

1. Механика	
1.1. Кинематика – величины и обозначения.	
<p>путь <math>s</math>, перемещение <math>\vec{s}</math>, скорость <math>\vec{v}</math>, ускорение <math>\vec{a}</math>, время <math>t</math>. Модуль вектора перемещения и путь обозначаются одной буквой <math>s</math>, но эти величины совпадают только при движении по прямой в одну сторону. В кинематике не рассматриваются масса, сила, импульс, энергия.</p>	
1.1.1	<p><math>s</math> -путь. Длина траектории, по которой движется тело. Положительная величина, со временем может только возрастать или оставаться постоянным (в отличие от модуля перемещения).</p>
1.1.2	<p><math>x(t), y(t), z(t)</math> - координаты тела, зависящие от времени <math>t</math>.          При движении по прямой используется только одна координата, по плоскости – две координаты, в пространстве – три координаты.          Зависимость координаты от времени называют уравнением движения или законом движения.</p>
1.1.3	<p>1) <math>x(t) = x_0 + v_x t</math>    2) <math>x(t) = x_0 + v_{x0} \cdot t + a_x \frac{t^2}{2}</math>    3) <math>x(t) = x_m \cos \omega t</math>          Примеры законов движения вдоль одной оси координат <math>x</math>.          1) равномерное движение с постоянной проекцией скорости <math>v_x</math>.          2) движение с постоянной проекцией ускорения <math>a_x</math>          3) гармоническое колебательное движение с амплитудой <math>x_m</math> и циклической частотой <math>\omega</math>.</p>
1.1.4	<p><math>\Delta x = x(t + \Delta t) - x(t) \equiv s_x</math> перемещение тела <math>\Delta t</math>. <math>s_x</math> -проекция вектора перемещения на ось <math>x</math>.</p>
1.1.5	<p><math>s = l_1 + l_2 + l_3 \dots</math> путь равен сумме длин участков траектории <math>l_1, l_2 \dots</math></p>
1.1.6	<p><math>v_{x\text{ср}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}</math>, <math>v_{\text{ср}} = \frac{\Delta x}{\Delta t}</math> определение проекции средней скорости на ось <math>x</math>. Если движение происходит в одну сторону, то не используют слово «проекция», опускают индекс <math>x</math>, говорят о средней скорости.</p>
1.1.7	<p><math>v_x(t) \equiv x'(t)</math> - проекция на ось <math>x</math> мгновенной скорости по определению равна производной координаты <math>x(t)</math> по времени. Знак равенства <math>\equiv</math> используется, когда соотношение вводится по определению.</p>
1.1.8	<p><math>x(t) = x_0 + v_x t</math> зависимость координаты от времени при неизменной проекции скорости <math>v_x</math>. <math>x_0</math> – начальная координата</p>

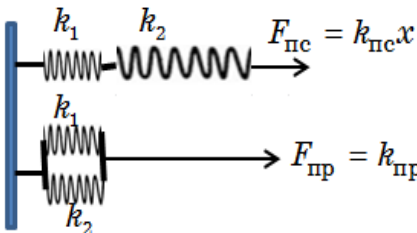
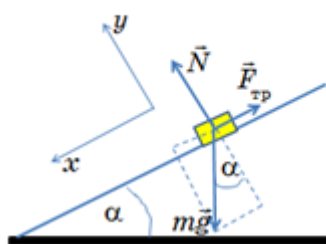
	$a_x \equiv \frac{\Delta v_x}{\Delta t}$ проекция на ось $x$ среднего ускорения по определению
1.1.10	$a_x(t) \equiv v'_x(t) \equiv x''(t)$ проекция мгновенного ускорения на ось $x$ по определению равна производной проекции скорости $v_x(t)$ по времени или второй производной координаты $x(t)$ по времени.
1.1.11	$v_x(t) = v_{x0} + a_x t$ $v(t) = v_0 + at$ зависимость проекции скорости от времени при постоянной проекции ускорения. Когда знак проекции скорости не изменяется при движении слова «проекции» и индексы опускают. $v_0$ - скорость в начальный момент времени.
1.1.12	$x(t) = x_0 + v_{x0} \cdot t + a_x \frac{t^2}{2}$ зависимость координаты от времени при движении с постоянным ускорением.
1.1.13	<p><math>a) s(t) = \frac{at^2}{2}</math> частный случай движения с постоянным ускорением, когда начальная скорость и начальная координата тела равны нулю и тело разгоняется с ускорением <math>a</math>. <math>s</math> — путь, пройденный за время <math>t</math> и модуль вектора перемещения, совпадающий в этом случае с величиной пути.</p> <p><math>b) v^2(t) = 2as(t)</math> связь скорости и пути в этом случае</p>
1.1.14	<p><math>s_{\text{торм}} = \frac{v_0^2}{2a}</math> тело, имеющее скорость <math>v_0</math> тормозится с ускорением <math>a</math>.</p> <p><math>s_{\text{торм}}</math> - тормозной путь.</p>
1.1.15	<p><math>v_x^2(t) - v_{x0}^2 = 2a_x \cdot \Delta x(t) = 2a_x \cdot s(t)</math> связь проекции начальной скорости и проекции скорости в момент времени <math>t</math> с перемещением <math>s(t) = \Delta x</math> за время <math>t</math>. Если тело движется в одном направлении, можно в этой формуле использовать модули скоростей и ускорения.</p> <p><math>v^2(t) - v_0^2 = \pm 2as(t)</math>. Знак +соответствует увеличению скорости со временем, минус- уменьшению скорости.</p>
1.1.16	<p><math>a) v^2 = v_0^2 + 2g(h_0 - h)</math> тело бросили вертикально вниз со скоростью <math>v_0</math>. Оказавшись на высоте <math>h</math>, оно достигает скорости <math>v</math>.</p> <p>Начальная высота равна <math>h_0</math>.</p> <p><math>b) h(t) = h_0 - v_0 t - \frac{gt^2}{2}</math> — связь высоты и времени полета в этом случае</p>

	$c) v(t) = v_0 + gt$ зависимость скорости от времени при падении тела
1.1.17	<p><math>a) v^2 = v_0^2 - 2g(h - h_0)</math> тело бросили вертикально вверх со скоростью <math>v_0</math>. Оказавшись на высоте <math>h</math>, оно имеет скорость <math>v</math>. Начальная высота равна <math>h_0</math>.</p> <p><math>b) h(t) = h_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}</math> связь времени подъема и высоты в этом случае</p> <p><math>c) v(t) = v_0 - gt</math> зависимость скорости от времени</p>
1.1.18	$s_n = \frac{g\tau^2}{2} (2n - 1) = 5 \cdot (2n - 1) \quad (0, 5 \text{ м}, 15 \text{ м}, 25 \text{ м}, 35 \text{ м} \dots)$ <p>тело падает без начальной скорости. <math>s_n</math> - путь за <math>n</math>-ю секунду. <math>\tau = 1 \text{ с}</math></p>
1.1.19	$v_{\text{cp}} = \frac{v_{\text{н}} + v_{\text{к}}}{2}$ связь средней скорости $v_{\text{cp}}$ с начальной и конечной при движении с постоянным ускорением, если направление движения не изменяется
1.1.20	$\begin{cases} v_x = x'(t), & a_x = v'_x = x''(t) \\ v_y = y'(t), & a_y = v'_y = y''(t) \end{cases}$ <p>Тело движется в плоскости. Положение тела задается двумя координатами <math>x(t), y(t)</math>.</p> <p>Проекции скорости и ускорения выражаются через производные координат по времени.</p> $\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases}$ <p>зависимость координат от времени при постоянном ускорении</p> $\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}$ <p>описание движения в плоскости при постоянном ускорении <math>\vec{a}</math> с помощью радиуса-вектора <math>\vec{r}(t)</math>, проведенного из начала координат к точке нахождения тела.</p>

1.1.21	$c) \begin{cases} \vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2} \\ \vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\vec{r}(t) - \vec{r}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \quad u_{\text{ср}} = \frac{\text{путь}}{\text{время}} \end{cases}$ <p style="text-align: right;">описание движения в</p> <p>плоскости при постоянном ускорении <math>\vec{a}</math> с помощью радиуса-вектора <math>\vec{r}(t)</math>, проведенного из начала координат к точке нахождения тела.</p> <p><math>\vec{v}_{\text{ср}}</math> - векторная средняя скорость, <math>u_{\text{ср}}</math> - средняя путевая скорость.</p>
1.1.22	$\begin{cases} x(t) = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y(t) = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases}$ <p>зависимости от времени координат тела, брошенного со скоростью <math>\vec{v}_0</math> под углом <math>\alpha</math> к горизонту. Ось <math>x</math> горизонтальная, <math>y</math> – вертикальная, начало отсчета на земле в точке бросания тела.</p>
1.1.23	$y(x) = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$ <p>уравнение траектории (параболы) тела, брошенного со скоростью <math>\vec{v}_0</math> под углом <math>\alpha</math> к горизонту.</p>
1.1.24	$L = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$ <p>дальность полета тела, брошенного со скоростью <math>\vec{v}_0</math> под углом <math>\alpha</math> к горизонту.</p>
1.1.25	$H = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \alpha = \frac{L}{4} \operatorname{tg} \alpha$ <p>наибольшая высота траектории при полете тела, брошенного со скоростью <math>\vec{v}_0</math> под углом <math>\alpha</math> к горизонту.</p>
1.1.26	$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{g}t$ $v_x(t) = v_0 \cos \alpha$ $v_y(t) = v_0 \sin \alpha - gt$ <p>зависимость от времени вектора <math>\vec{v}(t)</math> скорости и его проекций при движении тела, брошенного под углом <math>\alpha</math> к горизонту со скоростью <math>\vec{v}_0</math>.</p>

1.1.27	$\tau = \frac{2v_0}{g} \sin \alpha$ <p>время полета тела, брошенного под углом <math>\alpha</math> к горизонту со скоростью <math>\vec{v}_0</math>.</p>
1.1.28	$\omega \equiv \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ <p>угловая скорость <math>\omega</math> тела, движущегося по окружности. <math>\Delta\varphi</math> – дуга в радианах, которую проходит тело за промежуток времени <math>\Delta t</math>.</p>
1.1.29	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ <p>связь угловой скорости <math>\omega</math> с периодом обращения <math>T</math> и частотой вращения <math>\nu</math></p>
1.1.30	$v_{\text{лин}} = \omega R = \frac{2\pi R}{T}$ <p>связь линейной скорости тела <math>v_{\text{лин}}</math> с угловой скоростью <math>\omega</math> (или периодом <math>T</math>) и радиусом окружности <math>R</math>, по которой движется тело.</p>
1.1.31	$a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = v\omega$ <p>кинематическая формула для центростремительного ускорения <math>a_{\text{ц}}</math> тела, движущегося по дуге окружности радиуса <math>R</math> со скоростью <math>v</math>. Формула одинаковая для спутника, камня на веревке, электрона в магнитном поле .....</p>
1.1.32	$a_{\text{т}} \equiv \frac{\Delta v}{\Delta t}$ <p>модуль тангенциальное ускорения <math>a_{\text{т}}</math> по определению. <math>\Delta v</math> – изменение скорости тела, движущегося по окружности за время <math>\Delta t</math>. При равномерном движении по окружности тангенциальное ускорение отсутствует.</p>
1.1.33	$\vec{v}_{\text{абс}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{пер}}$ <p>– закон сложения скоростей в классической механике. <math>\vec{v}_{\text{абс}}</math> – скорость тела относительно системы отсчета, принятой за неподвижную, <math>\vec{v}_{\text{отн}}</math> – скорость тела относительно подвижной системы отсчета, <math>\vec{v}_{\text{пер}}</math> – переносная скорость, т.е. скорость подвижной системы относительно неподвижной.          Пример. Паровоз проезжает мимо придорожного столба со скоростью <math>\vec{v}_{\text{п}}</math>. Машинист паровоза видит, что столб движется назад со скоростью <math>(-\vec{v}_{\text{п}})</math> (предметы в кабине он считает неподвижными). Грузовик, едущий со скоростью <math>\vec{v}_{\text{г}}</math>, для машиниста паровоза выглядит, как</p>

