

СВОДКА ОСНОВНЫХ ФОРМУЛ ПО ФИЗИКЕ

Суслов Андрей Антонович

<https://suslov.site>

Аннотация

В сборник включены все формулы базового курса школьной программы по физике. Они полностью соответствуют кодификатору ЕГЭ — перечню всех теоретических фактов, которыми должен владеть выпускник школы, сдающий физику. Формулы, отмеченные звёздочками, рекомендуется запомнить и применять при решении задач. Но они не входят в кодификатор ЕГЭ. Поэтому при оформлении развёрнутого решения заданий второй части экзамена эти формулы необходимо вывести самостоятельно.

Содержание

1	Кинематика	1
2	Динамика	2
3	Статика	3
4	Законы сохранения	3
5	Механические колебания и волны	4
6	Молекулярная физика	4
7	Термодинамика	5
8	Электростатика	5
9	Законы постоянного тока	6
10	Магнитное поле и электромагнитная индукция	7
11	Электромагнитные колебания и волны	7
12	Оптика	7
13	Квантовая физика	8

1 Кинематика

Обозначения:

- \vec{r} , x — радиус-вектор и координата точки;
- \vec{r}_0 , x_0 — начальный радиус-вектор и начальная координата (при $t = 0$);
- $\Delta\vec{r}$ — вектор перемещения;
- \vec{v} , v_x — вектор скорости и проекция скорости точки;
- \vec{a} , a_x — вектор ускорения и проекция ускорения точки;
- $\vec{v}_{\text{асб}}$ — скорость тела в неподвижной системе отсчёта (по отношению к Земле); $\vec{v}_{\text{отн}}$ — скорость тела в подвижной системе отсчёта; $\vec{v}_{\text{со}}$ — скорость движения подвижной системы отсчёта, относительно неподвижной;
- R — радиус окружности;
- l — длина дуги окружности, пройденная точкой;
- φ — угол поворота (в радианах);
- ω — угловая скорость;
- T — период;
- ν — частота вращения.

1. Вектор перемещения по определению: $\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$.

2. Формулы для прямолинейного равномерного движения (при $\vec{v} = \text{const}$):

$$(2.1) \text{ Скорость по определению: } \vec{v} = \frac{\Delta\vec{r}}{t} = \frac{\vec{r} - \vec{r}_0}{t}.$$

$$(2.2) \text{ Уравнения радиус-вектора и координаты: } \vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}t, \quad x = x_0 + v_x t.$$

3. Преобразование Галилея: $\vec{v}_{\text{асб}} = \vec{v}_{\text{отн}} + \vec{v}_{\text{со}}$.

4. Формулы для произвольного неравномерного движения:

$$(4.1) \text{ Скорость неравномерного движения по определению: } \vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}.$$

$$(4.2) \text{ Средняя скорость по определению: } \langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}.$$

5. Формулы прямолинейного равнопеременного движения (при $\vec{a} = \text{const}$):

$$(5.1) \text{ Средняя скорость: } \langle \vec{v} \rangle = \frac{\vec{v} + \vec{v}_0}{2}, \quad \langle v_x \rangle = \frac{v_x + v_{0x}}{2}.$$

