

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

**ФИЗИКА.
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И
ФОРМУЛЫ**

СПРАВОЧНИК ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

**Нижекамск
2013**

УДК 53
Я 47

Печатается по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Ялалов Ф.Г., доктор педагогических наук, профессор;
Биктагиров В.В., кандидат технических наук, доцент.

Яковлева, Е.В.

Я 47 Физика. Основные законы и формулы : справочник для студентов вузов / Е.В. Яковлева. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ». – 2013. – 84 с.

В данном справочном издании представлены основные физические законы и формулы по всему курсу физики, знания которых необходимы для осмысления сущности физических явлений.

Справочник поможет студентам быстро найти и восстановить в памяти физические законы и формулы необходимые при решении задач, выполнении и защите лабораторных работ, подготовке к зачетам и экзаменам.

Кроме студентов вуза, пособие может быть полезно преподавателям и учащимся школ.

УДК 53

© Яковлева Е.В., 2013

© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2013

1. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

1.1. Кинематика

- Средняя скорость по пути и по перемещению:

где ΔS – путь, пройденный материальной точкой за промежуток времени Δt ; $\Delta \vec{r}$ – перемещение точки за промежуток времени Δt .

- Мгновенная скорость по пути и по перемещению:
- Среднее и мгновенное ускорение:

где $\Delta \vec{v}$ – изменение скорости материальной точки за промежуток времени Δt .

- Путь и скорость при равномерном движении:

$$S_x = v_x \cdot t, \quad v_x = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \text{const},$$

где v_x – проекция скорости на ось OX; x_0 – начальная координата материальной точки в момент времени t_0 ; x – координата материальной точки в момент времени t .

- Уравнение координаты при равномерном движении:

$$x = x_0 + v_x \cdot t$$

- Скорость при равнопеременном движении (уравнение скорости):

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

где v_{0x} – начальная скорость в проекции на ось Ox ; a_x – проекция ускорения на ось Ox .

- Перемещение при равнопеременном движении (уравнение перемещения):

$$S_x = v_x \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}, \quad S_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$$

- Уравнение координаты при равнопеременном движении:

$$x = x_0 + v_x \cdot t + \frac{a_x \cdot t^2}{2}$$

- Средняя угловая скорость:

где $\Delta\varphi$ – угловое перемещение материальной точки за промежуток времени Δt .

- Угловая скорость:

$$\vec{\omega} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\varphi}}{\Delta t} = \frac{d\vec{\varphi}}{dt}$$

- Среднее угловое ускорение:

где $\Delta \vec{\omega}$ – изменение угловой скорости за промежуток времени Δt .

- Угловое ускорение:
- Полное ускорение при криволинейном движении:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

где $a_t = \frac{d\vartheta}{dt} = r \cdot \varepsilon$ – тангенсальная составляющая ускорения (r – радиус кривизны траектории в данной точке);

нормальная составляющая ускорения $a_n = \frac{v^2}{r} = r \cdot \omega^2$.

- Угловая скорость при равномерном движении материальной точки по окружности:

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

где T – период вращения ($T = \frac{1}{\nu}$, где N – число оборотов, совершаемых за время t); ν – частота вращения ($\nu = \frac{N}{t}$).

- Угловая скорость и угловое перемещение при равнопеременном вращательном движении:

$$\omega = \omega_0 \pm \epsilon t; \quad \varphi = \omega_0 t \pm \frac{\epsilon t^2}{2},$$

где ω_0 – начальная угловая скорость.

- Связь между линейной и угловой скоростью:

$$v = r \cdot \omega,$$

где r – расстояние от оси вращения.

1.2. Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела

- Импульс тела (количество движения материальной точки):

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

- Второй закон Ньютона (основное уравнение динамики материальной точки):

где равнодействующая (резльтирующая) всех сил действующих на тело массой :

- Второй закон Ньютона в дифференциальной форме:

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{p}}{dt} .$$

- Связь между изменением импульса тела и импульсом силы взаимодействия:

$$d\vec{p} = F \cdot d\vec{t} .$$

- Закон сохранения импульса для замкнутой системы:

$$\vec{p} = \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i = \text{const} ,$$

где N – число материальных точек (или тел), входящих в систему.

- Скорость двух абсолютно упругих тел после центрального удара:

$$\vec{U}_1 = \frac{(m_1 - m_2) \cdot \vec{v}_1 + 2m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2} ,$$

$$\vec{U}_2 = \frac{(m_2 - m_1) \cdot \vec{v}_2 + 2m_1 \vec{v}_1}{m_1 + m_2} ,$$

где m_1 и m_2 – массы тел; \vec{v}_1 и \vec{v}_2 – скорости тел до удара.

- Скорость двух тел после абсолютно неупругого удара:

$$\vec{U} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2} .$$

1.3. Работа, мощность, энергия

- Работа, совершаемая постоянной силой:

$$dA = F_s dS = F \cdot \cos \alpha \cdot dS .$$

где F_s – проекция силы на направление перемещения; α – угол между направлением силы и перемещением.