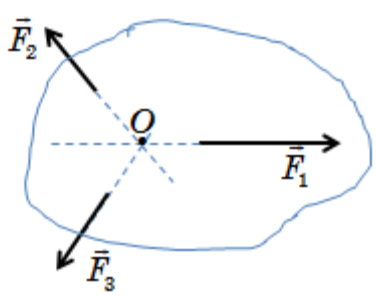
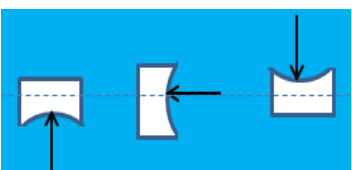
	<p>едущий со скоростью <math>\vec{v}_{\text{отн}} = \vec{v}_Г - \vec{v}_П = \vec{v}_Г + (-\vec{v}_П)</math>. Т.е. и грузовику машинист «приписал», т.е. добавил вектор <math>(-\vec{v}_П)</math> как столбу. Будем называть такое мнемоническое правило отыскания скорости относительно подвижной системы «правилом столба».</p>	
1.1.34	<p><math>\vec{a}_{\text{абс}} = \vec{a}_{\text{отн}} + \vec{a}_{\text{пер}}</math> сложение ускорений в случае, когда подвижная система движется поступательно. Если подвижная система вращается, то связь ускорений более сложная. В таком виде она применима для вращающейся системы в частном случае, когда <math>\vec{v}_{\text{отн}} = 0</math>.</p>	
1.1.35	<p>Проекции скоростей двух произвольных точек твердого тела на ось, проходящую через эти точки, равны между собой. (Теорема о проекции Грасгофа)</p>	
1.2 Динамика		
1.2.1	<p><math>\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}</math> ускорения (модули) взаимодействующих тел обратно пропорциональны их массам .</p>	
1.2.2	<p><math>\vec{F} = m\vec{a}</math> 2-ой закон Ньютона, определение силы, действующей на тело, движущееся с ускорением.</p>	
1.2.3	<p><math>m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \vec{F}_p</math> Если на тело действуют несколько сил, то ускорение определяется их векторной суммой, называемой равнодействующей силой <math>\vec{F}_p</math>.</p>	
1.2.4	<p><math>\vec{F}_{2 \rightarrow 1} = -\vec{F}_{1 \rightarrow 2}</math> 3-й закон Ньютона. Тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению. Согласно Ньютону такой характер взаимодействия имеет место в любой момент времени.</p>	
1.2.5	<p><math>\rho \equiv \frac{m}{V}</math> плотность <math>\rho</math> вещества по определению. <math>m</math> – масса тела, <math>V</math> – объем тела.</p>	
	<p><math>F_{\text{упр}} = -kx</math> закон Гука. Сила упругости <math>F_{\text{упр}}</math> пропорциональна величине деформации <math>x</math>. Коэффициент <math>k</math>, называемый жесткостью, зависит от материала тела и его размеров. Для длинного стержня</p>	

1.2.6	приближенно жесткость пропорциональна площади сечения и обратно пропорциональна длине $k \propto \frac{S}{l}$ ( $\propto$ – знак пропорциональности)
1.2.7	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Жесткость комбинированной пружины выражается через жесткости отдельных пружин</p> <p><math>k_{пр} = k_1 + k_2</math> при «параллельном» соединении пружин</p> <p><math>\frac{1}{k_{пс}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \Rightarrow k_{пс} = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}</math> при «последовательном»</p> </div> </div>
1.2.8	$p \equiv \frac{N}{S}$ давление $p$ при контактном взаимодействии двух тел. $N$ – сила, с которой тела действуют друг на друга, $S$ – площадь поверхности контакта.
1.2.9	$\vec{N} = m(\vec{g} - \vec{a})$ $N$ – сила, с которой тело давит на опору или растягивает подвес (вес тела) в лифте, движущемся с ускорением $\vec{a}$
1.2.10	$F_{тр.ск} = \mu N$ связь силы трения скольжения $F_{тр.ск}$ и силы нормального давления $N$ . Коэффициент трения $\mu$ не зависит от скорости скользящего тела.
1.2.11	$F_{тр.покоя} \leq \mu N$ сила трения покоя $F_{тр.покоя}$ может быть любой в интервале от нуля до трения скольжения $\mu N$ . В этих пределах сила трения покоя подстраивается под внешние силы, стараясь препятствовать скольжению.
1.2.12	<p>на тело, помещенное без толчка на наклонную плоскость, действуют три силы: сила тяжести <math>m\vec{g}</math>, нормальная реакция плоскости <math>\vec{N}</math> и сила трения <math>\vec{F}_{тр}</math>.</p> <p>Проекции сил оси <math>x, y</math></p> <div style="text-align: right;">  </div>

	$(mg)_x = mg \sin \alpha \quad (mg)_y = -mg \cos \alpha$ $F_{\text{тр}x} \leq \mu mg \cos \alpha$	
1.2.13	<p>в некоторых случаях удобно представить силу тяжести в виде двух составляющих.</p> $m\vec{g} = \vec{F}_{\text{ск}} + (-\vec{N}) \quad F_{\text{ск}} = mg \sin \alpha$ $N = mg \cos \alpha$ $\vec{F}_{\text{ск}}$ – скатывающая сила, параллельная наклонной плоскости, $(-\vec{N})$ – сила нормального давления тела на плоскость	
1.2.14	$F_{\text{тр}} \leq \mu mg \cos \alpha$ сила трения на наклонной плоскости	
1.2.15	если коэффициент трения $\mu > \text{tg} \alpha$ тело, помещенное на наклонную плоскость, не скользит вниз	
1.2.16	$a = g \sin \alpha$ ускорение тела, скатывающегося вниз по гладкой наклонной плоскости с углом при основании $\alpha$	
1.2.17	$F_{\uparrow} = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha$ сила $F_{\uparrow}$ , которую надо приложить вдоль наклонной плоскости, чтобы перемещать тело равномерно вверх по плоскости.	
1.2.18	$F_{\text{Н}} = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ закон всемирного тяготения Ньютона. Два точечных тела (или два шара) притягиваются друг к другу с силой $F_{\text{Н}}$ , пропорциональной массам тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния $R$ между центрами тел. Коэффициент пропорциональности $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ называется гравитационная постоянная	
1.2.19	$g = \frac{F_{\text{Н}}}{m} = G \frac{M}{R^2} = G \frac{4}{3} \pi \rho R$ связь ускорения свободного падения на поверхности планеты $g$ с параметрами планеты массой : $M$ , плотностью $\rho$ , радиусом $R$ .	
1.2.20	$v_1 = \sqrt{Rg}$ первая космическая скорость на планете радиуса $R$ с	



	<p>ускорением свободного падения на поверхности <math>g</math> .          Для Земли <math>v_{1\text{Земли}} \approx 8</math> км/с .</p>
1.2.21	<p><math>v_2 = \sqrt{2Rg}</math> вторая космическая скорость. Для Земли <math>v_{2\text{Земли}} \approx 11,2</math> км/с</p>
1.2.22	<p><math>\vec{F}_{\text{и}} = -m\vec{a}</math>    <math>m\vec{a}_{\text{отн}} = \vec{F}_{\text{р}} + \vec{F}_{\text{и}}</math> Если система отсчета движется с ускорением <math>\vec{a}</math> по отношению к инерциальной системе отсчета, то такая система является неинерциальной (например, поезд, идущий с ускорением). Чтобы описывать движение относительно такой системы с помощью 2-го закона Ньютона, нужно считать, что на тело, кроме «обычной» равнодействующей силы <math>\vec{F}_{\text{р}}</math>, действует дополнительная сила инерции <math>\vec{F}_{\text{и}}</math> .</p>
1.3 Статика	
1.3.1	<p><math>\vec{F}_1 + \vec{F}_1 + \dots + \vec{F}_n = \vec{F}_{\text{р}}</math> сумма сил, действующих на тело, называется равнодействующей силой <math>\vec{F}_{\text{р}}</math> . Если тело точечное, то под действием равнодействующей тело движется поступательно так, как под действием суммы сил. В случае тела конечных размеров кроме поступательного движения возможно вращательное. Чтобы обеспечить правильное движение, включая вращательное, равнодействующая должна быть приложена в определенной точке протяженного тела. Равнодействующая существует не для любой системы сил. Пара сил, т.е. две силы <math>\vec{F}_1</math> и <math>\vec{F}_2 = -\vec{F}_1</math> , приложенные в разных точках тела, нельзя заменить одной, так, чтобы воздействие на тело не изменилось.</p>
1.3.2	<p><math>\vec{F}_1 + \vec{F}_1 + \dots + \vec{F}_n = \vec{F}_{\text{р}} = \mathbf{0}</math> условие равновесия материальной точки</p>
1.3.3	<p><math>M \equiv \vec{F} \cdot l</math> момент <math>M</math> силы <math>\vec{F}</math> относительно оси равен по определению произведению модуля силы на расстояние <math>l</math> от оси до линии действия силы. (<math>l</math> – плечо силы). Если сила вращает против часовой стрелки, ее момент считают положительным, по часовой стрелке – отрицательным.</p>
1.3.4	<p>а) <math>\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \mathbf{0}</math>          условия равновесия тела конечных размеров.          б) <math>M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0</math>          Условие а) обеспечивает отсутствие поступательного движения, условие б) – вращательного. Предполагается, что все векторы сил лежат в плоскости, перпендикулярной оси вращения. Если ось</p>

	закреплена, то условие <b>a)</b> выполнено автоматически за счет сил, приложенных к оси.
1.3.5	$x_{\text{цт}} = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2 \dots + m_n x_n}{m_1 + m_2 \dots + m_n}$ координата центра тяжести (ЦТ) системы материальных точек массами $m_1, m_2, \dots, m_n$ . $x_1, x_2, \dots, x_n$ – координаты точек. В ЦТ приложена равнодействующая всех сил тяжести, действующих на отдельные частицы системы. Формула применима и для ЦТ системы шаров.
1.3.6	 <p>Если твердое тело конечных размеров находится в равновесии под действием трех непараллельных сил, лежащих в одной плоскости, то линии действия этих сил пересекаются в одной точке. (Теорема о трех силах).</p>
1.3.7	$p = \frac{F}{S}$ определение давления жидкости $p$ : отношение силы $F$ (силы давления), действующей на поверхность со стороны жидкости к площади $S$ этой поверхности. Закон Паскаля: давление, производимое на покоящуюся жидкость или газ, передается в любую точку жидкости одинаково по всем направлениям. То есть, если в данной точке жидкости вращать манометр, измеряя давление в разных направлениях, показания прибора будут одинаковые. 
1.3.8	$p = \rho g h$ давление $p$ столба жидкости под действием силы тяжести. $\rho$ – плотность жидкости, $h$ – высота столба.
1.3.9	$F_A = \rho g V$ Закон Архимеда. На тело, погружённое в жидкость, действует выталкивающая сила $F_A$ (сила Архимеда), равная весу жидкости объема, равного объему погруженной в жидкость части тела. $\rho$ – плотность жидкости, $V$ – объем погруженной части тела, $g$ – ускорение свободного падения. Закон применим и к газам.

1.3.10	<p>1) <math>F_A &gt; mg</math>    2) <math>F_A = mg</math>    3) <math>F_A &lt; mg</math> Условия плавания тел. <math>F_A</math> – сила Архимеда при полном погружении тела в жидкость. 1) Тело плавает, частично погрузившись в жидкость. 2) Тело в безразличном равновесии на любой глубине. 3) Тело тонет.</p>
1.3.11	<p><math>P = mg - F_A = (\rho_{\text{тела}} - \rho_{\text{ж}})Vg</math> вес тела <math>P</math> массой <math>m</math> при погружении его в жидкость плотности <math>\rho_{\text{ж}} &lt; \rho_{\text{тела}}</math>. Объем погруженной части тела <math>V</math>.</p>
1.3.12	<p><math>\Delta V = vS\Delta t</math>, <math>\Delta m = \rho vS\Delta t</math> Жидкость(или газ) плотности <math>\rho</math> со скоростью <math>v</math> течет по трубе сечением <math>S</math>. За время <math>\Delta t</math> из трубы вытечет объем жидкости <math>\Delta V</math> массой <math>\Delta m</math>.</p>
1.3.13	<p><math>v^2 = 2gh</math> Жидкость находится в тонкостенном сосуде. На глубине <math>h</math> от поверхности имеется небольшое отверстие. Жидкость вытекает из него со скоростью <math>v</math>, такой же, как у тела, падающего с высоты <math>h</math>. (Формула Торичелли).</p>
1.4 Законы сохранения	
1.4.1	<p><math>\vec{p} \equiv m\vec{v}</math> определение импульса тела <math>\vec{p}</math>: вектор, модуль которого равен произведению массы тела на модуль скорости, а направление совпадает с направлением вектора скорости.</p>
1.4.2	<p><math>\Delta\vec{p} = \vec{F}\Delta t</math> второй закон Ньютона в импульсной форме. Изменение импульса тела <math>\Delta\vec{p}</math> равно импульсу приложенной силы <math>\vec{F}</math>. Импульсом силы называется произведение <math>\vec{F} \cdot \Delta t</math>. При неизменной массе тела такая форма закона совпадает с использованной ранее <math>m\vec{a} = \vec{F}</math>.</p>
1.4.3	<p><math>\vec{P}_{\text{пол}} \equiv \sum \vec{p}_i \equiv \sum m_i \vec{v}_i</math> полным импульсом <math>\vec{P}_{\text{пол}}</math> системы частиц называется вектор, равный сумме импульсов отдельных частиц.</p>
1.4.4	<p><math>\Delta\vec{P}_{\text{пол}} = \vec{F}_{\text{внш}}\Delta t</math> изменение полного импульса системы тел <math>\Delta\vec{P}_{\text{пол}}</math> за время <math>\Delta t</math> определяется импульсом только внешних сил <math>\vec{F}_{\text{внш}}</math>. Если внешних сил нет, то полный импульс системы тел не изменяется со временем</p> $\vec{P}_{\text{пол}} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots m_n\vec{v}_n = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2 + \dots m_n\vec{v}'_n$
1.4.5	<p><math>x_{\text{цм}} \equiv \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + x_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}</math> определение координаты <math>x_{\text{цм}}</math> центра масс (ЦМ). <math>x_1, x_2, \dots, x_n</math> – координаты отдельных точечных тел (или шаров). Центр тяжести системы находится в этой же</p>

