимумов первого порядка, второго порядка и так далее. При этом расстояние между любыми соседними максимумами (или между любыми соседними минимумами) одинаково и равно:

$$\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$$

Формула дифракционной решетки (d – период решетки, или расстояние между соседними штрихами, φ – угол под которым наблюдается очередной дифракционный максимум, m – номер (порядок) максимума, λ – длина волны света, падающего на дифракционную решетку):

$$d \sin \varphi = m \lambda \quad (m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

Закон преломления света на границе двух прозрачных сред (α – угол падения, β – угол преломления, n_1 – показатель преломления первой среды, из которой падает луч, n_2 – показатель преломления второй среды, в которую проникает луч):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

Постоянную величину n_{21} называют **относительным показателем преломления** второй среды относительно первой. Если $n_1 > n_2$, то возможно **явление полного внутреннего отражения**, при этом:

$$\sin \alpha_{np} = \frac{n_2}{n_1}$$

Формула линзы (d – расстояние от линзы до предмета, f – расстояние от линзы до изображения, F – фокусное расстояние, D – оптическая сила линзы):

$$\pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f} = \pm \frac{1}{F} = D$$

Линейным увеличением линзы Γ называют отношение линейных размеров изображения и предмета:

$$\Gamma = \frac{h_{\text{изображения}}}{h_{\text{предмета}}} = \frac{f}{d}$$

Атомная и ядерная физика

Энергия кванта света, т.е. фотона (h – постоянная Планка, λ – длина волны света, ν – частота света):

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Импульс фотона:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Формула Эйнштейна для внешнего фотоэффекта (ЗСЭ) ($A_{\text{вых}}$ – работа выхода, слагаемое в скобках – максимальная кинетическая энергия вылетающих электронов, ν – частота падающего света):

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \left(\frac{mv^2}{2} \right)_{\text{max}}$$

Максимальная кинетическая энергия вылетающих электронов может быть выражена через величину задерживающего напряжение U_z и элементарный заряд e :

$$\left(\frac{mv^2}{2} \right)_{\text{max}} = eU_z = A_{\text{эл. поля}}$$

Существует граничная частота или длина волны света (называемая красной границей фотоэффекта) такая, что свет с меньшей частотой или большей длиной волны не может вызвать фотоэффект. Эти значения связаны с величиной работы выхода следующим соотношением:

$$A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{min}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}}$$



Второй постулат Бора (правило частот). При переходе атома из одного стационарного состояния с энергией E_n в другое стационарное состояние с энергией E_m излучается или поглощается квант, энергия которого равна разности энергий стационарных состояний:

$$h\nu_{nm} = |E_n - E_m|$$

Атом водорода. Если радиус первой Боровской орбиты электрона в атоме водорода R_1 , то радиус любой последующей орбиты:

$$R_n = R_1 \cdot n^2$$

Если скорость электрона на первой Боровской орбите v_1 , то скорость на следующих орбитах:

$$v_n = \frac{v_1}{n}$$

Полная энергия электрона на первой Боровской орбите $E_1 = -13,6$ эВ. Энергия на следующих орбитах:

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

На любой орбите кинетическая и потенциальная энергии электрона связаны с полной следующими формулами:

$$K_n = |E_n| = -E_n \quad \Pi_n = 2E_n = -2K_n$$

Атомное ядро. Число протонов, входящих в состав атомного ядра, обозначают символом Z и называют **зарядовым числом** или атомным номером (это порядковый номер в периодической таблице Менделеева). Заряд ядра равен Ze , где e – элементарный заряд. Число нейтронов обозначают символом N . Общее число нуклонов (то есть протонов и нейтронов) называют **массовым числом** A :

$$A = Z + N$$

Ядра химических элементов обозначают символом ${}^A_Z X$, где X – химический символ элемента. Масса любого ядра $M_{\text{я}}$ всегда меньше суммы масс входящих в его состав протонов и нейтронов. Разность этих масс называется **дефектом массы**:

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}$$

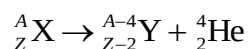
Энергия связи ядра выраженная в единицах СИ:

$$E_{\text{св}} = \Delta Mc^2 = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}})c^2$$

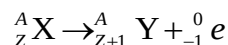
Энергия связи ядра, выраженная в МэВ (где масса берется в атомных единицах):

$$E_{\text{св}} = \Delta m \cdot 931,5$$

Альфа-распад:



Бета-распад:

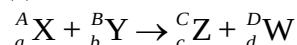


Закон радиоактивного распада. Закон убывания количества $N(t)$ **нераспавшихся** к данному моменту времени t ядер имеет вид:

$$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

где: величина T называется периодом полураспада, N_0 – начальное число радиоактивных ядер.