- Работа, совершаемая переменной силой, на участке пути S:

$$A = \int_S F \cdot \cos \alpha \cdot dS .$$

- Мгновенная механическая мощность:

$$N = \frac{dA}{dt} \text{ или } N = Fv \cdot \cos \alpha .$$

- Кинетическая энергия движущегося тела:

$$W_k = \frac{mv^2}{2} .$$

- Потенциальная энергия тела, поднятого над поверхностью Земли на высоту :

$$W_n = mgh .$$

где g – ускорение свободного падения.

- Сила упругости:

где $x = l - l_0$ – абсолютное удлинение тела (l_0 – начальная длина тела; l – конечная длина тела); k – коэффициент упругости.

- Закон Гука:

$$\delta = E \cdot \varepsilon ,$$

где $\delta = \frac{F}{S}$ – нормальное напряжение, сила действующая на единицу площади поперечного сечения; E – модуль

упругости (модуль Юнга); $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ – относительное удлинение тела (Δl – абсолютное удлинение, l_0 – начальная длина тела).

- Потенциальная энергия упруго деформированного тела (пружины):

$$W_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2} .$$

- Закон сохранения полной механической энергии в консервативной системе:

$$W_{\text{к}} + W_{\text{п}} = \text{const} .$$

1.4. Тяготение. Элементы теории поля

- Закон всемирного тяготения:

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

где F – сила всемирного тяготения (гравитационная сила)

двух материальных точек массами m_1 и m_2 ; r –

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$$

расстояние между точками; G – гравитационная постоянная.

- Сила тяжести:

где m – масса тела; g – ускорение свободного падения.

- Напряженность гравитационного поля:

$$g = \frac{F}{m}$$

где F – сила тяготения, действующая на материальную точку массой m , помещенную в данную точку поля.

- Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия двух материальных точек массой

находящихся на расстоянии r друг от друга:

$$W_{\text{п}} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r}$$

- Потенциал гравитационного поля:

$$\varphi = \frac{W_{\text{п}}}{m},$$

где $W_{\text{п}}$ – потенциальная энергия материальной точки массой m помещенной в данную точку поля.

- Связь между напряженностью поля тяготения и его потенциалом:

$$\vec{g} = \text{grad}\varphi \text{ или } \vec{g} = -\left(\frac{d\varphi}{dx}\vec{i} + \frac{d\varphi}{dy}\vec{j} + \frac{d\varphi}{dz}\vec{k}\right),$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные вектора координатных осей.

1.5. Механика твердого тела

- Модуль момента силы:

$$M = F \cdot d,$$

где d – плечо силы, то есть кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы.

- Правило моментов:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_i = 0,$$

где — — МОМЕНТЫ СИЛ

действующих на тело относительно оси, проходящей через его центр масс.

- Момент инерции материальной точки:

$$J = m \cdot r^2,$$

где — — масса материальной точки; — расстояние до оси вращения.

- Момент инерции системы (тела):

$$J = \sum_{i=1}^N m_i \cdot r_i^2 .$$

где r_i — расстояние материальной точки массой m_i до оси вращения.

- Момент инерции сплошного тела:

$$J = \int_0^m r^2 dm .$$

- Теорема Штейнера:

$$J = J_0 + md^2,$$

где J_0 – момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс тела; – момент инерции относительно оси, параллельной первой и отстоящей от нее на расстоянии ;
 – масса тела.

- Момент инерции тонкостенного цилиндра массы и радиуса относительно его оси:

$$J = m \cdot R^2.$$

- Момент инерции однородного обруча относительно оси, перпендикулярной к плоскости обруча и проходящей через его центр:

$$J = m \cdot R^2.$$

- Момент инерции сплошного однородного цилиндра или диска массой и радиуса :

$$J = \frac{1}{2}m \cdot R^2.$$

- Момент инерции прямого тонкого стержня относительно оси перпендикулярной стержню и проходящей через его середину:

$$J = \frac{1}{12}m \cdot l^2,$$

где – масса стержня; l – длина стержня.

- Момент инерции прямого тонкого стержня относительно оси перпендикулярной стержню и проходящей через его конец:

$$J = \frac{1}{3} m \cdot l^2.$$

- Момент инерции шара радиуса R :

$$J = 0,4 \cdot m \cdot R^2.$$

- Момент инерции цилиндра с отверстием (колеса, муфты):

$$J = 0,5 \cdot m \cdot (R_1^2 + R_2^2).$$

- Уравнение динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси Z :

$$M_Z = J_Z \frac{d\omega}{dt} = J_Z \cdot \varepsilon.$$

где ε – угловое ускорение; J_Z – момент инерции твердого тела относительно оси Z .

- Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси Z :

где ω – угловая скорость тела; J_Z – момент инерции тела относительно оси Z .

- Кинетическая энергия тела, катящегося по плоскости без скольжения:

$$W_k = \frac{m \cdot v_c^2}{2} + \frac{J_c \cdot \omega^2}{2} .$$

где m – масса тела; v_c – скорость центра масс тела; J_c – момент инерции тела относительно оси, проходящей через его центр масс; ω – угловая скорость тела.