	точке.
1.4.6	$V_{\text{цм}x} \equiv \frac{m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} + \dots + m_n v_{nx}}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = \frac{P_{\text{пол}x}}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$ <p><math>V_{\text{цм}x}</math> – проекция скорости центра масс. <math>v_{1x}, v_{2x} \dots v_{nx}</math> – проекции скоростей отдельных частиц массами <math>m_1, m_2 \dots m_n</math>.</p> <p><math>P_{\text{пол}x}</math> – проекция полного импульса системы. Если проекция внешней силы на ось <math>x</math> равна нулю, проекция скорости ЦМ <math>V_{\text{цм}x}</math> не изменяется. В частности, если при отсутствии проекции внешней силы на ось <math>x</math> оси ЦМ в начальный момент покоился, то он остается неподвижным все время.</p>
1.4.7	<p><math>A \equiv F s \cos \alpha = \vec{F} \cdot \vec{s} = \vec{F} \cdot \vec{v} \cdot \Delta t</math> механическая работа <math>A</math>, производимая постоянной силой <math>\vec{F}</math> над материальной точкой при ее перемещении <math>\vec{s}</math> по определению. <math>\alpha</math> - угол между вектором силы и вектором перемещения, <math>\vec{v}</math> - скорость точки. Полная работа <math>A_{\text{пол}}</math> над системой материальных точек по определению равна сумме работ над отдельными точками <math>A_{\text{пол}} \equiv \sum_i A_i</math>.</p>
1.4.8	<p><math>N \equiv \frac{A}{\Delta t}</math> мощность <math>N</math> силы по определению - отношение работы силы к интервалу времени <math>\Delta t</math>, за которое эта работа была произведена.</p>
1.4.9	<p><math>N = F \cdot v</math> сила <math>\vec{F}</math>, действующая на тело в направлении вектора скорости <math>\vec{v}</math>, развивает мощность <math>N</math>.</p>
1.4.10	<p><math>E_{\text{кин}} \equiv \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2} (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) = \frac{p^2}{2m}</math> кинетическая энергия <math>E_{\text{кин}}</math> тела массой <math>m</math>, движущегося со скоростью <math>\vec{v}</math> по определению. <math>p = mv</math> – модуль импульса тела. Формула для кинетической энергии применима при поступательном движении тела, когда скорость у всех частиц тела одинаковая. Для нескольких поступательно движущихся тел общая кинетическая энергия равна сумме энергий отдельных тел</p> $E = \sum \frac{mv^2}{2}$
1.4.11	<p><math>E_{\text{кин}1} - E_{\text{кин}0} = \sum_i A_i</math> Изменение кинетической энергии системы</p>

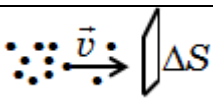
	равно работе всех внутренних и внешних сил, действующих на тела системы. Теорема об изменении кинетической энергии.
1.4.12	$v'_{1x} = \frac{(m_1 - m_2)v_{1x} + 2m_2v_{2x}}{m_1 + m_2} \quad v'_{2x} = \frac{(m_2 - m_1)v_{2x} + 2m_1v_{1x}}{m_1 + m_2}$ <p>Упругое центральное столкновение двух шаров массами <math>m_1, m_2</math>.  <math>v_{1x}, v_{2x}</math> – проекции скоростей шаров до столкновения,  <math>v'_{1x}, v'_{2x}</math> – проекции после столкновения. Если массы шаров одинаковые, шары «обмениваются» скоростями  <math>v'_{1x} = v_{2x}, v'_{2x} = v_{1x}</math> при <math>m_1 = m_2</math></p>
1.4.13	$u'_{1x} = -u_{1x}, \quad u'_{2x} = -u_{2x}$ <p>Описание упругого центрального столкновения двух шаров массами <math>m_1, m_2</math> в системе отсчета, где ЦМ покоится. <math>u_{1x}, u_{2x}</math> – проекции скоростей до удара, <math>u'_{1x}, u'_{2x}</math> – проекции скоростей после удара. В этой системе отсчета проекции скоростей частиц после удара изменяют знак, не изменяясь по модулю.</p>
1.4.14	$E_{\text{упр}} = \frac{kx^2}{2}$ <p>потенциальная энергия <math>E_{\text{упр}}</math> упруго деформированного тела. <math>k</math> – жесткость, <math>x</math> – величина деформации. Чаще всего используется в задачах с пружинами, резиновым шнурами..</p>
1.4.15	$E_{\text{п}} = mgh = A$ <p>потенциальная энергия <math>E_{\text{п}}</math> тела, поднятого над Землей на высоту <math>h</math>. Эта энергия равна работ <math>A</math>, совершаемой силой тяжести при падении тела с высоты <math>h</math>.</p>
1.4.16	<p>Сохранение полной механической энергии при падении тела с высоты <math>h</math> с начальной скоростью <math>v_{\text{вверху}}</math>.</p> $E_{\text{к внизу}} = E_{\text{полн.вверху}} \quad \frac{mv_{\text{внизу}}^2}{2} = \frac{mv_{\text{вверху}}^2}{2} + mgh$
1.4.17	$v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}$ <p>шарик, подвешенный на нитке длиной <math>l</math>, имеет скорость <math>v</math>, когда проходит положение равновесия после отклонения на угол <math>\alpha</math>.</p>
	$E_{\text{Г}} = -G \frac{mM}{R}$ <p>гравитационная потенциальная энергия</p>

1.4.18	взаимодействия двух точечных или сферически симметричных тел. $R$ - расстояние между центрами. За нулевой уровень энергии принята энергия, соответствующая бесконечно большому расстоянию между телами.
1.4.19	$\Delta E_{\text{мех}} = A_{\text{внш}} + A_{\text{тр}} \Delta E_{\text{мех}}$ закон сохранения и изменения механической энергии системы тел. Изменение механической энергии системы равно работе внешних сил и сил трения (любых – внешних и внутренних).
1.4.20	$\eta_{\text{пл}} \equiv \frac{\Delta E_{\text{пот}}}{A_{\text{под}}} 100\%$ определения КПД $\eta_{\text{пл}}$ наклонной плоскости. $\Delta E_{\text{пот}}$ – прирост потенциальной энергии при подъеме тела по наклонной плоскости, $A_{\text{под}}$ – затраченная на подъем работа.
1.5 Механические колебания и волны	
1.5.1	$ma = -kx \Rightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0 \quad x'' + \omega^2 x = 0 \quad \omega^2 = \frac{k}{m}$ <p>2-й закон Ньютона для пружинного маятника. Уравнение описывает гармонические колебания координаты</p> $x(t) = x_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) = x_m \cdot \sin(2\pi\nu t + \varphi_0) = x_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$ <p><math>x(t)</math> – изменение со временем координаты тела при гармонических колебаниях. <math>x_m</math> – амплитуда колебаний, <math>\nu</math> – частота колебаний, <math>T = \frac{1}{\nu}</math> – период колебаний-наименьший промежуток времени, через который состояние повторяется, <math>\omega = 2\pi\nu</math> – циклическая частота, <math>\varphi_0</math> – начальная фаза колебаний</p>
1.5.2	$T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\tau}{N}$ <p>соотношения между периодом колебаний <math>T</math>, частотой <math>\nu</math>, циклической (угловой) частотой <math>\omega</math>, числом <math>N</math> колебаний за время <math>\tau</math>.</p>

1.5.3	$v(t) = x(t)' = \omega \cdot x_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) = v_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$ $v_m = \omega \cdot x_m$ <p><math>v(t)</math> – изменение во времени скорости тела при гармонических колебаниях с циклической частотой <math>\omega</math>. <math>x_m</math> – амплитуда координаты, <math>v_m</math> – амплитуда колебаний скорости, <math>\varphi_0</math> – начальная фаза колебаний.</p>
1.5.4	$a(t) = v'(t) = x''(t) = -\omega^2 x_m \sin(\omega t + \varphi_0) = -a_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ $a_m = \omega^2 x_m = \omega v_m$ <p><math>a(t)</math> – изменение со временем ускорения тела при гармонических колебаниях с циклической <math>\omega</math>. <math>x_m</math> – амплитуда координаты, <math>v_m</math> – амплитуда скорости, <math>a_m</math> – амплитуда колебаний ускорения, <math>\varphi_0</math> – начальная фаза колебаний</p>
1.5.5	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ <p>период <math>T</math> малых колебаний математического маятника длиной <math>l</math>. <math>\nu, \omega</math> – частота и циклическая частота маятника. Формула Гюйгенса.</p>
1.5.6	$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad \omega = 2\pi\nu = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ <p>частота <math>\omega</math>, период <math>T</math> гармонических колебаний груза массы <math>m</math> на пружине жесткости <math>k</math> (пружинный маятник). С такой частотой изменяются координата, скорость, ускорение груза. Энергия кинетическая и потенциальная изменяется с частотой вдвое больше <math>2\nu</math>.</p>
1.5.7	$E = \frac{mv(t)^2}{2} + \frac{kx(t)^2}{2} = m\left[\frac{v(t)^2}{2} + \frac{\omega^2 x(t)^2}{2}\right] = const$ <p><math>E</math> – полная энергия пружинного маятника – сумма кинетической энергии и потенциальной упругой энергии. Координата <math>x(t)</math> и скорость <math>v(t)</math> изменяются со временем по гармоническим законам, полная энергия не зависит (не изменяется) со временем. Второе выражение для полной энергии (с частотой) применимо и для малых колебаний математического маятника. Максимальная кинетическая энергия равна максимальной потенциальной энергии <math>\frac{mv_m^2}{2} = \frac{kx_m^2}{2}</math></p>

1.5.8	$y(t, x) = y_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) = y_m \cos \varphi(t, x) \quad \varphi(t, x) = \frac{2\pi}{T}t - \frac{2\pi}{\lambda}x$ <p>Плоская волна амплитуды <math>y_m</math> с периодом колебаний <math>T</math> и длиной волны <math>\lambda</math> движется в положительном направлении оси <math>x</math>. Отклонение от положения равновесия <math>y(t, x)</math> в точке с координатой <math>x</math> в момент времени <math>t</math> описывается уравнением бегущей волны. Фазы колебаний в волне <math>\varphi(t, x)</math> в точках, отстоящих на расстояние <math>\lambda</math> друг от друга в один и тот же момент отличаются на <math>2\pi</math>.</p>
1.5.9	$\lambda\nu = c$ соотношение между частотой $\nu$ колебаний в волне, длиной волны $\lambda$ и скоростью волны $c$ . Применимо для звуковых и электромагнитных волн.
1.5.10	$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda}$ при распространении волны фаза колебаний в один и тот же момент времени в точках, отстоящих на расстояние $\Delta x$ друг от друга, отличается на $\Delta\varphi$ («набег» фазы).
1.5.11	$p(t, x) = 2p_0 \cos\left(\pi \frac{s_2 - s_1}{\lambda}\right) \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x - \delta\right)$ суммарное колебание давления $p(t, x)$ при возбуждении двух когерентных звуковых волн частоты $\omega$ одинаковой амплитуды $p_0$ с разностью хода $\Delta s = s_2 - s_1$
1.5.12	$\Delta s = \frac{\lambda}{2} (2m + 1) \quad m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ условие на разность хода $\Delta s$ двух когерентных волн для наблюдения минимума на интерференционной картине
1.5.13	$\Delta s = \lambda m \quad m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots$ условие на разность хода $\Delta s$ двух когерентных волн для наблюдения максимума на интерференционной картине
2. Молекулярная физика. Термодинамика.	
2.1 Молекулярная физика	
	$m = \rho V = \nu M = \frac{N}{N_A} M \quad n = \frac{N}{V} = \rho \frac{N_A}{M} \quad N = \frac{m}{M} N_A$ соотношения между