- (5.2) Ускорение по определению: $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$, $a_x = \frac{v_x - v_{0x}}{t}$.
- (5.3) Уравнение скорости: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$, $v_x = v_{0x} + a_x t$.
- (5.4) Уравнения радиус-вектора и координаты: $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a} t^2$, $x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2$.
- (5.5) * Уравнение координаты, исключаящие ускорение: $x = x_0 + \frac{v_x + v_{0x}}{2} t$.
- (5.6) * Уравнение координаты, исключаящее время: $x = x_0 + \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$.
6. Формулы для свободного падения без начальной скорости с высоты h :
- (6.1) * Время движения тела: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.
- (6.2) * Конечная скорость тела (перед соприкосновением с Землёй): $v = \sqrt{2gh}$.
7. Формулы для движения тела, брошенного вертикально вверх с начальной скоростью v_0 :
- (7.1) * Общее время движения тела: $t = \frac{2v_0}{g}$.
- (7.2) * Время движения тела до достижения максимальной высоты: $t = \frac{v_0}{g}$.
- (7.3) * Максимальная высота над поверхностью Земли: $y_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$.
8. Формулы равномерного движения по окружности:
- (8.1) Угол поворота точки (в радианах) по определению: $\varphi = \frac{l}{R}$.
- (8.2) Угловая скорость по определению: $\omega = \frac{\varphi}{t}$.
- (8.3) Связь периода и частоты: $T = \frac{1}{\nu}$.
- (8.4) Связь линейной скорости с периодом и частотой: $v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \nu$.
- (8.5) Связь угловой скорости с периодом и частотой: $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \nu$.
- (8.6) Связь линейной и угловой скоростей: $v = \omega R$.
- (8.7) Формула центростремительного ускорения: $a = \frac{2\pi v}{T}$.
- (8.8) Выражение центростремительного ускорения через радиус окружности: $a = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$.
- (8.9) Выражение центростремительного ускорения через линейную и угловую скорости: $a = v \cdot \omega$.
9. Формулы для движения тела, брошенного под углом α к горизонту:
- (9.1) * Время движения тела: $t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$.
- (9.2) * Максимальная высота над поверхностью Земли: $y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$.
- (9.3) * Дальность полёта по горизонтали: $x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$.

2 Динамика

Обозначения:

- \vec{F} — сила;
- l_0 — длина пружины в недеформированном состоянии;
- Δl — абсолютное удлинение пружины;
- S — площадь поперечного сечения пружины;
- E — модуль Юнга;
- k — коэффициент жёсткости;
- μ — коэффициент трения;
- N — силы нормальной реакции опоры;
- $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ — гравитационная постоянная;
- R — радиус планеты;
- g_0 — ускорение свободного падения у поверхности планеты;
- v_1 — первая космическая скорость;
- v_2 — вторая космическая скорость.

1. Второй закон Ньютона: $(\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n) = m\vec{a}$.
2. Формула силы тяжести: $F_{\text{тяж}} = mg$.
3. Сила упругости и коэффициент жёсткости:
 - (3.1) Формула силы упругости: $F_{\text{упр}} = k\Delta l$.
 - (3.2) * Формула коэффициента жёсткости пружины: $k = E \frac{S}{l_0}$.
 - (3.3) * Коэффициент жёсткости системы последовательно соединённых пружин: $\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}$.
 - (3.4) * Коэффициент жёсткости системы параллельно соединённых пружин: $k = k_1 + k_2 + \dots + k_n$.
4. Формула силы трения скольжения и максимальной силы трения покоя: $F_{\text{тр}} = \mu N$.
5. Гравитация и тяготение:
 - (5.1) Закон Всемирного тяготения: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$.
 - (5.2) * Формула ускорения свободного падения на высоте h от поверхности планеты: $g = \frac{GM}{(R+h)^2} = g_0 \left(\frac{R}{R+h} \right)^2$.
 - (5.3) Первая космическая скорость: $v_1 = \sqrt{\frac{MG}{R}} = \sqrt{g_0 R}$.
 - (5.4) Вторая космическая скорость: $v_2 = \sqrt{\frac{2MG}{R}} = \sqrt{2g_0 R} = \sqrt{2} v_1$.

3 Статика

Обозначения:

- M — момент силы;
 - d — плечо силы (расстояние от оси вращения до линии действия силы);
 - ρ — плотность жидкости;
 - $V_{\text{погр}}$ — объём части тела, погруженной в жидкость;
 - $p_{\text{атм}}$ — атмосферное давление.
1. Статика абсолютно твёрдого тела:
 - (1.1) Определение момента силы \vec{F} : $M = \pm Fd$.
 - (1.2) Условия равновесия абсолютно твёрдого тела: $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = 0$, $M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0$.
 2. Давление на участок поверхности площадью S , которое оказывается сила \vec{F} , действующая перпендикулярно поверхности: $p = \frac{F}{S}$.
 3. Гидростатика:
 - (3.1) Давление в жидкости на глубине h от поверхности: $p = p_{\text{атм}} + \rho gh$.
 - (3.2) Формула для силы Архимеда, действующей на тело, погружённое в жидкость: $F_A = P_{\text{вытесн}} = \rho g V_{\text{погр}}$.