- Момент импульса (момент количества движения) твердого тела относительно оси вращения z :

$$L_z = J_z \cdot \omega .$$

где J_z – момент инерции тела относительно оси z , ω – угловая скорость тела.

- Закон сохранения момента импульса для замкнутой системы тел:

$$\vec{L} = \text{const} .$$

1.6. Механические колебания и волны

- Уравнение гармонических колебаний:

$$x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) .$$

где x – смещение колеблющейся точки относительно положения равновесия; A – амплитуда колебания; ω – круговая

(циклическая) частота ; T – период колебания; $\nu = \frac{1}{T}$ – частота; φ_0 – начальная фаза колебаний.

- Скорость точки, совершающей гармонические колебания:

$$v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) .$$

- Ускорение точки, совершающей гармонические колебания:

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) .$$

- Период колебания пружинного маятника:

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

где m – масса пружинного маятника; k – жесткость пружины.

- Период колебаний математического маятника:

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

где l – длина маятника; g – ускорение свободного падения.

- Период колебания физического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} .$$

где J – момент инерции маятника относительно оси колебания; l – расстояние от точки подвеса до центра масс маятника; $L = \frac{J}{ml}$ – приведенная длина физического маятника.

- Кинетическая энергия колеблющейся точки массой m :

$$W_k = \frac{m\dot{\vartheta}^2}{2} = \frac{1}{2}m \cdot \omega^2 \cdot A^2 \cdot \cos^2(\omega t + \varphi_0) .$$

- Потенциальная энергия колеблющейся точки массой m :

$$W_{\text{п}} = \frac{1}{2}m \cdot \omega^2 \cdot A^2 \cdot \sin^2(\omega t + \varphi_0) .$$

- Полная энергия колеблющейся точки массой m :

$$W = \frac{1}{2}m \cdot \omega^2 \cdot A^2 .$$

- Дифференциальное уравнение гармонических колебаний материальной точки массой m :

$$m\ddot{x} = -kx \text{ или } \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 ,$$

где $k = \omega_0^2 m$ – коэффициент упругости.

- Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\delta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = 0;$$

$$x = A_0 \cdot e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где x – колеблющаяся величина, описывающая физический процесс; $\delta = \frac{r}{2m}$ – коэффициент затухания; ω_0 – свободная частота колебаний; $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ – частота затухающих колебаний; $A_0 \cdot e^{-\delta t}$ – амплитуда затухающих колебаний.

- Декремент затухания:

$$\frac{A_{\tau}}{A_{\tau+1}} = e^{\delta T},$$

где A_{τ} и $A_{\tau+1}$ – амплитуды двух последовательных колебаний, соответствующих моментам времени, отличающихся на один период.

- Период затухающих колебаний:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}.$$

- Логарифмический декремент затухания:

$$\theta = \ln \frac{A_{\tau}}{A_{\tau+1}} = \delta \cdot T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N}.$$

где $\tau = \frac{1}{\delta}$ – время релаксации; n – число колебаний совершаемых за время уменьшения амплитуды в e раз.

- Резонансная частота:
- Резонансная амплитуда:

1.7. Элементы механики жидкостей

- Давление столба жидкости на глубине (гидростатическое давление):

$$p = \rho g h .$$

где ρ – плотность жидкости.

- Закон Архимеда:

$$F_A = \rho g V_{\text{п.ч.}} ,$$

где F_A – выталкивающая сила; $V_{\text{п.ч.}}$ – объем погруженной части тела в жидкость.

- Выталкивающая (Архимедова) сила:

где $P_{\text{воз}}$ – вес тела в воздухе; $P_{\text{жид}}$ – вес тела в жидкости.

- Уравнение неразрывности:

$$S \cdot v = \text{const} ,$$

где S – площадь поперечного сечения трубки; v – скорость течения жидкости.

- Уравнение Бернулли для стационарного течения идеальной несжимаемой жидкости:

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

где p – статическое давление жидкости для определенного сечения трубки; v – скорость жидкости для этого сечения;

$\frac{\rho \cdot v^2}{2}$ – динамическое давление жидкости для этого сечения;

h – высота, на которой расположено сечение; $\rho g h$ – гидростатическое давление.

- Формула Торричелли для определения скорости истечения жидкости из малого отверстия в открытом широком сосуде:

$$v = \sqrt{2gh} ,$$

где h – глубина, на которой находится отверстие относительно уровня жидкости в сосуде.

- Сила внутреннего трения между слоями текущей жидкости:

$$F = \eta \left| \frac{\Delta v}{\Delta x} \right| \cdot S,$$

где η – динамическая вязкость жидкости; $\frac{\Delta v}{\Delta x}$ – градиент скорости; S – площадь соприкасающихся слоев.

- Формула Стокса, позволяющая определить силу сопротивления, действующую на медленно движущийся в вязкой среде шарик:

$$F = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v,$$

где r – радиус шарика; v – скорость шарика.

1.8. Элементы специальной теории относительности

- Преобразования Лоренца:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

где будем считать, что система отсчета k' движется со скоростью ϑ в положительном направлении оси x относительно системы отсчета k (оси x' и x совпадают), оси y' и y , z' и z параллельны; c – скорость света в вакууме.