2.1.1	<p>массой однородного тела <math>m</math>, его объемом <math>V</math>, плотностью <math>\rho</math>, количеством вещества <math>\nu</math>, молярной массой <math>M</math>, числом молекул, составляющих тело <math>N</math>. <math>N_A = 6,02 \cdot 10^{23}</math> 1/моль - число Авагадро, <math>n</math> – концентрация молекул вещества.</p>
2.1.2	<p><math>m_0 = \frac{M}{N_A}</math> <math>m = m_0 n V</math> <math>n = \frac{\rho}{m_0}</math> <math>v_1 = \frac{1}{n}</math> <math>a = \sqrt[3]{v_1} = \frac{1}{\sqrt[3]{n}}</math> соотношения между массой одной молекул <math>m_0</math>, средним объемом, приходящимся на одну молекулу <math>v_1</math>, средним расстоянием между молекулам <math>a</math></p>
2.1.3	<p><math>\Delta N = n v \Delta S \cdot \Delta t</math>  поток частиц с одинаковой скоростью <math>\vec{v}</math> и концентрацией <math>n</math> пересекает поверхность площади <math>\Delta S</math> с нормалью, параллельной вектору скорости. За время <math>\Delta t</math> площадку пересечет <math>\Delta N</math> частиц.</p>
2.1.4	<p><math>\langle v^2 \rangle \equiv \frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_N^2}{N}</math> <math>v_{кв} \equiv \sqrt{\langle v^2 \rangle}</math> имеется большое число <math>N</math> одинаковых молекул с разными скоростями. <math>\langle v^2 \rangle</math> – среднее значение квадрата скорости по определению. <math>v_{кв}</math> – средняя квадратичная скорость по определению.</p>
2.1.5	<p><math>\langle E_k \rangle \equiv \frac{1}{N} (E_{k1} + E_{k2} \dots + E_{kN})</math> средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул <math>\langle E_k \rangle</math> по определению.</p>
2.1.6	<p><math>p = \frac{1}{3} n m_0 \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle</math> выражение давления <math>p</math> идеального газа через параметры системы молекул – концентрацию <math>n</math>, массу отдельной молекулы <math>m_0</math>, среднюю квадратичную скорость или среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекул <math>\langle E_k \rangle</math>. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории.</p>
2.1.7	<p><math>p = \frac{\rho v_{кв}^2}{3}</math> выражение давления <math>p</math> идеального газа через его плотность <math>\rho</math> и среднюю квадратичную скорость поступательного движения молекул <math>v_{кв}</math>.</p>
2.1.8	<p><math>a = \sqrt[3]{\frac{1}{n}}</math> оценка среднего расстояния между молекулами.</p>

	$n$ – концентрация молеку.
2.1.9	$p_0V_0 = p_1V_1 = const$ при постоянной температуре (изотермический процесс) произведение давления идеального газа на его объем неизменно. Закон Бойля-Мариотта.
2.1.10	$T$ [К] = $t$ °С + 273,15 соотношение температуры $T$ в шкале Кельвина (абсолютной температуры) и температуры $t$ шкале Цельсия. Величина одного градуса в шкале Кельвина (1 К) и в шкале Цельсия одинакова 1 К=1°С
2.1.11	$\frac{V}{T} = const$ при постоянном давлении (изобарный процесс) отношение объема к абсолютной температуре идеального газа неизменно. Закон Гей-Люссака.
2.1.12	$\frac{p}{T} = const$ в идеальном газе при постоянном объеме (изохорный процесс) отношение давления к абсолютной температуре постоянно. Закон Шарля.
2.1.13	$\frac{pV}{T} = const$ при неизменной массе идеального газа отношение произведения давления и объема $pV$ к абсолютной температуре $T$ одинаково во всех равновесных состояниях. Уравнение Клапейрона.
2.1.14	$pV = \frac{m}{M} RT = \nu RT$ уравнение Менделеева-Клапейрона (УМК). Описывает равновесное состояние идеального газа с учетом возможного изменения массы газа $m$ . $R=8,31$ Дж/(моль · К) – универсальная газовая постоянная, $M$ [кг/моль] – молярная масса, $\nu$ – количество вещества (число молей).
2.1.15	$p = \frac{m}{MV} RT = \frac{\rho}{M} RT \Rightarrow \rho = \frac{pM}{RT}$ связь плотности $\rho$ идеального газа с его давлением $p$ и молярной массой $M$ - следствие УМК.
	$p = \frac{N}{VN_A} RT = knT$ давление $p$ идеального газа пропорционально

2.1.16	концентрации $n$ молекул и абсолютной температуре $T$ . Коэффициент пропорциональности $k \equiv \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К называется постоянной Больцмана.
2.1.17	$\langle E_k \rangle = \frac{m_0 v_{\text{кв}}^2}{2} = \frac{3}{2} kT$ связь средней кинетической энергии $\langle E_k \rangle$ поступательного движения молекул с абсолютной температурой $T$ .
2.1.18	$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3pV}{m}}$ связь средней квадратичной скорости поступательного движения молекул идеального газа с термодинамическими параметрами – абсолютной температурой $T$ , давлением $p$ , объемом $V$ . $m$ – масса газа, $m_0$ – масса одной молекулы газа.
2.1.19	$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n = (v_1 + v_2 + \dots + v_n) \frac{RT}{V}$ В сосуде находится смесь идеальных газов. Закон Дальтона утверждает, что полное наблюдаемое $p$ давление смеси равно сумме давлений отдельных компонент (сумме парциальных давлений).
2.1.20	$\rho_{\text{пара}} = \frac{m_{\text{пара}}}{V}$ абсолютной влажностью воздуха называют плотность $\rho_{\text{пара}}$ водяного пара.
2.1.21	$\varphi \equiv \frac{p}{p_H} 100\%$ относительная влажность воздуха $\varphi$ по определению. $p$ - наблюдаемое давление пара, $p_H$ – давление насыщенного пара при имеющейся температуре.
2.2 Термодинамика	
	$U = \frac{m}{M} N_A \cdot \langle E_k \rangle = \frac{3m}{2M} RT = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$ внутренняя энергия $U$ идеального одноатомного газа это кинетическая энергия его молекул. Она выражается через среднюю кинетическую энергию

2.2.1	$\langle E_k \rangle$ одной молекулы или через термодинамические параметры газа - абсолютную температуру $T$ , давление $p$ , объем $V$ . $\nu$ – количество вещества (число молей газа), $M$ – молярная масса. Для двухатомного газа $U = \frac{5}{2} pV$ , для многоатомного $U = 3pV$
2.2.2	$A_{\text{газа}} = p\Delta V$ $A_{\text{внеш}} = -p\Delta V$ работа газа/системы в термодинамике $A_{\text{газа}}$ определяется давлением $p$ и изменением объема $\Delta V$ при этом давлении. При расширении газа $\Delta V > 0$ , работа газа положительная. Работа внешних сил равна работе газа с обратным знаком $A_{\text{внеш}} = -A_{\text{газа}}$ .
2.2.3	$Q = C\Delta T = cm\Delta T$ количество теплоты $Q$ , необходимое для нагрева на $\Delta T$ определяется теплоемкостью тела $C = cm$ . $m$ – масса тела, $c$ – удельная теплоемкость материала тела.
2.2.4	$Q = c_M \cdot \nu \cdot \Delta T \Rightarrow c_M = \frac{Q}{\nu \cdot \Delta T} = \frac{M \cdot Q}{m \cdot \Delta T}$ количество теплоты, необходимое для нагрева на 1 К одного моля вещества называется молярной теплоемкостью $c_M$ . Молярная теплоемкость $c_M$ связана с удельной теплоемкостью $c$ соотношением $c_M = M \cdot c$ .
2.2.5	$Q = C\Delta T \Rightarrow C = \frac{Q}{\Delta T}$ теплоемкость $C$ тела (всего тела, а не одного килограмма и не одного моля) - количество теплоты, необходимой для нагрева этого тела на один 1 К.
2.2.6	$\Delta U = A_{\text{внеш}} + Q$ первый закон термодинамики. $\Delta U$ – изменение внутренней энергии системы равно работе внешних сил $A_{\text{внеш}} +$ количество тепла $Q$ , поступившее в систему. Все три величины могут быть как положительные, так и отрицательные. Полученное системой/газом количество теплоты считаем положительным, отданное – отрицательным.
2.2.7	$Q_{\text{отдан}} = Q_{\text{получ}}$ В равновесии температура во всех частях системы одинаковая. Если же температура разная, то при переходе к равновесию возникает теплообмен. Одни тела остывают и отдают количество теплоты $Q_{\text{отдан}}$ , другие нагреваются, получая количество теплоты $Q_{\text{получ}}$ . В замкнутой системе эти теплоты равны. (Уравнение теплового баланса.)

2.2.8	$Q = \lambda m \Rightarrow \lambda = \frac{Q}{m}$ <p>количество теплоты <math>Q</math>, которое необходимо затратить, чтобы расплавить тело с удельной теплотой плавления <math>\lambda</math> массой <math>m</math>.</p>
2.2.9	$Q = rm \Rightarrow r = \frac{Q}{m}$ <p>количество теплоты <math>Q</math>, которое необходимо затратить, чтобы испарить жидкость массой <math>m</math> и удельной теплотой парообразования <math>r</math>.</p>
2.2.10	$c_v = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{3}{2} \frac{R}{M}$ <p>удельная теплоемкость идеального одноатомного газа при изохорном процессе нагрева (<math>V = \text{const}</math>). (Для двухатомного газа вместо <math>\frac{3}{2}</math> нужно взять <math>\frac{5}{2}</math>).</p> $Q_v = \frac{3}{2} \frac{R}{M} m\Delta T = \frac{3}{2} V\Delta p$
2.2.11	$c_p = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{5}{2} \frac{R}{M}$ <p>удельная теплоемкость идеального одноатомного газа при изобарном процессе нагрева (<math>p = \text{const}</math>). (Для двухатомного газа вместо <math>\frac{5}{2}</math> нужно взять <math>\frac{7}{2}</math>).</p> $Q_p = \frac{5}{2} \frac{R}{M} m\Delta T = \frac{5}{2} p\Delta V$
2.2.12	$Q = qm$ <p>количество теплоты <math>Q</math>, которое выделяется при сгорании топлива массой <math>m</math>. <math>q</math> – удельная теплота сгорания, разная у разных веществ.</p>
2.2.13	$\eta \equiv \frac{A}{Q_{\text{получ}}} = \frac{Q_{\text{получ}} - Q_{\text{отдан}}}{Q_{\text{получ}}} = \frac{A}{A + Q_{\text{отдан}}}$ <p>определение КПД <math>\eta</math> теплового двигателя (цикла). <math>Q_{\text{получ}}</math> – полученная двигателем за цикл теплота, <math>Q_{\text{отдан}}</math> – отданная двигателем теплота, <math>A = Q_{\text{получ}} - Q_{\text{отдан}}</math> – совершенная рабочим телом/газом за цикл работа. Пройдя цикл, рабочее тело возвращается в исходное</p>

	состояние с той же внутренней энергией, т.е. $\Delta U = 0$ .
2.2.14	$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H}$ <p>КПД теплового двигателя с циклом Карно.</p> <p><math>T_H</math> – максимальная температура в цикле (нагреватель), <math>T_X</math> – минимальная температура (холодильник). Для данной пары температур КПД цикла Карно максимальный из возможных.</p>
2.2.15	$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = kS\Delta T$ <p>Закон теплопередачи Ньютона. При контакте горячего тела с холодным скорость передачи теплоты <math>\frac{\Delta Q}{\Delta t}</math> от горячего тела к холодному пропорциональна разности температур и площади <math>S</math> соприкосновения тел.</p>
2.2.16	$pV^{\frac{5}{3}} = const$ <p>связь давления идеального одноатомного газа и его объема при адиабатном процессе. (Для двухатомного газа вместо <math>\frac{5}{3}</math> нужно взять <math>\frac{7}{5}</math>).</p>
3. Электродинамика	
3.1 Электрическое поле	
3.1.1	$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ <p>сила взаимодействия <math>F</math> между двумя точечными зарядами <math>q_1, q_2</math> пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Величина <math>\epsilon_0</math> называется электрической постоянной. Эта же формула описывает взаимодействие двух равномерно заряженных шаров, <math>r</math> – расстояние между центрами шаров. Закон Кулона. <math>\epsilon \geq 1</math> – диэлектрическая</p>

	проницаемость среды, в которой находятся заряды
3.1.2	$q_1 + q_2 + \dots + q_n = const$ в замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов сохраняется. Закон сохранения заряда.
3.1.3	$\vec{E} \equiv \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow \vec{F} = q\vec{E}$ напряженность $\vec{E}$ электрического поля по определению. $\vec{F}$ – сила, действующая на <i>положительный</i> заряд $q$ (кулоновская сила).
3.1.4	$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$ частица массой $m$ и зарядом $q$ в электрическом поле напряженности $\vec{E}$ движется с ускорением $\vec{a}$ .
3.1.5	$E_{ТЗ} = k \frac{Q}{r^2}$ модуль $E_{ТЗ}$ напряженности электрического поля точечного заряда величиной $Q$ , $r$ – расстояние от заряда до точки наблюдения.
3.1.6	$E_{сф} = k \frac{Q}{r^2}$ модуль напряженности $E_{сф}$ электрического поля, созданного равномерно заряженной сферой или шаром с зарядом $Q$ . $r$ – расстояние от центра сферы/шара до точки наблюдения. Формула «работает» только вне сферы/шара для расстояний $r \geq R$ , $R$ – радиус сферы/шара. Внутри сферы напряженность поля равна нулю $E_{сфвнутри} = 0$ , внутри равномерно заряженного шара напряженность равна нулю только в центре шара.
3.1.7	$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$ Имеется несколько зарядов. Напряженность полного поля $\vec{E}$ равна векторной сумме напряженностей, созданных отдельными зарядами. Каждый заряд создает поле так, как будто других зарядов нет. В этом состоит принцип суперпозиции полей.
3.1.8	$\varepsilon \equiv \frac{E_0}{E}$ заряд, например, заряженный металлический шарик, помещенный в диэлектрик (например, в керосин) создает поле, меньшее, чем он создал бы в вакууме. Отношение напряженности поля заряда в вакууме к напряженности поля этого же заряда в среде, называется диэлектрической проницаемостью среды $\varepsilon$ .
	$\Delta\varphi_{BC} \equiv \frac{A_{BC}}{q}$ $A_{BC} = q\Delta\varphi_{BC} = qU_{BC}$ определение разности