4 Законы сохранения

Обозначения:

- \vec{p} — импульс тела;
 - \vec{P} — импульс системы тел;
 - M — масса системы тел;
 - A_F — работа силы \vec{F} ;
 - N_F — мощность силы \vec{F} ;
 - $E_{\text{кин}}$ — кинетическая энергия;
 - $E_{\text{пот}}$ — потенциальная энергия;
 - E — полная механическая энергия;
 - $A_{\text{всех}}$ — суммарная работа всех сил, действующих на тело;
 - $A_{\text{конс}}$ — работы консервативных (потенциальных) сил.
 - $A_{\text{тр}}$ — работы диссипативных сил (сил трения).
1. Импульс и центр масс:
 - (1.1) Импульс материальной точки по определению: $\vec{p} = m\vec{v}$.
 - (1.2) Второй закон Ньютона в импульсной формулировке: $\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F}$.
 - (1.3) Импульс системы тел по определению: $\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n$.
 - (1.4) Закон изменения импульса системы тел: $\Delta \vec{P} = M \cdot \vec{F}_{\text{внешн}}$.
 - (1.5) Закон сохранения импульса системы тела: если $\vec{F}_{\text{внешн}} = 0$, то $\Delta \vec{P} = \text{const}$.
 - (1.6) * Формула координаты центра масс системы материальных точек: $x_{\text{ц.м.}} = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + \dots + x_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$.

2. Механическая работа и мощность:

(2.1) Работа постоянной силы \vec{F} , образующей угол α с вектором перемещения $\Delta\vec{r}$: $A_F = (\vec{F}, \Delta\vec{r}) = F\Delta r \cos \alpha$.

(2.2) Работы силы тяжести при изменении высоты тела от h_1 до h_2 : $A = -mg\Delta h = -mg(h_2 - h_1) = mg(h_1 - h_2)$.

(2.3) Работы силы упругости при изменении абсолютного удлинения пружины от Δl_1 до Δl_2 : $A = -\frac{k}{2} (\Delta l_2^2 - \Delta l_1^2)$.

(2.4) Мощность силы \vec{F} по определению: $N_F = \frac{A_F}{\Delta t}$.

(2.5) Выражение мощности через скорость тела при равномерном движении: $N_F = Fv$.

3. Энергия:

(3.1) Кинетическая энергия тела по определению: $E_{\text{кин}} = \frac{mv^2}{2}$.

(3.2) Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h : $E_{\text{пот}} = mgh$.

(3.3) Потенциальная энергия упругой деформации пружины: $E_{\text{пот}} = k \frac{(\Delta l)^2}{2}$.

(3.4) Теорема о кинетической энергии: $\Delta E_{\text{кин}} = A_{\text{всех}}$.

(3.5) Теорема о потенциальной энергии: $\Delta E_{\text{пот}} = -A_{\text{конс}}$.

(3.6) Закон изменения энергии: $\Delta E = \Delta E_{\text{кин}} + \Delta E_{\text{пот}} = A_{\text{тр}}$.

(3.7) Закон сохранения энергии: если $A_{\text{тр}} = 0$, то $E = \text{const}$.

5 Механические колебания и волны

Обозначения:

- A — амплитуда колебаний (максимальное отклонение от положения равновесия);
- ω — циклическая частота колебаний;
- φ — начальная фаза колебаний.
- T — период колебаний или период волны;
- ν — частота колебаний или частота волны;
- λ — длина волны;
- v — скорость распространения волны.

1. Кинематика гармонических колебаний:

(1.1) Уравнение координаты: $x = A \sin(\omega t + \varphi)$.

(1.2) Уравнение проекции скорости: $v_x = A\omega \cos(\omega t + \varphi)$.

(1.3) Уравнение проекции ускорения: $a_x = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$.

(1.4) Связь проекции ускорения и координаты тела: $a_x = -\omega^2 x$.

(1.5) Связь максимальных проекций скорости и ускорения с амплитудой: $v_{x \max} = A\omega$, $a_{x \max} = A\omega^2$.

(1.6) Связь периода с циклической частотой: $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

2. Динамика колебаний:

(2.1) Период колебаний пружинного маятника: $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$.

(2.2) Период колебаний математического маятника: $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

3. Связь длины волны с периодом и частотой: $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$.