- Релятивистское замедление хода часов:

$$\tau' = \frac{\tau}{\sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}},$$

где τ – промежуток времени между двумя событиями, отсчитанный по часам в движущейся системе отсчета; τ' – промежуток времени между теми же событиями в покоящейся системе отсчета.

- Релятивистское сокращение длины тела:

$$l = l_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}},$$

где l_0 – длина стержня в покоящейся системе отсчета; l – длина стержня в системе отсчета движущейся со скоростью ϑ .

- Релятивистский закон сложения скоростей:

$$U'_x = \frac{U_x - \vartheta}{1 - \frac{\vartheta \cdot U_x}{c^2}}, \quad U'_y = \frac{U_y \cdot \sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}}{1 - \frac{\vartheta \cdot U_x}{c^2}}, \quad U'_z = \frac{U_z \cdot \sqrt{1 - \frac{\vartheta^2}{c^2}}}{1 - \frac{\vartheta \cdot U_x}{c^2}},$$

где система отсчета k' движется со скоростью v в положительном направлении оси x относительно системы отсчета k (оси x' и x совпадают, оси y' и y , z' и z параллельны).

- Релятивистская масса частицы:

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

где m_0 – масса покоя частицы.

- Релятивистский импульс частицы:

$$\vec{p} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

- Основной закон релятивистской динамики:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt},$$

где \vec{p} – релятивистский импульс частицы.

- Полная энергия релятивистской частицы:

$$E = mc^2 = m_0 c^2 + (m - m_0) \cdot c^2.$$

где $m_0 c^2$ – энергия покоящейся частицы, $(m - m_0) \cdot c^2$ – кинетическая энергия релятивистской частицы.

- Связь между энергией и импульсом релятивистской частицы:

$$E^2 = m_0^2 c^4 + p^2 c^2.$$

2. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКА

2.1. Молекулярно–кинетическая теория идеальных газов

- Молярная масса вещества:

$$M = Mr \cdot 10^{-3} \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}},$$

где Mr – относительная молекулярная масса.

- Молярная масса:

$$M = \frac{m}{\nu},$$

где m – масса вещества; ν – количество вещества.

- Масса одной молекулы:

$$m_0 = \frac{M}{N_A},$$

где M – молярная масса вещества; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ – постоянная Авогадро.

- Масса газа:

$$m = N \cdot m_0,$$

где N – число частиц (молекул) в объеме газа V ; m_0 – масса одной молекулы.

- Число частиц в массе вещества m :

$$N = \nu \cdot N_A,$$

где $\nu = \frac{m}{M}$ – количество вещества (число моль); N_A – постоянная Авогадро.

- Размер молекулы:

$$r = \sqrt[3]{V_0} = \sqrt[3]{\frac{m_0}{\rho}} = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho \cdot N_A}},$$

где ρ – плотность вещества; V_0 – объем молекулы; m_0 – масса одной молекулы.

- Концентрация молекул:

$$n = \frac{N}{V},$$

где N – число молекул, содержащихся в объеме V .

- Зависимость давления газа от концентрации молекул и температуры T :

$$p = nkT ,$$

где $k = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – постоянная Больцмана; T – температура по абсолютной шкале ($T = t + 273,15$, [К]); t – температура по шкале Цельсия.

- Основные уравнения молекулярно–кинетической теории идеальных газов:

$$p = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2, \quad p = \frac{2}{3} n E_k .$$

где \bar{v} – средняя квадратичная скорость движения молекул; E_k – суммарная кинетическая энергия поступательного движения всех молекул газа; n – концентрация молекул; ρ – плотность вещества; m_0 – масса одной молекулы.

- Средняя квадратичная скорость движения молекул:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}} ,$$

где $k = \frac{R}{N_A}$ – постоянная Больцмана; $M = N_A m_0$ – молярная масса вещества.

- Наиболее вероятная скорость движения молекул:

$$v_E = \sqrt{\frac{2kT}{m_0}}.$$

- Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы идеального газ:

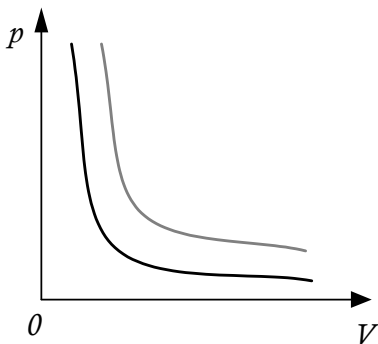
$$E = \frac{3}{2}kT,$$

где k – постоянная Больцмана; T – температура по абсолютной шкале.

- Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева–Клайперона) для произвольной массы газа:

$$pV = \frac{m}{M}RT.$$

где $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ – универсальная газовая постоянная ($R = kN_A$); p – давление газа; V – объем; T – термодинамическая температура; m – масса газа; M – молярная масса газа.