3.1.9	<p>потенциалов <math>\Delta\varphi_{BC}</math> между точками <math>B</math> и <math>C</math>. Отношение работы <math>A_{BC}</math> электрического поля над положительным зарядом <math>q</math> при переходе заряда из точки <math>B</math> в точку <math>C</math> к величине заряда <math>q</math>. Это отношение не зависит от величины заряда. Часто разность потенциалов называют напряжением и обозначают буквой <math>U_{BC} = \Delta\varphi_{BC}</math></p>
3.1.10	<p><math>\varphi_B \equiv \frac{A_{B\infty}}{q}</math> <math>A_{B\infty} = q\varphi_B</math> определение потенциала точки <math>B</math>.  Отношение работы <math>A_{B\infty}</math> электрического поля над положительным зарядом <math>q</math> при его перемещении из точки <math>B</math> в бесконечность к величине заряда. Полученное отношение не зависит от величины пробного заряда.</p>
3.1.11	<p><math>\varphi_{ТЗ} = k \frac{Q}{r}</math> потенциал <math>\varphi_{ТЗ}</math> поля точечного заряда <math>Q</math> на расстоянии <math>r</math> от него. Такая же формула для потенциала сферы/шара вне сферы/шара радиуса <math>R</math> при <math>r \geq R</math>. Внутри сферы (не шара) потенциал постоянен и равен потенциалу на поверхности.</p>
3.1.12	<p><math>\Delta\varphi_{BC} = Ed_{BC} = U</math> соотношение между модулем напряженности однородного электрического поля <math>E</math> и напряжением <math>U</math> (синоним разности потенциалов <math>\Delta\varphi_{BC}</math>) между двумя точками <math>B</math> и <math>C</math>, лежащими на одной линии напряженности. Расстояние от точки <math>B</math> до точки <math>C</math> обозначено <math>d_{BC}</math>.</p>
3.1.13	<p><math>C_{\text{пров}} \equiv \frac{q}{\varphi}</math> определение емкости <math>C_{\text{пров}}</math> проводника.  Отношение заряда проводника <math>q</math> к его потенциалу <math>\varphi</math>. Это отношение не зависит от заряда.</p>
3.1.14	<p><math>C_{\text{кон}} \equiv \frac{q}{\Delta\varphi} = \frac{q}{U}</math> <math>U = \frac{q}{C_{\text{кон}}}</math> <math>q = C_{\text{кон}}U</math> определение емкости конденсатора <math>C_{\text{кон}}</math> - отношение модуля заряда на одной из обкладок <math>q</math> к напряжению между обкладками <math>\Delta\varphi = U</math>. Емкость не зависит от величины заряда.</p>
3.1.15	<p><math>C_{\text{пл}} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}</math> емкость <math>C_{\text{пл}}</math> плоского конденсатора. <math>S</math> – площадь одной обкладки, <math>d</math> – расстояние между обкладками, <math>\varepsilon</math> – диэлектрическая проницаемость диэлектрика, заполняющего пространство между обкладками.</p>



3.1.16	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$ общая емкость $C$ последовательно соединенных конденсаторов емкостями $C_1, C_2 \dots C_n$ .
3.1.17	$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$ общая емкость $C$ параллельно соединенных конденсаторов емкостями $C_1, C_2 \dots C_n$ .
3.1.18	$W_{\text{э}} = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} qU$ энергия $W_{\text{э}}$ , сосредоточенная в заряженном конденсаторе. $C$ – емкость конденсатора, $U$ – напряжение между обкладками, $q$ – модуль заряда обкладки.
3.1.18	$W_{\text{э}} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 V = wV$ энергия $W_{\text{э}}$ электростатического поля, сосредоточенная в объеме $V$ . $w = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 = \frac{\epsilon}{8\pi k} E^2$ – энергия, локализованная в единице объема (объемная плотность энергии).
3.1.19	$W_2 = k \frac{q_1 q_2}{r}$ энергия взаимодействия двух электрических зарядов $q_1, q_2$ , $r$ – расстояние между зарядами.
3.1.20	$\sigma \equiv \frac{q}{S}$ определение поверхностной плотности заряда $\sigma$ – отношение заряда $q$ , распределенного на поверхности площади $S$ к величине площади.
3.1.21	$E_{\text{кон}} = \frac{U}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{q}{\epsilon_0 \epsilon S}$ напряженность поля $E_{\text{кон}}$ внутри плоского, выраженная через напряжение на конденсаторе $U$ или через заряд $q$ на обкладке.
3.1.22	$E_{\text{пл}} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon} = \frac{q}{2\epsilon_0 \epsilon S}$ напряженность $E_{\text{пл}}$ – электрического поля заряженной плоскости. $\sigma = \frac{q}{S}$ – поверхностная плотность заряда, $\epsilon$ – диэлектрическая проницаемость среды, в которой находится заряженная плоскость.
3.2. Законы постоянного тока	

3.2.1	$I \equiv \frac{\Delta q}{\Delta t}$ <p>определение силы тока <math>I</math> – отношение заряда <math>\Delta q</math>, прошедшего через сечение проводника за время <math>\Delta t</math> к величине промежутка времени</p>
3.2.2	$I = q_0 n v S$ <p>выражение силы тока <math>I</math> в проводнике через параметры системы носителей тока – заряд <math>q_0</math> электрона (иона, дырки), концентрацию <math>n</math>, скорость <math>v</math> направленного движения. <math>S</math> – площадь сечение проводника.</p>
3.2.3	$I = \frac{U}{R} \quad U = IR$ <p>закон Ома для участка цепи без ЭДС- сила тока <math>I</math> на участке пропорциональна напряжению <math>U</math> между концами участка. <math>R</math> – сопротивление участка проводника.</p>
3.2.4	$R = \rho \frac{l}{S}$ <p>соотношение между сопротивлением проводника <math>R</math> и его размерами – длиной <math>l</math> и площадью сечения <math>S</math>. <math>\rho</math> - удельное сопротивление, характеристика материала проводника.</p>
3.2.5	$R_{об} = R_1 + R_2 + \dots R_n$ <p>формула для общего сопротивления <math>R_{об}</math> при последовательном соединении <math>n</math> проводников с сопротивлениями <math>R_1, R_2, \dots R_n</math>.</p>
3.2.6	$\frac{1}{R_{об}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ <p>формула для общего сопротивления <math>R_{об}</math> при параллельном соединении <math>n</math> проводников с сопротивлениями <math>R_1, R_2, \dots R_n</math>.</p>
3.2.7	$I_1 + I_2 + \dots = I'_1 + I'_2 \dots$ <p>в электрической цепи к узлу подходят несколько проводников. По одним проводникам заряд приходит в узел, по другим – выходит. Сохранение заряда налагает условие на токи. Суммарная сила тока <math>I_1 + I_2 + \dots</math>, входящего узел, суммарной равна силе тока <math>I'_1 + I'_2 \dots</math>, выходящего из узла.</p>
3.2.8	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ <p>силы токов в параллельно соединенных проводниках обратно пропорциональны сопротивлениям проводников.</p>
	$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ <p>закон Ома для замкнутой цепи с источником ЭДС. Сила</p>

3.2.9	тока $I$ в цепи равна отношению ЭДС источника $\varepsilon$ к сумме внешнего сопротивления $R$ и внутреннего сопротивлением источника $r$ .
3.2.10	$U = \varepsilon \pm Ir$ формула для напряжения $U$ – на концах участка цепи, включающего источник ЭДС $\varepsilon$ (неоднородного участка цепи, например, напряжение на зажимах источника). Знак минус – если источник на этом участке «разряжается», то есть направление тока через него такое, какое было бы, если бы не было других источников ЭДС. Знак +, если источник на участке «заряжается» от другого источника.
3.2.11	$U = \varepsilon \frac{R}{R+r}$ напряжение $U$ на концах участка цепи с ЭДС $\varepsilon$ в наиболее частом случае, когда в цепи один источник (например, напряжение на зажимах подключенной к цепи батареи).
3.2.12	$\varepsilon_{\text{общ}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_N$ $r_{\text{общ}} = r_1 + r_2 + \dots + r_N$ группу из $N$ источников с ЭДС $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_N$ , внутренние сопротивления которых $r_1, r_2, \dots, r_N$ , при их последовательном соединении (плюс источника соединяется с минусом соседнего источника) можно без изменения тока в цепи заменить одним источником с ЭДС $\varepsilon_{\text{общ}}$ и внутренним сопротивлением $r_{\text{общ}}$
3.2.13	$\varepsilon_{\text{общ}} = \varepsilon_1$ , $r_{\text{общ}} = \frac{r_1}{N}$ группу из $N$ источников с ЭДС $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_N$ , внутренние сопротивления которых $r_1, r_2, \dots, r_N$ , при их параллельном соединении (плюсы всех источника соединяется в один узел, все минусы источников в другой узел) можно без изменения тока в цепи заменить одним источником с ЭДС $\varepsilon_{\text{общ}}$ и внутренним сопротивлением $r_{\text{общ}}$
3.2.14	$A = IUt$ работа $A$ тока силой $I$ на участке цепи с напряжением $U$ за время $t$ . Эту величину покажет счетчик электроэнергии, если его включить перед участком проводника.
3.2.15	а) $P = IU$ б) $P = I^2 R$ в) $P = \frac{U^2}{R}$ формулы для расчета мощности $P$ тока на участке с сопротивлением $R$ . Сила тока на участке равна $I$ , напряжение на концах $U$ . При известной силе тока

	удобно использовать формулу <i>b)</i> , при известном напряжении – формулу <i>c)</i> . Формула <i>a)</i> более общая, ее можно использовать и в случае неоднородного участка цепи (участок с ЭДС) .
3.2.16	$P = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2} \quad P_{\max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$ <p>при <math>R = r</math> источник тока с ЭДС <math>\varepsilon</math> и внутренним сопротивлением <math>r</math> включен в цепь с внешним сопротивлением <math>R</math>. Во внешней цепи выделяется мощность <math>P</math>. Если внешнее сопротивление равно внутреннему сопротивлению источника <math>R = r</math>, во внешней цепи выделяется максимальная мощность <math>P_{\max}</math>.</p>
3.2.17	$Q = I^2 R t$ формула/закон Закон Джоуля—Ленца для расчета количества теплоты $Q$ , выделяемого на участке цепи с сопротивлением $R$ за время $\Delta t$ при прохождении тока силой $I$ . Формула применима и в случае неоднородного участка цепи (с ЭДС).
3.2.18	$I U \Delta t = Q + P_{\text{мех}} \Delta t$ баланс энергии на участке цепи, где есть электромотор. Работа тока тратится на тепло $Q$ и на механическую энергию $P_{\text{мех}} \Delta t$ .
3.2.19	$A_{\text{ист}} = q \varepsilon = I \varepsilon \Delta t$ Через источник ЭДС $\varepsilon$ идет ток силой $I$ . В течение времени $\Delta t$ через источник проходит заряд $q = I \Delta t$ и источник (ЭДС) совершает работу $A_{\text{ист}}$ . Если направление тока $I$ такое, что источник «разряжается» (внутри источника ток идет от минуса к плюсу), работа источника положительная, он отдает энергию, равную работе $A_{\text{ист}}$ . Если ток имеет противоположное направление, работа источника отрицательная, он получает это количество энергии.
3.2.20	$I \varepsilon = I^2 (R + r) + P_{\text{мех}}$ Источник с ЭДС $\varepsilon$ и внутренним сопротивлением $r$ питает внешнюю цепь с сопротивлением $R$ , в которой есть и электрический двигатель. Мощность источника $I \varepsilon$ тратится на нагрев внешней и внутренней цепи и на механическую мощность $P_{\text{мех}}$ . Закон сохранения энергии в электрической цепи.
3.2.21	$\eta \equiv \frac{P_{\text{внеш}}}{P_{\text{полн}}} = \frac{U}{\varepsilon}$ <p>Источник с ЭДС <math>\varepsilon</math> питает внешнюю цепь. КПД источника тока <math>\eta</math> по определению равен отношению мощности, выделяющейся во внешней цепи <math>P_{\text{внеш}}</math>, к полной мощности источника</p>

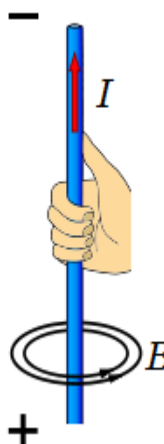
$P_{\text{полн}}$  · КПД можно выразить как отношение напряжения на зажимах источника  $U$  к его ЭДС  $\varepsilon$  .