Ядерные реакции. В ядерной реакции вида:



Выполняются следующие условия:

$$a + b = c + d$$

$$A + B = C + D$$

Энергетическим выходом ядерной реакции называется величина:

$$Q = (M_A + M_B - M_C - M_D)c^2 = \Delta Mc^2$$

где: M_A и M_B – массы исходных продуктов, M_C и M_D – массы конечных продуктов реакции.



Основы СТО

Релятивистское сокращение длины. Длина тела, движущегося со скоростью V в инерциальной системе отсчета уменьшается в направлении движения до длины:

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}$$

где: c – скорость света в вакууме, L_0 – длина тела в неподвижной системе отсчета

Релятивистское удлинение времени события. Время, за которое происходит некоторое событие в движущейся системе отсчета с точки зрения наблюдателя из неподвижной системы отсчета:

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

где: время τ_0 замеренное по часам, покоящимся относительно движущегося тела, называется собственным временем события.

Релятивистский закон сложения скоростей. Если два тела движутся навстречу друг другу, то их скорость сближения:

$$V = \frac{V_1 + V_2}{1 + \frac{V_1 \cdot V_2}{c^2}}$$

где: V_1 и V_2 – скорости движения тел относительно неподвижной системы отсчета. Если же тела движутся в одном направлении, то их относительная скорость:

$$V = \frac{V_1 - V_2}{1 - \frac{V_1 \cdot V_2}{c^2}}$$

Связь энергии и массы тела. Наименьшей энергией E_0 тело обладает в инерциальной системе отсчета относительно которой оно покоится и называется собственной энергией тела (**энергия покоя тела**):

$$E_0 = m_0 c^2$$

Любое изменение энергии тела означает изменение массы тела и наоборот:

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

где: ΔE – изменение энергии тела, Δm – соответствующее изменение массы. **Полная энергия тела:**

$$E = mc^2$$

где: m – масса тела. Полная энергия тела E пропорциональна релятивистской массе и зависит от скорости движущегося тела, в этом смысле важны следующие соотношения:

$$E = E_0 + \Delta E \quad m = m_0 + \Delta m$$

А также то, что масса движущегося тела m больше, чем масса покоя тела m_0 (**релятивистское увеличение массы**):

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$$

Кинетическая энергия тела, движущегося с релятивистской скоростью:

$$E_k = \Delta E = E - E_0$$

Между полной энергией тела, энергией покоя и импульсом существует зависимость:

$$E^2 = E_0^2 + p^2 c^2$$



Равномерное движение по окружности

В качестве дополнения, в таблице ниже приводим всевозможные взаимосвязи между характеристиками тела равномерно вращающегося по окружности (T – период, N – количество оборотов, ν – частота, R – радиус окружности, ω – угловая скорость, φ – угол поворота (в радианах), v – линейная скорость тела, a_n – центростремительное ускорение, L – длина дуги окружности, t – время):

Вступление:					
$\omega = \frac{\varphi}{t}$	$T = \frac{t}{N}$	$\nu = \frac{N}{t}$	$L = \varphi R$	$v = \frac{L}{t}$	
Всевозможные взаимосвязи между основными характеристиками вращательного движения:					
	T	ν	ω	v	a_n
T – период		$T = \frac{1}{\nu}$	$T = \frac{2\pi}{\omega}$	$T = \frac{2\pi R}{v}$	$T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{a_n}}$
ν – частота	$\nu = \frac{1}{T}$		$\nu = \frac{\omega}{2\pi}$	$\nu = \frac{v}{2\pi R}$	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a_n}{R}}$
ω – угловая скорость	$\omega = \frac{2\pi}{T}$	$\omega = 2\pi\nu$		$\omega = \frac{v}{R}$	$\omega = \sqrt{\frac{a_n}{R}}$
v – линейная скорость	$v = \frac{2\pi R}{T}$	$v = 2\pi\nu R$	$v = \omega R$		$v = \sqrt{a_n R}$
a_n – центростремительное ускорение	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$	$a_n = 4\pi^2 \nu^2 R$	$a_n = \omega^2 R$	$a_n = \frac{v^2}{R}$	