- Закон Бойля – Мариотта:

$$pV = \text{const}.$$

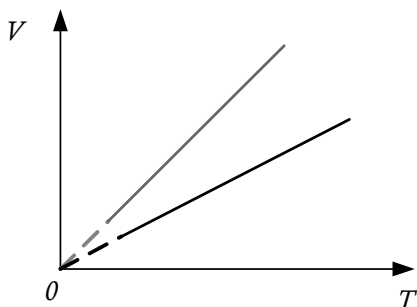
изотермический процесс, при

$$T = \text{const}, \quad m = \text{const},$$

где p – давление газа; V –объем;

T – термодинамическая температура; m – масса газа.

- Закон Гей-Люссака:

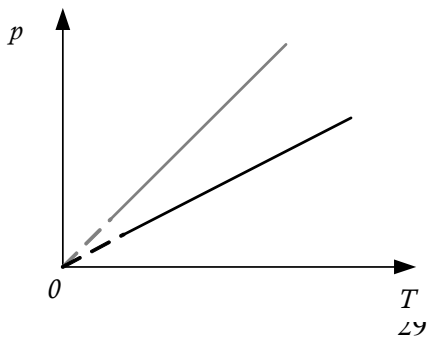


$$\frac{V}{T} = \text{const}.$$

изобарный процесс при

$$p = \text{const}, \quad m = \text{const}.$$

- Закон Шарля:



$$\frac{p}{T} = \text{const}.$$

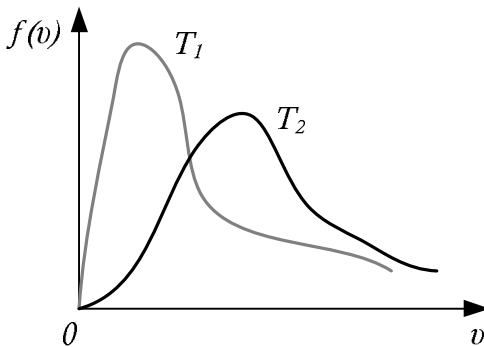
изохорный процесс при

$$V = \text{const.} \quad m = \text{const.}$$

- Закон Дальтона для давления смеси N идеальных газов:

где P_i – парциальное давление i -го компонента смеси.

- Зависимость распределения Максвелла от температуры:



С повышением температуры $T_2 > T_1$ максимум функции $f(v)$ смещается вправо (значение наиболее вероятной скорости становится больше), но площадь, ограниченная кривой, остается неизменной, поэтому с повышением

температуры кривая $f(v)$ растягивается и понижается.

- Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям:

$$f(v) = \frac{dN(v)}{Ndv} = 4\pi \left(\frac{m_0}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-\frac{m_0 v^2}{2kT}} .$$

где $f(v)$ – функция распределения молекул по скоростям определяет относительное число молекул $\frac{dN(v)}{N}$ из общего числа N молекул, скорости которых лежат в интервале от v до $v + dv$; m_0 – масса молекулы; k – постоянная Больцмана; T – термодинамическая температура.

- Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по энергиям теплового движения:

$$f(E) = \frac{dN(E)}{NdE} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot (kT)^{-\frac{3}{2}} \cdot E^{\frac{1}{2}} \cdot e^{-\frac{E}{kT}},$$

где $f(E)$ – функция распределения молекул по энергиям теплового движения, определяющая относительное число молекул $\frac{dN(E)}{NdE}$ от общего числа молекул N , которые имеют кинетические энергии $E = \frac{m_0 v^2}{2}$.

- Барометрическая формула:

$$p_h = p_0 \cdot e^{-\frac{Mg(h-h_0)}{RT}},$$

где p_h – давление газа на высоте h ; p_0 – давление газа на высоте h_0 .

- Среднее число соударений, испытываемых молекулой газа за единицу времени:

$$\bar{z} = \sqrt{2} \pi d^2 n \bar{v},$$

где d – эффективный диаметр молекулы, то есть минимальное расстояние, на которое сближаются центры двух молекул при столкновении; \bar{v} – средняя арифметическая скорость молекулы.

- Средняя длина свободного пробега молекул газа:

$$\bar{\lambda} = \frac{\bar{v}}{z} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d^2 n} .$$

2.2. Термодинамика

- Значение термодинамических параметров при нормальных условиях:

$$p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}, \quad T_0 = 273,16 \text{ К}.$$

при этих условиях молярный объем:

$$V_{0M} = 22,4 \text{ л} = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

- Средняя кинетическая энергия поступательного движения, приходящаяся на одну степень свободы молекулы:

$$W_{к1} = \frac{1}{2} kT .$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – постоянная Больцмана; T – термодинамическая температура.

- Средняя кинетическая энергия для произвольной молекулы:

где i – число степеней свободы молекулы, то есть сумма поступательных, вращательных и удвоенного числа колебательных степеней свободы (\cdot). Так для: одноатомного газа $i = 3$;

двухатомного газа $i = 5$;

трехатомного и многоатомного газа $i = 6$.

- Внутренняя энергия идеального газа:

$$U = \nu \frac{i}{2} RT = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT ,$$

где $\nu = \frac{m}{M}$ – количество вещества; m – масса газа; M – молярная масса газа; R – универсальная газовая постоянная.

- Работа расширения газа:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV ,$$

где V_1 – начальный объем газа; V_2 – конечный объем газа.

На графике $p(V)$ работа численно равна площади фигуры, ограниченной двумя ординатами функцией $p(V)$.