### 3.3 Магнитное поле

3.3.1  $B \equiv \frac{M_{\text{макс}}}{IS}$  модуль вектора магнитной индукции  $B$  по определению.  
 $M_{\text{макс}}$  – максимальный вращающий момент, действующий со стороны поля на свободно подвешенную рамку площади  $S$  с током  $I$  .  
 Направление вектора  $\vec{B}$  определяется правилом буравчика. По определению вектор  $\vec{B}$  направлен по нормали к рамке, находящейся в равновесном положении, в ту сторону, куда движется буравчик (правый винт) при вращении по направлению тока в рамке.

3.3.2  $M = IBSS \sin \alpha$  модуль  $M$  момента сил, действующих на рамку с током  $I$  площади  $S$  в однородном магнитном поле индукции  $B$  .  $\alpha$  - угол между нормалью к плоскости рамки и вектором индукции  $\vec{B}$  .


3.3.3



По прямолинейному проводнику течет ток. Линии магнитной индукции представляют собой окружности в плоскости, перпендикулярной проводу, с проводом в центре. Направление вектора индукции в каждой точке определяется правилом правой руки, или буравчика. Если расположить большой палец правой руки по направлению тока, то направление обхвата проводника четырьмя пальцами покажет направление линий магнитной индукции.

Правило буравчика – вращаем буравчик так, чтобы он двигался по направлению тока. Тогда ручка буравчика вращается по направлению линии индукции.

3.3.4



В длинном стержневом магните сильное магнитное поле имеется вблизи концов, в середине магнита поле слабое. Силовые линии выходят из одного конца, называемого северным полюсом и входят в другой конец – южный полюс. При сближении двух намагниченных стержней одноименными полюсами они отталкиваются, при сближении разноименными полюсами – притягиваются.

3.3.5	<p>a) <math>F_A = BIl \sin \alpha</math> На проводник с током, помещенный в магнитное поле, действует сила Ампера <math>\vec{F}_A</math>. Модуль силы равен произведению модуля индукции <math>B</math>, силы тока <math>I</math>, длины проводника <math>l</math> и синуса угла <math>\alpha</math> между направлением тока и вектора индукции. Направление силы Ампера определяется правилом левой руки (сила Ампера перпендикулярна вектору <math>\vec{B}</math> и направлению тока).</p> <p>b) <math>A = I \Delta \Phi</math> – работа силы Ампера над контуром с током <math>I</math> при изменении потока через поверхность, ограниченную контуром</p>
3.3.6	<p><math>F = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{d} l</math> По длинному прямолинейному проводу течет ток силой <math>I_1</math>. На расстоянии <math>d</math> от провода параллельно ему расположен проводник длиной <math>l</math> с током силой <math>I_2</math>, текущим в ту же сторону, что и ток в первом проводнике. Проводники притягиваются друг к другу с силой <math>F</math>. <math>\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}</math> Гн/м – магнитная постоянная, <math>\mu</math> – магнитная проницаемость вещества</p>
3.3.7	<p><math>F_{Л} = qvB \sin \alpha</math> На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила Лоренца <math>F_{Л}</math>, равная произведению заряда <math>q</math>, скорости <math>v</math> частицы, модуля индукции <math>B</math> и синуса угла <math>\alpha</math> между вектором скорости и вектором индукции. Направление силы Лоренца определяется правилом левой руки (сила Лоренца перпендикулярна вектору скорости <math>\vec{v}</math> и вектору индукции <math>\vec{B}</math>).</p>
3.3.8	<p><math>T = 2\pi \frac{m}{qB}</math> <math>\omega = \frac{qB}{m}</math> <math>R = \frac{mv \sin \alpha}{qB}</math> <math>h = 2\pi R \cdot \operatorname{ctg} \alpha</math> в магнитном поле частица массы <math>m</math> с зарядом <math>q</math> движется по окружности в плоскости, перпендикулярной вектору индукции, если компонента скорости вдоль поля, равна нулю. Если у частицы имеется такая компонента, то она сохраняется и частица движется по винтовой линии с осью параллельной линии индукции. Параметры движения частицы: <math>T</math> – период вращения, <math>\omega</math> – циклическая частота, <math>R</math> – радиус винтовой линии (или окружности), <math>\alpha</math> – угол между вектором скорости <math>\vec{v}</math> и вектором магнитной индукции <math>\vec{B}</math>, <math>h</math> – шаг винтовой линии с осью вдоль магнитного поля.</p>
3.4 Электромагнитная индукция	

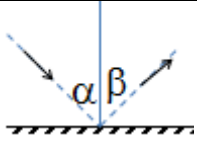
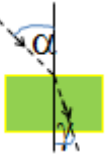
3.4.1	$\Phi \equiv BScos\alpha$ – определение магнитного потока через поверхность. Поток $\Phi$ – скалярная величина, равная произведению индукции поля, площади поверхности и косинуса угла $\alpha$ между вектором индукции $\vec{B}$ и нормалью $\vec{n}$ к поверхности .
3.4.2	$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\Phi'$ При изменении магнитного потока $\Phi$ через поверхность, охватываемую контуром, в контуре возникает ЭДС индукции $\varepsilon_i$ . Величина ЭДС индукции равна скорости изменения магнитного потока. Знак минус отражает правило Ленца: индукционный ток имеет такое направление, что он ослабляет действие причины, возбуждающей этот ток. Закон электромагнитной индукции Фарадея.
3.4.3	$\varepsilon_i = E \cdot 2\pi R \Rightarrow E = \frac{\varepsilon_i}{2\pi R}$ В замкнутом контуре (проводящем или непроводящем), пронизываемом изменяющимся магнитным потоком, возникает вихревое электрическое поле с силовыми линиями в форме окружностей и модулем напряженности $E$ .
3.4.4	$\Phi \equiv LI$ ток силой $I$ , текущей по замкнутому контуру (одному витку, или по катушке), создает магнитное поле и с ним магнитный поток $\Phi$ , пронизывающий контур. Коэффициент пропорциональности между потоком и силой тока $L$ называется индуктивностью контура, катушки.
3.4.5	$L = \frac{\mu_0\mu N^2 S}{l}$ индуктивность $L$ катушки длиной $l$ , площадью поперечного сечения $S$ и числом витков $N$ . $\mu$ – магнитная проницаемость материала сердечника катушки, $\mu_0$ – магнитная постоянная .
3.4.6	$B = \mu_0\mu \frac{N}{l} I$ В катушке длиной $l$ с числом витков $N$ течет ток силой $I$ . Внутри катушке создается магнитное поле индукции $B$ .
3.4.7	$\varepsilon_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -LI'$ если ток, текущий в катушке индуктивности $L$ , изменяется во времени, то изменяется и создаваемый им магнитный поток, пронизывающий катушку. Возникает ЭДС индукции, называемая в этом случае ЭДС самоиндукции $\varepsilon_{is}$ . Знак минус отражает правило Ленца –ЭДС самоиндукции препятствует изменению

	тока в катушке.
3.4.8	$L_{\text{общ}} = L_1 + L_2$ две катушки с индуктивностями $L_1, L_2$ , соединенные последовательно, можно без изменения токов в цепи заменить одной катушкой с индуктивностью $L_{\text{общ}}$ .
3.4.9	$L_{\text{общ}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ две катушки с индуктивностями $L_1, L_2$ , соединенные параллельно, можно без изменения токов в цепи заменить одной катушкой с индуктивностью $L_{\text{общ}}$ .
3.4.10	$\varepsilon_i = Blv$ В проводнике длиной $l$ , движущемся в постоянном магнитном поле индукции $\vec{B}$ так, что вектор скорости $\vec{v}$ проводника перпендикулярен проводнику и вектору индукции, благодаря силе Лоренца, действующей на носители в проводнике, возникает ЭДС индукции $\varepsilon_i$ .
3.4.11	$W_M = L \cdot \frac{I^2}{2}$ в катушке индуктивности $L$ , по которой течет ток силой $I$ , запасена магнитная энергия (энергия тока) $W_M$ .
3.4.12	$w_M = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu}$ плотность энергии магнитного поля – энергия, локализованная в единичном объеме пространства, где имеется магнитное поле.
<b>3.5 ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ</b>	
3.5.1	$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ $\omega = 2\pi\nu = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $T = \frac{1}{\nu} = 2\pi\sqrt{LC}$ частота $\nu$ , период $T$ , циклическая частота $\omega$ электромагнитных колебаний в контуре, выраженные через параметры колебательного контура: индуктивность катушки $L$ и емкость конденсатора $C$ (формула Томсона). Сила тока в контуре, заряд конденсатора, напряжение на катушке изменяются с частотой $\nu$ . Магнитная и электрическая энергия изменяются вдвое быстрее с частотой $2\nu$ .
3.5.2	$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{2\pi \cdot c}{\omega} = c \cdot T$ соотношение между длиной электромагнитной волны $\lambda$ , ее частотой $\nu$ (или периодом $T$ ) и скоростью распространения $c$ . В вакууме (воздухе) $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. В других средах скорость волны меньше.



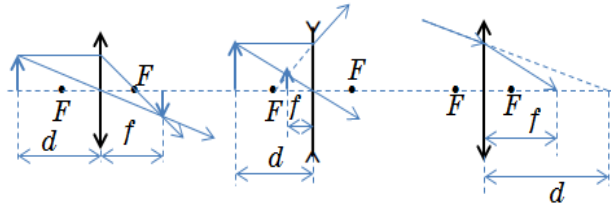
3.5.3	$q(t) = q_m \sin(2\pi\nu t + \varphi_0) = CU_m \sin(2\pi\nu t + \varphi_0)$ зависимость от времени заряда $q(t)$ конденсатора при гармонических колебаниях с частотой $\nu$ и амплитудой заряда $q_m$ . Напряжение на конденсаторе $U_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ изменяется во времени синхронно с зарядом. $\varphi_0$ – фаза колебаний заряда в начальный момент времени.
3.5.4	$I(t) = q'(t) = 2\pi\nu \cdot q_m \cos(2\pi\nu t + \varphi_0) = I_m \cos(2\pi\nu t + \varphi_0)$ $I(t)$ – изменение со временем силы тока $I(t)$ в колебательном контуре при гармонических колебаниях с частотой $\nu$ и амплитудой $I_m$
3.5.5	$I_m = \omega q_m = \omega \cdot CU_m$ соотношение между амплитудами колебаний силы тока $I_m$ , заряда $q_m$ и напряжения на конденсаторе $U_m$ при гармонических колебаниях в контуре.
3.5.6	$W_{\text{э}}(t) = \frac{CU^2(t)}{2} = \frac{CU_m^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2} = \frac{CU_m^2}{4} [1 - \cos(2\omega t + \varphi_0)]$ <p>зависимость от времени электрической энергии <math>W_{\text{э}}(t)</math> при колебаниях в контуре с амплитудой напряжения на конденсаторе <math>U_m</math>.  Период колебаний энергии вдвое меньше периода колебаний напряжения. Максимальная электрическая энергия равна полной энергии контура <math>W_{\text{эmax}} = \frac{CU_m^2}{2} = \frac{q_m^2}{2C} = W_{\text{полн}}</math></p>
3.5.7	$W_{\text{м}}(t) = \frac{LI^2(t)}{2} = \frac{LI_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)}{2} = \frac{LI_m^2}{4} [1 + \cos(2\omega t + \varphi_0)]$ <p>зависимость от времени магнитной энергии <math>W_{\text{м}}(t)</math> при колебаниях в контуре с амплитудой силы тока <math>I_m</math>. Период колебаний энергии вдвое меньше периода колебаний силы тока. Максимальная магнитная энергия равна полной энергии контура <math>W_{\text{мmax}} = \frac{LI_m^2}{2} = W_{\text{полн}}</math></p>
3.5.8	$W_{\text{полн}} = \frac{q^2(t)}{2C} + \frac{LI^2(t)}{2} = \frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} = \text{const}$ <p>полная энергия контура при гармонических колебаниях сохраняется</p>