6 Молекулярная физика

Обозначения:

- p — давление;
- V — объём;
- T — абсолютная температура;
- N — кол-во молекул;
- $n = \frac{N}{V}$ — концентрация молекул;
- $\rho = \frac{m}{V}$ — плотность вещества (табличная величина);
- ν — кол-во молей вещества;
- μ — молярная масса вещества (табличная величина);
- m_0 — масса молекулы;
- E_0 — энергия молекулы;

- v — скорость молекул;
- φ — относительная влажность воздуха;
- p_n — давление насыщенного пара (табличная величина);
- ρ_n — плотность насыщенного пара (табличная величина);
- $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ — постоянная Авогадро;
- $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ — постоянная Больцмана;
- $R = 8,31$ — универсальная газовая постоянная.

1. Абсолютная температура: $T = t^\circ + 273K$.
2. Основное уравнение МКТ: $p = \frac{1}{3}m_0n\langle v^2 \rangle = \frac{2}{3}n\left\langle \frac{m_0v^2}{2} \right\rangle = \frac{2}{3}n\langle E_0 \rangle$.
3. Связь температуры газа со средней кинетической энергией его частиц: $\langle E_0 \rangle = \left\langle \frac{m_0v^2}{2} \right\rangle = \frac{3}{2}kT$.
4. Связь давления идеального газа и температуры $p = nkT$.
5. Уравнение Клапейрона-Менделеева: $pV = \frac{m}{\mu}RT = \nu RT = NkT$.
6. Уравнение Клапейрона-Менделеева для плотности газа: $\rho = \frac{p\mu}{RT}$.
7. Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов: $p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$.
8. Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц N :
 - (8.1) Изотермический ($T = \text{const}$): $pV = \text{const}$.
 - (8.2) Изохорный ($V = \text{const}$): $\frac{p}{T} = \text{const}$.
 - (8.3) Изобарный ($p = \text{const}$): $\frac{V}{T} = \text{const}$.
9. Относительная влажность воздуха: $\varphi = \frac{p}{p_n} = \frac{\rho}{\rho_n}$.

7 Термодинамика

Обозначения:

- U — внутренняя энергия (сумма кинетической и потенциальной энергии всех молекул);
- Q — кол-во теплоты, которое получается тело (если тело отдаёт тепло, то $Q < 0$);
- c — удельная теплоёмкость вещества (табличная величина);
- λ — удельная теплота плавления вещества (табличная величина);
- L — удельная теплота парообразования вещества (табличная величина);
- q — удельная теплота сгорания топлива вещества (табличная величина).

1. Формулы кол-ва теплоты:
 - (1.1) Кол-во теплоты при теплопередаче: $Q = cm\Delta t$.
 - (1.2) Кол-во теплоты при плавлении/конденсации: $Q = \pm \lambda m$.
 - (1.3) Кол-во теплоты при парообразовании/конденсации: $Q = \pm Lm$.
 - (1.4) Кол-во теплоты при сгорании топлива: $Q = qm$.
2. Уравнение теплового баланса: $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n = 0$.
3. Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа: $U = \frac{3}{2}\nu RT$.
4. Работа газа при изобарном процессе: $A = p\Delta V$.
5. Первый закон термодинамики: $Q = \Delta U + A$.
6. Адиабатический процесс: $Q = 0 \Rightarrow A = -\Delta U$.

8 Электростатика

Обозначения:

- q — электрический заряд (с учётом знака);
- $k = 9 \cdot 10^9$ — постоянная в законе Кулона;
- $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ — электрическая постоянная;
- ϵ — диэлектрическая проницаемость вещества (табличная величина);
- \vec{E} — напряжённость электрического поля;
- W — энергия заряда в электрическом поле или энергия конденсатора;
- φ — потенциал электрического поля;

- d — расстояние между пластинами конденсатора;
- C — ёмкость конденсатора.