Если $p = \text{const}$, то $A = p(V_2 - V_1)$.

- Первый закон термодинамики:

$$Q = \Delta U + A,$$

где Q – количество теплоты, сообщенное системе или отданное системой; ΔU – изменение внутренней энергии системы; A – работа системы против внешних сил.

- Первый закон термодинамики для изохорного процесса: $V = \text{const}$, $dA = 0$, $dQ = dU$,

то есть вся сообщаемая теплота идет на увеличение внутренней энергии.

При этом:

$$dQ = C_V m dT,$$

где $C_V = \frac{i}{2} R$ – удельная теплоемкость при постоянном объеме.

- Первый закон термодинамики для изобарного процесса $p = \text{const}$:

$$dQ = dU + dA,$$

где $dQ = C_p m dT$ – сообщаемая теплота;
 $C_p = \frac{i + 2}{2} R = C_v + R$ – удельная теплоемкость вещества при
 постоянном давлении; $dU = \frac{m}{M} C_v dT = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} R dT$ – изменение
 внутренней энергии; $dA = p dV$ – работа газа или
 $dA = \frac{m}{M} R dT$.

- Первый закон термодинамики для изотермического процесса $T = const, dU = 0$:

$$dQ = dA \quad \text{или} \quad dQ = p dV.$$

где $dQ = \frac{mRT}{MV} dV$, тогда $Q = \frac{m}{M} RT \cdot \frac{\ln V_2}{V_1}$ или
 $A = \frac{m}{M} RT \cdot \frac{\ln p_2}{p_1}$.

- Первый закон термодинамики для адиабатического процесса:

$$dU = 0, 0 = dU + dA \quad \text{или} \quad p dV = -dU,$$

работа совершается за счет уменьшения внутренней энергии системы.

- Работа газа при адиабатическом процессе:

$$A = \frac{m}{M} C_v (T_1 - T_2)$$

- Термический коэффициент полезного действия для кругового процесса (цикла):

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1},$$

где Q_1 – количество теплоты, полученное системой; Q_2 – количество теплоты, отданное системой; A – работа совершаемая за цикл.

- Термический коэффициент полезного действия цикла Карно для идеальной тепловой машины:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

где T_1 – температура нагревателя [K]; T_2 – температура холодильника [K].

- Изменение энтропии при равновесном переходе из состояния 1 в состояние 2:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} = \int_1^2 \frac{dU + dA}{T},$$

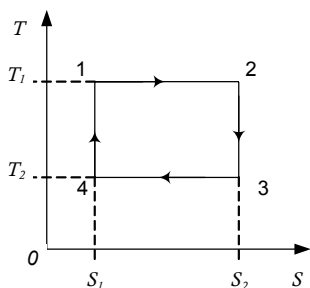
где S_1 и S_2 – значение энтропии в состояниях 1 и 2; ΔS – изменение энтропии в течение обратимого процесса.

- Энтропия – функция состояния S , дифференциал которой:

$$dS = \frac{dQ}{T} = 0,$$

где dQ – бесконечно малое количество теплоты, сообщенное системе в элементарном процессе; T – абсолютная температура системы.

- Цикл Карно:



- 1–2 – изотермическое расширение;
- 2–3 – адиабатное расширение;
- 3–4 – изотермическое сжатие;
- 4–1 – адиабатное сжатие.

- Уравнение Ван-дер-Ваальса для произвольной массы газа:

$$\left(p + \frac{v^2 a}{V^2}\right)\left(\frac{V}{v} - b\right) = RT,$$

где a и b – постоянные величины для данного газа; V – объем газа; v – количество вещества; p – давление газа; T – термодинамическая температура; R – универсальная газовая постоянная.

- Внутренняя энергия 1 моль реального газа:

$$U_m = C_V T - \frac{a}{V_m},$$

где C_V – молярная теплоемкость при постоянном объеме; T – термодинамическая температура; a – постоянная Ван-дер-Ваальса; V_m – молярный объем.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

3.1. Электростатика

- Закон сохранения заряда:

$$\sum_{i=1}^N q_i = \text{const}, \text{ или } q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n = \text{const}$$

- Закон Кулона:

$$F_0 = k_0 \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2},$$

где F_0 – сила взаимодействия двух точечных зарядов q_1 и q_2 в вакууме; r – расстояние между зарядами; коэффициент пропорциональности $k_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$; электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$.

- Диэлектрическая проницаемость среды:

$$\varepsilon = \frac{F_0}{F} ,$$

где F_0 – сила взаимодействия зарядов в вакууме; F – сила взаимодействия зарядов в среде.

- Напряженность электрического поля:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} ,$$

где F – сила действующая на точечный положительный заряд q_0 .

- Напряженность электрического поля точечного заряда q на расстояние r от заряда:

$$E = k_0 \frac{q}{\varepsilon r^2} .$$

где ε – диэлектрическая проницаемость среды; коэффициент

$$k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

пропорциональности

- Потенциал электростатического поля:

$$\varphi = \frac{W}{q_0} \text{ или } \varphi = \frac{A_z}{q_0} .$$

где W – потенциальная энергия заряда q_0 ; A_∞ – работа по перемещению заряда q_0 из данной точки поля в бесконечность.