3.5.9	$\varepsilon(t) = \varepsilon_m \sin \omega t \quad I(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{1}{\omega C} - L\omega}{R} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ $I_m(\omega) = \frac{\varepsilon_m}{Z} = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C} - L\omega\right)^2}} = \frac{\varepsilon_m}{\sqrt{R^2 + \frac{L^2}{\omega^2} (\omega_0^2 - \omega^2)^2}}$ <p>источника ЭДС <math>\varepsilon(t)</math> частоты <math>\omega</math> и амплитуды <math>\varepsilon_m</math> последовательное соединен с резистором сопротивления <math>R</math>, катушкой индуктивностью <math>L</math> и конденсатором емкости <math>C</math>. <math>Z</math> – полное сопротивление цепи, <math>\varphi</math> – сдвиг фаз между током и напряжением источника, <math>\omega_0</math> – собственная циклическая частота контура в отсутствие сопротивления. Возникают вынужденные колебания силы тока с амплитудой <math>I_m(\omega)</math>.</p>
3.5.10	$I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ <p>действующее значение переменного тока <math>I_d</math> – сила постоянного тока, который выделяет столько же тепла, сколько и переменный гармонический ток амплитуды <math>I_m</math></p>
3.5.11	$P = \frac{I_m^2}{2} R = I_d^2 R$ <p>по проводнику с сопротивлением <math>R</math> течет переменный гармонический ток с амплитудой <math>I_m</math>. Тепловая мощность тока <math>P</math> может быть выражена через амплитуду тока или через действующее значение тока <math>I_d</math>. Во втором случае формула для мощности переменного тока такая же, как для мощности постоянного тока (для такого совпадения и ввели понятие действующего значения тока)</p>
3.5.12	$U_2 = U_1 \frac{n_2}{n_1} = U_1 k, \quad k = \frac{n_1}{n_2}$ <p>формулы для трансформатора. <math>U_1</math> – напряжение между концами первичной обмотки с числом витков <math>n_1</math>, <math>U_2</math> – напряжение на концах вторичной обмотки с числом витков <math>n_2</math> при отсутствии нагрузки во вторичной цепи (нет тока, холостой ход), <math>k</math> – коэффициент трансформации.</p>
3.5.13	$U_2 = U_1 \frac{n_2}{n_1} - I_2 R_2$ <p>трансформатор с нагрузкой во вторичной цепи.</p>

		$I_2$ – ток во вторичной обмотке, $U_2$ – напряжение ее концов, $R_2$ – сопротивление провода вторичной обмотки.
3.5.14	$E_y(x, t) = E_m \cos\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right) \quad B_z(x, t) = B_m \cos\left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right)$ $B_m = \frac{T}{\lambda} E_m$ <p>Плоская линейно поляризованная электромагнитная волна распространяется в пустом пространстве. Направление распространения выбираем за положительное направление оси <math>x</math>, ось <math>y</math> направляем по электрическому полю волны <math>\vec{E}(t, x)</math>, тогда вектор магнитной индукции <math>\vec{B}(t, x)</math> направлен по оси <math>z</math>. Проекции векторов электрического и магнитного полей гармонически зависят от времени и координаты <math>x</math>.</p>	
3.6 Оптика		
3.6.1		<p>Световой луч падает на гладкую поверхность с неровностями меньше длины волны света. Отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормально к поверхности. Угол отражения <math>\beta</math> равен углу падения <math>\alpha</math>.</p>
3.6.2		$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$ <p>Закон преломления Снелиуса. Световой луч падает под углом <math>\alpha</math> на границу прозрачной среды. Направление распространения света на границе изменяется. Угол преломления, т.е. угол <math>\gamma</math> подчиняется закону преломления Снелиуса. Показатель преломления <math>n</math> зависит от длины волны света, обычно для красного света показатель преломления меньше.</p>
3.6.3		$n = \frac{c}{v}$ <p>показатель преломления (абсолютный) <math>n</math> может быть выражен как отношение скорости света <math>c</math> в вакууме к скорости света <math>v</math> в среде.</p>
3.6.4		$\sin \alpha_{\text{пред}} = \frac{n_2}{n_1}$ <p>Если луч света падает на границу двух прозрачных сред из более плотной среды (с большим показателем преломления <math>n_1 &gt; n_2</math>), то существует предельный угол падения <math>\alpha_{\text{пред}}</math>, выше которого свет не выходит во вторую среду, полностью отражаясь от</p>

границы прозрачной среды, как от зеркала.

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

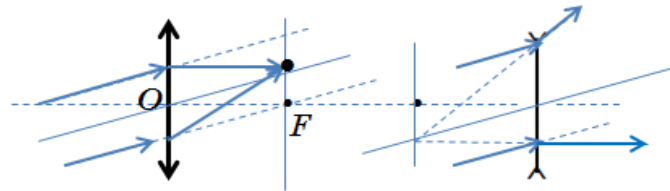


3.6.5

Формула линзы применима в случае рассеивающей и собирающей линзы.  $F$  – фокусное расстояние линзы,  $d$  – расстояние от предмета до линзы,  $f$  – расстояние от изображения до линзы,  $D$  – оптическая сила линзы.

Правила знаков: если линза рассеивающая, пишем  $(-\frac{1}{F})$ . Если

источник мнимый (сходящийся пучок) пишем  $(-\frac{1}{d})$ . Величина  $f$  при заданных  $d, F$  и знаках может получиться положительной, это соответствует действительному изображению, или отрицательной – это соответствует мнимому изображению.



3.6.6

Лучи, падающие на собирающую линзу параллельно побочной оптической оси, собираются в одной точке фокальной плоскости линзы. В случае рассеивающей линзы в фокальной плоскости собираются продолжения лучей. Из обратимости хода лучей следует, что лучи, исходящие из одной точки фокальной плоскости собирающей линзы, после преломления идут параллельно друг другу.

$$a) \Gamma \equiv \frac{H}{h} = \frac{f}{d} = \frac{F}{d - F} \quad b) \Gamma_{\text{лупы}} = \frac{s}{F_{\text{лупы}}}$$

3.6.7

увеличением  $\Gamma$  линзы по определению называют отношение размера  $H$  изображения в перпендикулярном главной оптической оси направлении к размеру  $h$  предмета. Увеличение лупы  $\Gamma_{\text{лупы}}$  можно вычислить, зная расстояние наилучшего зрения  $s=0,25$  м и фокусное расстояние  $F_{\text{лупы}}$ .

3.6.8

$D^2 \ll L\lambda$  условие, при котором можно наблюдать дифракционное

	<p>изображение. <math>D</math> – ширина щели, или диаметр отверстия, <math>\lambda</math> – длина волны света, <math>L</math> – расстояние от отверстия/щели до экрана, где наблюдается дифракционная картина.</p>
3.6.9	$d \cdot \sin \varphi_m = m\lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2... \quad d = \frac{10^{-3}}{N}$ <p>Соотношение между углом <math>\varphi_m</math>, под которым наблюдается главный максимум порядка <math>m</math>, длиной волны света <math>\lambda</math> и периодом дифракционной решетки <math>d</math>. <math>N</math> – число штрихов на 1 мм решетки. Уравнение дифракционной решетки.</p>
3.6.10	<p><math>\Delta \equiv n_2 s_2 - n_1 s_1</math> – оптическая разность хода двух волн по определению. <math>s</math> – геометрическая длина пути волны. Оптической разности хода <math>\Delta</math> соответствует разность фаз двух волн <math>\delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta</math>.</p> <p><math>\Delta = \pm m \frac{\lambda_0}{2}</math> – условие максимумов и минимумов при интерференции волн. Четному <math>m</math> соответствует максимум на интерференционной картине, нечетному – минимум</p>
3.6.11	$\delta\varphi = \frac{4\pi h}{\lambda_0} \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \pi$ <p>свет с длиной волны <math>\lambda_0</math> падает под углом <math>\alpha</math> из воздуха по на пластину толщиной <math>h</math> с показателем преломления <math>n</math>. Разность фаз волн, отраженных от передней и задней поверхностей пластины <math>\delta\varphi</math>. Учтена добавка к фазе волны <math>\Delta\varphi = \pi</math>, возникающая при отражении от более плотной среды (от передней грани). <math>\Delta = 2h\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \frac{\lambda_0}{2}</math></p>
<b>4. ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ</b>	
4.1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Все физические явления протекают во всех инерциальных системах отсчета одинаково.</li> <li>2. Свет распространяется в вакууме со скоростью <math>c = 3 \cdot 10^8</math> м/с, не зависящей от скорости источника или наблюдателя.</li> </ol> <p>Два постулата теории относительности.</p>

4.2	$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \tau_0 \gamma \quad \gamma \equiv \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} > 1$ <p>соотношение между интервалом времени <math>\tau</math>, измеренным наблюдателем, мимо которого движется тело со скоростью <math>v</math> и собственным временем <math>\tau_0</math>, измеренным в системе отсчета, где тело покоится.</p>
4.3	$l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{l_0}{\gamma}$ <p>связь длины тела <math>l</math>, измеренной наблюдателем, мимо которого тело движется со скоростью <math>v</math>, и длины <math>l_0</math> тела в системе отсчета, в которой оно неподвижно.</p>
4.4	$v_{\text{абс}} = \frac{v_{\text{отн}} + v_{\text{пер}}}{1 + \frac{v_{\text{пер}} \cdot v_{\text{отн}}}{c^2}}$ <p>Подвижная система отсчета движется со скоростью <math>v_{\text{пер}}</math>. Наблюдаемое тело движется в том же направлении со скоростью <math>v_{\text{отн}}</math> относительно подвижной системы. <math>v_{\text{абс}}</math> - скорость тела относительно неподвижной системы. Замена классической теоремы сложения скоростей <math>v_{\text{абс}} = v_{\text{отн}} + v_{\text{пер}}</math> в ТО</p>
4.5	$E(v) = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = mc^2 \gamma(v)$ <p>энергия <math>E(v)</math> свободного тела в теории относительности. <math>m</math> – масса тела, скорости <math>v</math> – его скорость,  <math display="block">\gamma = \frac{E(v)}{mc^2}</math></p>
4.6	<p><math>E(v = 0) = E_{\text{пок}} = mc^2</math> энергия тела при нулевой скорости называется энергией покоя <math>E_{\text{пок}}</math>.</p> <p><math>E_{\text{кин}}(v) \equiv E(v) - mc^2 = mc^2(\gamma(v) - 1)</math> кинетической энергией в теории относительности называется разность между энергией при скорости <math>v</math> и энергией покоя</p>

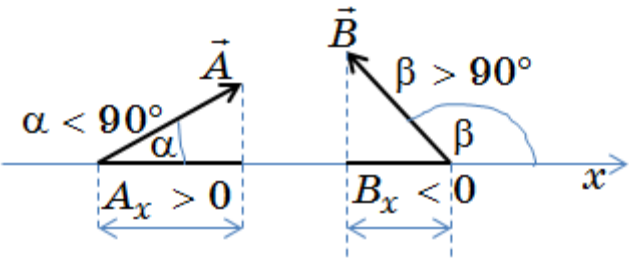
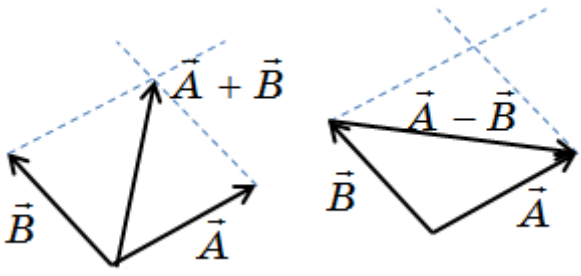
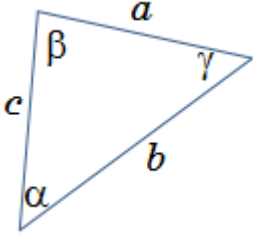
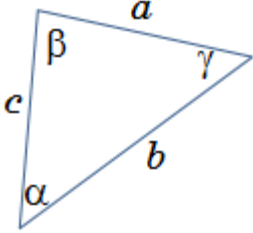
4.7	$\vec{p}(v) = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = m\vec{v}\gamma$ выражение для импульса $\vec{p}(v)$ тела в ТО
4.8	$\vec{p}' = \vec{F}$ второй закон Ньютона в импульсной форме в ТО выглядит как в классической механике
4.9	$E^2(p) = p^2 c^2 + m^2 c^4$ соотношение между энергией и модулем импульса в ТО
4.10	$E_{\text{кин}} = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4} - m c^2$ соотношение между кинетической энергией и модулем импульса в ТО. (замена классической связи $E_{\text{кин}} = \frac{p^2}{2m}$ )
4.11	$E \approx m c^2 + \frac{mv^2}{2}$ энергия свободного тела при скорости $v \ll c$ в ТО.
<b>5. Квантовая физика</b>	
5.1. корпускулярно-волновой дуализм	
5.1.1	$\varepsilon_{\text{ф}} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}$ $\varepsilon_{\text{ф}}$ связь энергия фотона с его частотой $\nu$ и длиной волны $\lambda$ . $h$ – постоянная Планка.
5.1.2	$p_{\text{ф}} = \frac{\varepsilon_{\text{ф}}}{c} = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda_{\text{ф}}} \quad \lambda_{\text{ф}} = \frac{h}{p_{\text{ф}}} \quad \lambda_{\text{ф}} [\text{мкм}] = \frac{1,24}{\varepsilon [\text{эВ}]}$ соотношение между импульсом фотона $p_{\text{ф}}$ , его энергией $\varepsilon_{\text{ф}}$ , длиной волны $\lambda_{\text{ф}}$ , частотой $\nu$ . $c$ – скорость света. $\lambda_c = \frac{h}{m_e c} = 2,43 \text{ пм}$ – комтоновская длина волны электрона
5.1.3	$\lambda_{\text{э}} = \frac{h}{p_{\text{э}}}$ связь длины волны $\lambda_{\text{э}}$ электрона (волны де Бройля) и его импульса $p_{\text{э}}$ .