1. Закон Кулона (взаимодействие точечных зарядов в вакууме): $F = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$.
2. Напряжённость электростатического поля по определению: $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$.
3. Работа электрического поля по перемещению заряда: $A = -\Delta W = W_1 - W_2 = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi = qU$.
4. Потенциал электростатического поля по определению: $\varphi = \frac{W}{q}$.
5. Принцип суперпозиции: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$, $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$.
6. Поле точечного заряда Q :
 - (6.1) Напряжённость: $E = \frac{k|Q|}{r^2}$.
 - (6.2) * Потенциальная энергия: $W = -\frac{kqQ}{r}$.
 - (6.3) * Потенциал: $\varphi = -\frac{kQ}{r}$.
7. Однородное поле — $\vec{E} = \text{const}$ (ось x направлена по линиям напряжённости):
 - (7.1) Связь напряжения и напряжённости: $U = E\Delta x$.
 - (7.2) Потенциальная энергия заряда: $W = -Eqx$.
 - (7.3) Потенциал: $\varphi = -Ex$.
 - (7.4) Работа электрических сил в однородном поле: $A = Eq\Delta x$.
8. Конденсаторы:
 - (8.1) Ёмкость конденсатора по определению: $C = \frac{q}{U}$.
 - (8.2) Ёмкость плоского конденсатора: $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$.
 - (8.3) Энергия конденсатора: $W = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$.
 - (8.4) Последовательное соединение: $q = q_1 = q_2 = \dots = q_n$, $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$, $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$.
 - (8.5) Параллельное соединение: $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$, $q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$, $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$.

9 Законы постоянного тока

Обозначения:

- I — сила тока;
- U — напряжение;
- R — электрическое сопротивление;
- ρ — удельное электрическое сопротивление (табличная величина);
- r — внутреннее сопротивление источника тока;
- \mathcal{E} — ЭДС источника тока.

1. Сила тока по определению: $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$.
2. Закон Ома для однородного участка цепи: $I = \frac{U}{R}$.
3. Формула сопротивления проводника: $R = \frac{\rho l}{S}$.
4. ЭДС источника тока по определению: $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ист}}}{q}$.
5. Закон Ома для полной цепи: $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$, $\mathcal{E} = IR + Ir$.
6. Соединения проводников:
 - (6.1) Последовательное соединение: $I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$, $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$, $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.
 - (6.2) Параллельное соединение: $U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$, $I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$, $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$.
7. Работа тока (закон Джоуля — Ленца): $A = Q = IUt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R}t$.
8. Мощность тока: $A = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$.
9. * КПД источника тока: $\eta = \frac{r}{r + R}$.

10 Магнитное поле и электромагнитная индукция

Обозначения:

- \vec{B} — вектор индукции магнитного поля;
 - Φ — поток вектора \vec{B} через замкнутый контур;
 - ρ — удельное электрическое сопротивление (табличная величина);
 - L — индуктивность проводника (катушки).
1. Сила Ампера:
 - (1.1) направление $\vec{F}_A \perp I, \vec{F}_A \perp \vec{B}$;
 - (1.2) численное значение $F_A = IBl \sin \alpha, \quad \alpha = \angle(\vec{B}, I)$.
 2. Сила Лоренца:
 - (2.1) направление $\vec{F}_L \perp v, \vec{F}_L \perp \vec{B}$;
 - (2.2) численное значение $F_L = |q|vB \sin \alpha, \quad \alpha = \angle(\vec{B}, \vec{v})$.
 3. Поток вектора магнитной индукции: $\Phi = BS \cos \alpha, \quad \alpha = \angle(\vec{B}, \vec{n})$.
 4. Закон Фарадея: $\mathcal{E}_i = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right|$.
 5. ЭДС индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле: $\mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha \sin \beta, \quad \alpha = \angle(\vec{B}, l) \quad \beta = \angle(\vec{v}, l)$.
 6. Индуктивность по определению: $L = \frac{\Phi}{I}$.
 7. ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$.
 8. Энергия магнитного поля: $W = \frac{LI^2}{2}$.

11 Электромагнитные колебания и волны

Обозначения:

- q — заряд конденсатора в колебательном контуре;
 - C — ёмкость конденсатора в колебательном контуре;
 - U — напряжение на конденсаторе в колебательном контуре;
 - I — сила тока в катушке индуктивности;
 - L — индуктивность проводника (катушки) в колебательном контуре;
 - $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — циклическая частота колебаний;
 - $c = 3 \cdot 10^8$ — скорость света в вакууме.
1. Уравнения свободных электромагнитных колебаний:
 - (1.1) Зависимость заряда конденсатора от времени: $q = q_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$.
 - (1.2) Зависимость напряжения на конденсаторе от времени $U = Cq_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$.
 - (1.3) Зависимость силы тока в катушке от времени: $q = q_{\max} \cos(\omega t + \varphi)$.
 2. Соотношение между амплитудами заряда и силы тока: $I_{\max} = \omega q_{\max}$.
 3. Закон сохранения энергии для свободных электромагнитных колебаний: $\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_{\max}^2}{2} = \frac{CU_{\max}^2}{2}$.
 4. Взаимная ориентация векторов в электромагнитной волне в вакууме: $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$.
 5. Связь длины волны с периодом и частотой: $\lambda = Tc = \frac{c}{\nu}$.