- Потенциал электрического поля точечного заряда на расстоянии r от заряда:

$$\varphi = k_0 \frac{q}{\epsilon r}.$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость среды; коэффициент

$$k_0 = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

пропорциональности

- Принцип суперпозиции электростатических полей:

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i; \quad \varphi = \sum_{i=1}^N \varphi_i.$$

где E_i, φ_i – соответственно напряженность и потенциал поля, создаваемого зарядом q_i .

- Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля:

$$\vec{E} = -\mathbf{grad} \varphi, \quad \text{или} \quad \vec{E} = -\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial z} \vec{k} \right).$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – единичные вектора координатных осей.

- Поток вектора напряженности через площадку dS :

где E_n – составляющая вектора E по направлению нормали n к площадке.

- Поток вектора напряженности через произвольную поверхность S :
- Поток напряженности через сферическую поверхность S в центре которой имеется точечный заряд q :

$$\Phi_E = q\epsilon \quad .$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная; ϵ – диэлектрическая проницаемость среды.

- Линейная плотность заряда τ , т.е. заряд, приходящийся на единицу длины:

$$\tau = \frac{dq}{dl} \quad .$$

- Поверхностная плотность заряда, т.е. заряд, приходящийся на единицу поверхности:

$$\delta = \frac{dq}{dS} .$$

- Объемная плотность заряда, т.е. заряд, приходящийся на единицу объема:

$$\rho = \frac{dq}{dV} .$$

- Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме:

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^N q_i = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho dV ,$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная; алгебраическая сумма зарядов, заключенных внутри замкнутой поверхности :

$$\sum_{i=1}^N q_i ;$$

N – число зарядов; ρ – объемная плотность зарядов.

- Циркуляция вектора напряженности электростатического поля вдоль замкнутого контура:

$$\oint_L E dl = \int_L E_L dl = 0 ,$$

где E_L – проекция вектора E на направление элементарного перемещения dl . Интегрирование производится по любому замкнутому пути L .

- Работа сил электростатического поля при перемещении заряда q из точки 1 в точку 2:

$$A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2),$$

где φ_1 и φ_2 – потенциалы электростатического поля в точках 1 и 2.

- Емкость уединенного проводника:

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

где q – заряд, сообщаемый проводнику, φ – потенциал проводника.

- Емкость плоского конденсатора:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d},$$

где S – площадь каждой пластины конденсатора; d – расстояние между пластинами.

- Емкость цилиндрического конденсатора:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)},$$

где l – длина обкладок конденсатора; r_1 и r_2 – радиусы полых коаксиальных цилиндров.

- Емкость сферического конденсатора:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}.$$

где r_1 и r_2 – радиусы концентрических сфер.

- Емкость системы конденсаторов при последовательном соединении:

где C_i – емкость i -го конденсатора; N – число конденсаторов.

- Емкость системы конденсаторов при параллельном соединении:

где C_i – емкость i -го конденсатора; N – число конденсаторов.

- Энергия электрического поля заряженного тела:

$$W = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C}.$$

- Энергия поля плоского конденсатора:

$$W = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2 V}{2},$$

где V – объем конденсатора; E – напряженность электростатического поля.

- Удельная энергия электрического поля или объемная плотность энергии:

$$\omega = \frac{W}{V} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2}.$$

3.2. Постоянный электрический ток

- Сила электрического тока:

$$I = \frac{dq}{dt},$$

где dq – количество электрического заряда, проходящего за время dt через поперечное сечение проводника.

- Плотность электрического тока:

$$j = \frac{J}{S},$$

где S – площадь поперечного сечения проводника.

- Плотность тока в проводнике:

$$j = ne\vartheta,$$

где ϑ – скорость упорядоченного движения зарядов в проводнике; n – концентрация зарядов.

- Электродвижущая сила, действующая вдоль всей цепи:

где q_0 – единичный положительный заряд; A – работа сторонних сил; E – напряженность поля сторонних сил.

- Сопротивление проводника:

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

где ρ – удельное электрическое сопротивление; S – площадь поперечного сечения проводника; l – длина проводника.

- Проводимость проводника:

$$G = \frac{1}{R},$$

где R – сопротивление проводника.

- Удельная электрическая проводимость вещества проводника:

$$\gamma = \frac{1}{\rho},$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление проводника.

- Общее сопротивление проводников при последовательном соединении:

$$R = \sum_{i=1}^N R_i.$$

где R_i – сопротивление i -го проводника; N – число проводников.

- Общее сопротивление проводников при параллельном соединении:

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$$

- Зависимость сопротивления проводника от температуры:

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

где α – температурный коэффициент сопротивления.

- Закон Ома для участка цепи:

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

где I – сила тока, текущего по однородному металлическому проводнику; R – сопротивление участка цепи; U – напряжение на концах проводника (напряжение на участке цепи).

- Закон Ома для неоднородного участка цепи:

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon_{1,2}}{R},$$

где $\varepsilon_{1,2}$ – ЭДС источников тока, входящих в участок; разность потенциалов на концах участка цепи $(\varphi_1 - \varphi_2)$.