5.1.4	$F = \frac{P}{c} (1 + R) = \frac{Nh\nu}{c} (1 + R) = \frac{Nh}{\lambda} (1 + R)$ <p>– сила <math>F</math>, с которой падающий световой поток мощности <math>P</math> давит на поверхность с коэффициентом отражения <math>R</math>. <math>N</math> – число фотонов, падающих на поверхность в секунду, <math>\nu</math> – частота фотона, <math>\lambda</math> – длина волны света.</p>
5.1.5	$\frac{mv^2}{2} = \varepsilon_{\text{ф}} - A_{\text{ВЫХ}} = h\nu - A_{\text{ВЫХ}} = h \frac{c}{\lambda} - A_{\text{ВЫХ}}$ <p>фотон частоты <math>\nu</math> с энергией <math>\varepsilon_{\text{ф}} = h\nu</math>, попадая на металлическую поверхность, выбивает из металла электрон. Кинетическая энергия выбитого электрона равна разности между энергией фотона и работой выхода <math>A_{\text{ВЫХ}}</math>, которую надо затратить, чтобы удалить электрон из металла. <math>v, m</math> – скорость и масса вырванного фотоном электрона, <math>\lambda</math> – длина волны падающего на металл света. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.</p>
5.1.6	$h\nu_{\text{min}} = h \frac{c}{\lambda_{\text{max}}} = A_{\text{ВЫХ}} \quad \lambda_{\text{max}} = \frac{1243,12}{A_{\text{ВЫХ}} [\text{эВ}]}$ <p>нм минимальная частота <math>\nu_{\text{min}}</math>, при которой возможен фотоэффект, определяется величиной работы выхода металла <math>A_{\text{ВЫХ}}</math>. Максимальная длина волны фотона <math>\lambda_{\text{max}} = \lambda_{\text{кр}}</math> м, при которой выбивается электрон (красная граница фотоэффекта), соответствует минимальной частоте фотона.</p>
5.1.7	$U_3 = \frac{E_{\text{КИН}}}{e} \quad U_3 = \frac{h\nu - A_{\text{ВЫХ}}}{e}$ <p>напряжение <math>U_3</math>, при котором фототок обращается в ноль (запирающее/задерживающее напряжение (на облучаемой пластине плюс) определяется кинетической энергией <math>E_{\text{КИН}}</math> выбитого электрона. <math>e</math> – заряд электрона.</p>
5.2 Физика атома	
5.2.1	$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi}$ <p>соотношение между радиусам <math>r_n</math> разрешенной орбиты в атоме водорода, скоростью <math>v_n</math> электрона на этой орбите и номером <math>n</math> орбиты. <math>m_e</math> – масса электрона. Правило квантования Бора.</p>
	$E_n = -Z^2 \frac{R}{n^2} = -Z^2 \frac{13,6}{n^2} \text{эВ} = -Z^2 \frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{n^2} \text{Дж} \quad \text{Дж} = 1, 2, 3 \dots$



5.2.2	<p><math>E_n</math> – энергия <math>n</math> –го уровня в атоме водорода и ионах с одним электроном.</p> <p><math>R = 13,6</math> эВ постоянная Ридберга, <math>Z</math> –зарядовое число (число протонов в ядре).</p>
5.2.3	<p><math>\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}</math> – частота фотона, излученного или поглощенного при переходах в атоме между уровнями с энергиями <math>E_k</math> и <math>E_n</math>.</p> <p><math>\lambda_{kn} = \frac{ch}{E_k - E_n}</math> – длина волны света, излучаемого или поглощаемого при переходе.</p> <p><math>\lambda_{kn} = \frac{l}{Z^2} \cdot \frac{k^2 n^2}{k^2 - n^2} \quad l = \frac{ch}{R} = 91,2 \text{ нм}</math></p>
5.3. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА	
5.3.1	<p><math>A \equiv Z + N</math> определение массового числа <math>A</math> – сумма числа <math>Z</math> протонов в ядре и числа <math>N</math> нейтронов в ядре. Число протонов <math>Z</math> называют зарядовым числом ядра. Общее название протонов и нейтроно – нуклоны.</p>
5.3.2	<p><math>{}^A_Z\text{Li} = \begin{matrix} \text{число нуклонов} \\ \text{число протонов} \end{matrix} \text{Li} = {}^7_3\text{Li}</math> обозначения изотопа элемента (для примера лития). Верхний индекс – массовое число <math>A</math>, нижний – зарядовое число <math>Z</math>, равное порядковому номеру элемента таблице Менделеева.</p>
5.3.3	<p><math>\Delta m \equiv Zm_p - Nm_n - m</math> определение дефекта масс ядра</p> <p><math>\Delta m</math> – разность между массой свободных нуклонов, составляющих ядро, и массой ядра, в котором эти нуклоны связаны ядерными силами</p>
5.3.4	<p><math>\Delta E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + Nm_n - (m_{\text{атом}} - Zm_e)] \cdot c^2</math></p> <p><math>\Delta E_{\text{св}}</math> энергия связи атомного ядра, выраженная через массы нуклонов, массу атома изотопа и массу электрона оболочки. Столько энергии нужно затратить, чтобы расщепить ядро на отдельные нуклоны.</p>
5.3.5	<p><math>{}^1_0\text{n} \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}_{-1}^0\text{e} + \nu</math> схема электронного бэта- распада <math>\beta^-</math> – превращения нейтрона в протон с испусканием электрона и антинейтрино.</p>
5.3.6	<p><math>{}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{H} \Rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}</math> первая ядерная реакция (1919 г, Резерфорд).</p> <p>В ядерных реакциях сохраняются сумма массовых чисел и сумма</p>

	зарядовых чисел.
5.3.7	$N(t) = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t}$ <p>Закон радиоактивного распада. <math>N_0</math> – число радиоактивных ядер в момент начала отсчета времени, <math>N(t)</math> – число ядер, оставшихся к моменту <math>t</math>, <math>T</math> – период полураспада, За время, равное <math>T</math>, распадется половина начального количества ядер .</p> $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ – постоянная распада
5.3.8	$A(t) = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = -N'(t) = \frac{\ln 2}{T} \cdot N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = \lambda N(t)$ <p>активность препарата по определению – число распадов ядер в единицу времени. <math>T</math> – период полураспада, <math>\lambda</math> – постоянная распада</p>
5.3.9	$q = e \frac{m}{M} N_A \cdot Z$ <p>суммарный заряд всех ядер изотопа элемента массой <math>m</math>. <math>Z</math> – зарядовое число, <math>M</math> – молярная масса</p>
<i>математическое приложение</i>	
M1	<p>a) <math>\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x</math>, b) <math>\frac{1}{1+x} \approx 1 - x</math>, c) <math>\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x</math>, d) <math>\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}</math></p> <p>e) <math>(1+x)^3 = 1 + 3x + 3x^2 + x^3 \approx 1 + 3x</math></p> <p>формулы для приближенных расчетов. Применимы при <math>x \ll 1</math></p>
M2	<p>a) <math>\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha + \beta}{2} \cdot \cos \frac{\alpha - \beta}{2}</math> b) <math>\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [\cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta)]</math></p> <p>c) <math>A \sin \alpha + B \cos \alpha = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\alpha + \varphi)</math> <math>\cos \varphi = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}</math>, <math>\sin \varphi = \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}}</math></p> <p>тригонометрические формулы, используемые для описания сложения колебаний и интерференции волн</p> <p>d) <math>\sin \alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}</math> <math>\cos \alpha = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}</math></p>

M3		<p>Проекция векторов на ось <math>x</math>. Вектор <math>\vec{A}</math> образует острый угол <math>\alpha</math> с положительным направлением оси – его проекция на ось положительная <math>A_x = A \cos \alpha &gt; 0</math>. Вектор <math>\vec{B}</math> составляет тупой угол <math>\beta</math> с положительным направлением оси, его проекция на ось отрицательная <math>B_x = B \cos \beta &lt; 0</math>. (<math>A, B</math> - модули векторов).</p>
M4		<p>Сложение и вычитание векторов <math>\vec{A}</math> и <math>\vec{B}</math>. Стрелочка у вектора разности <math>\vec{A} - \vec{B}</math> ставится около вектора <math>\vec{A}</math> (правило «уколки уменьшаемое»).</p>
M5	<p><math>\vec{A} \cdot \vec{B} \equiv A \cdot B \cdot \cos \alpha = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z</math> определение скалярного произведения векторов <math>\vec{A}</math> и <math>\vec{B}</math> и его выражение через проекции векторов на взаимно перпендикулярные оси координат <math>x, y, z</math>. <math>\alpha</math> – угол между векторами.</p>	
M6	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{a}{b}$ <p>теорема синусов</p>	
M7	$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$ <p>теорема косинусов</p>	

M8	$s_n = a_1 + qa_1 + q^2a_1 + \dots + q^{n-1}a_1 \quad s_n = \frac{a_1(q^n - 1)}{q - 1}$ <p>сумма <math>n</math> первых членов геометрической прогрессии</p>	
	Производные нужных для решения задач функций	
M9	$y = at + b$	$y' = a$
M10	$y = at^2 + bt + c$	$y' = 2at + b$
M11	$y = y_m \cos \omega t$	$y' = -\omega y_m \sin \omega t$
M12	$y = y_m \sin \omega t$	$y' = \omega y_m \cos \omega t$
M13	$y = 2^t$	$y' = 2^t \cdot \ln 2$
M14	$y = kx + b$ уравнение прямой	
M15	$y = ax^2 + bx + c$ уравнение параболы	
M16	<p>a) Площадь поверхности сферы радиуса <math>R</math>: <math>S = 4\pi R^2</math></p> <p>b) шара радиуса <math>R</math>: <math>V = \frac{4}{3} \pi R^3</math></p>	

### Основные постоянные

Гравитационная постоянная -  $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$

Скорость света в вакууме -  $c = 2,99792 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ;  $c^2 = 8,98752 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2$

Постоянная Планка -

$$h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot \text{с}$$

$$\hbar \equiv \frac{h}{2\pi} = 1,055 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} = 6,59 \cdot 10^{-16} \text{ эВ} \cdot \text{с}$$

Электрическая постоянная -  $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$$

Постоянная Авагадро -  $N_A = 6,022141 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Постоянная Больцмана -  $k = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$

Заряд электрона (модуль) -  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Масса электрона -  $m_e = 9,1095 \cdot 10^{-31} \text{ кг} = 5,486 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$

1.5.Масса протона -  $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00728 \text{ а.е.м}$

Масса нейтрона -  $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,00867 \text{ а.е.м.}$

Масса  $\alpha$ -частицы  $m_\alpha = 6.644656 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 4.00150 \text{ а.е.м}$

Масса ядра дейтерия  $m_D = 2,014102 \text{ а. е. м.}$

Масса ядра трития  $m_T = 3,016049 \text{ а. е. м}$

### Производные от основных постоянных

Отношение модуля заряда электрона к его массе (удельный заряд электрона)

–

$$\frac{e}{m_e} = e^* = 1,759 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг} \quad (m^* = \frac{m_e}{e} = 5,68 \cdot 10^{-12} \text{ кг / Кл})$$

Отношение заряда протона к его массе -  $\frac{e}{m_p} = e_p^* = 9,5779 \cdot 10^7 \text{ Кл/кг}$

Постоянная Фарадея -  $F = eN_A = 9,648 \cdot 10^4 \text{ Кл/моль}$

Коэффициент связи массы и энергии -

$$c^2 = \frac{E}{m} = 8,9874 \cdot 10^{16} \text{ Дж/кг} = 931,5 \text{ МэВ/а.е.м.}$$

$$1 \text{ атомная единица массы (а.е.м.)} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 931,5 \text{ МэВ}$$

$$1 \text{ а.е.м.} = \frac{1}{N_A (1 / \text{кмоль})} \text{ кг} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

$$1 \text{ кг} = 6,02 \cdot 10^{26} \text{ а.е.м.}$$

$$1 \text{ электрон-вольт (эВ)} = 1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$1 \text{ Дж} = 6,24146 \cdot 10^{18} \text{ электрон-вольт (эВ)}$$

$$1 \text{ МэВ} = 1,60219 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$$

Энергия покоя электрона -

$$E_{0e} = m_e c^2 = 8,187 \cdot 10^{-14} \text{ Дж} = 0,511 \text{ МэВ}$$

Энергия покоя протона -

$$E_{0p} = m_p c^2 = 1,503 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 938,26 \text{ МэВ}$$

Энергия покоя нейтрона -

$$E_{0n} = m_n c^2 = 1,505 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 939,55 \text{ МэВ}$$

$$\text{Энергия покоя } \alpha \text{-частицы} - E_{0\alpha} = m_\alpha c^2 = 3,72738 \text{ ГэВ}$$