12 Оптика

Обозначения:

- $c = 3 \cdot 10^8$ — скорость света в вакууме;
- v — скорость света в среде;
- Δ — оптическая разность хода;
- F — фокусное расстояние линзы;
- D — оптическая сила линзы;
- d — расстояние от предмета до линзы или период дифракционной решётки;
- f — расстояние от изображения до линзы;
- h, H — размеры предмета и его изображения в линзе.

1. Преломление света:

(1.1) Закон преломления: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$.

(1.2) Абсолютный показатель преломления среды: $n = \frac{c}{v}$.

2. Соотношение частот и длин волн при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред: $\nu_1 = \nu_2$, $n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$.

3. Предельный угол полного внутреннего отражения: $\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{n_2}{n_1}$.

4. Преломление света в линзе:

(4.1) Фокусное расстояние и оптическая сила: $D = F^{-1}$.

(4.2) Формула тонкой линзы для собирающей линзы при действительном изображении ($d > F$): $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$.

(4.3) Формула тонкой линзы для собирающей линзы при мнимом изображении ($d < F$): $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$.

(4.4) Формула тонкой линзы для рассеивающей линзы (изображение всегда мнимое): $\frac{1}{d} - \frac{1}{f} = -\frac{1}{F}$.

(4.5) Увеличение, даваемое линзой: $\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}$.

5. Условия наблюдения максимумов и минимумов в интерференционной картине от двух когерентных источников:

(5.1) Максимумы: $\Delta = 2m \frac{\lambda}{2}$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$

(5.2) Минимумы: $\Delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$

6. * Формула разности хода в точке с координатой x на экране при освещении его двумя когерентными источниками света, находящихся на расстоянии a друг от друга и на расстоянии L от экрана: $\Delta = \frac{ax}{L}$.

7. Условие наблюдения максимумов при нормальном падении монохроматического света на дифракционную решётку: $d \sin \varphi = m\lambda$, $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots$

13 Квантовая физика

Обозначения:

- λ — длина волны излучения;
- ν — частота излучения;
- $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ — постоянная Планка;
- $A_{\text{вых}}$ — работа выхода электрона из металла;
- $\nu_{\text{кр}}$ — частота красной границы фотоэффекта;
- $U_{\text{зап}}$ — запирающее напряжение в фотоэффекте;
- m_p — масса протона;
- m_n — масса нейтрона;
- M — масса ядра;
- T — период полураспада.

1. Характеристики фотона ($v = c$, $m = 0$):

(1.1) Энергия фотона: $E = h\nu$.

(1.2) Импульс фотона: $p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$.

2. Формулы теории относительности ($v < c$, $m > 0$):

(2.1) Энергия частицы: $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

(2.2) Энергия частицы: $E_0 = mc^2$.

(2.3) Импульс частицы $p = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

3. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{max}}$, где: $A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}}$, $E_{\text{max}} = q_e U_{\text{зап}}$.

4. Длина волны де Бройля движущейся частицы: $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$.

5. Излучение и поглощение фотонов при переходе атома с одного уровня энергии на другой: $h\nu_{mn} = \frac{hc}{\lambda_{mn}} = |E_n - E_m|$.

6. Спектр уровней энергии атома водорода: $E_n = \frac{-13,6 \text{ эВ}}{n^2}$, $n = 1, 2, 3, \dots$

7. Дефект массы ядра A_ZX : $\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - M$.

8. Уравнения радиоактивных распадов:

(8.1) α -распад: ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$.

(8.2) β -распад: ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e$.

9. Закон радиоактивного распада: $N(t) = N_0 \cdot 2^{-t/T}$.