- Закон Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r},$$

где ε – ЭДС всех источников тока цепи; R – внешнее сопротивление цепи; r – внутреннее сопротивление цепи.

- Закон Ома в дифференциальной форме:

$$j = \gamma E.$$

где $j = \frac{I}{S}$ – плотность тока; $\gamma = \frac{1}{\rho}$ – удельная электрическая проводимость вещества проводника; $E = \frac{U}{l}$ – напряженность электрического поля в проводнике.

- Работа электрического тока за время t :

$$A = JUt = J^2 R t = \frac{U^2}{R} t .$$

- Мощность тока:

$$P = \frac{A}{t} = JU = J^2 R = \frac{U^2}{R} .$$

- Закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме:

$$\omega = jE = \gamma E^2 .$$

где ω – удельная тепловая мощность тока, т.е. количество теплоты выделяющейся за единицу времени в единице объема.

- Правила Кирхгофа для разветвленных цепей:

1 правило: Алгебраическая сумма сил токов, входящих и выходящих из узла, равняется нулю.

$$\sum_{i=1}^N J_i = 0$$

2 правило: Для замкнутого контура алгебраическая сумма сил токов умноженных на сопротивление соответствующего участка контура равна алгебраической сумме ЭДС источников тока, входящих в данный контур.

$$\sum_{i=1}^N J_i R_i = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i$$

3.3. Магнитное поле

- Связь магнитной индукции \mathbf{B} и напряженности магнитного поля \mathbf{H} :

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mu \mathbf{H} .$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$ – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость среды.

- Закон Био – Савара – Лапласа:

$$B = \frac{\mu_0 J \cdot dl \cdot \sin \alpha}{4\pi} ,$$

где B – магнитная индукция поля, создаваемая элементом проводника длиной dl с током I ; r – радиус-вектор, проведенный от dl к точке, в которой определяется магнитная индукция.

- Принцип суперпозиции магнитных полей:

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^N \vec{B}_i .$$

где \vec{B} – магнитная индукция результирующего поля; \vec{B}_i – магнитные индукции складываемых полей.

- Магнитная индукция поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током:

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{2I}{R} = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi R} .$$

где R – расстояние от оси проводника.

- Магнитная индукция в центре кругового проводника с током:

$$B = \mu_0 \mu \frac{I}{2R} .$$

где R – радиус кривизны проводника.

- Закон Ампера:

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

где F_A – сила, действующая на проводнике длиной l с током I , помещенный в магнитное поле с индукцией B ; α – угол между направлением тока в проводнике и направлением силовых линий магнитной индукции.

- Сила взаимодействия двух прямых бесконечных прямолинейных параллельных проводников с током I_1 и I_2 :

$$F = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2}{R} l ,$$

где R – расстояние между проводниками; l – длина проводника.

- Сила Лоренца:

$$F_{\text{л}} = qvB \cdot \sin \alpha ,$$

где $F_{\text{л}}$ – сила, действующая на заряд q , движущийся в магнитном поле со скоростью v ; B – вектор магнитной индукции; α – угол между скоростью движения заряда и направлением силовых линий магнитного поля.

- Магнитная индукция поля внутри соленоида в вакууме, имеющего N витков:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l} .$$

где l – длина соленоида.

- Магнитная индукция поля внутри тороида в вакууме:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi r} .$$

- Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток) через площадку dS :

$$d\Phi = B \cos \alpha \cdot dS = B_n dS ,$$

где B_n – проекция вектора B на направление нормали к площадке.

- Поток вектора магнитной индукции сквозь произвольную поверхность S :

- Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле:

$$dA = I d\Phi .$$

где $d\Phi$ – магнитный поток, который описывает проводник при своем движении через поверхность dS ($d\Phi = B \cos \alpha \cdot dS = B_n dS$).

- Работа по перемещению замкнутого контура с током в магнитном поле:

$$A = J \Delta \Phi ,$$

где $\Delta \Phi$ – изменение магнитного потока, через поверхность S контура при его перемещении.

3.4. Электромагнитная индукция

- Закон Фарадея–Максвелла:

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt} ,$$

где ε_i – ЭДС индукции.

- ЭДС индукции для катушки:

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Psi}{dt} ,$$

где $\Psi = N\Phi$ – поток сцепления катушки; N – число витков в катушке.

- Магнитный поток, создаваемый током I в контуре с индуктивностью L :

- ЭДС самоиндукции:

$$\varepsilon_i = -L \frac{dJ}{dt}.$$

где L – индуктивность контура.

- Индуктивность для кругового витка:

$$L = \frac{\mu_0 \mu \pi R}{2}.$$

- Индуктивность соленоида:

$$L = \frac{\mu_0 \mu N^2 S}{l},$$

где N – число витков соленоида; l – длина соленоида.

- ЭДС взаимной индукции (ЭДС индуцируемая изменением силы тока в соседнем контуре):

$$\varepsilon = -L_{1,2} \frac{dJ}{dt},$$

где $L_{1,2}$ – взаимная индуктивность контуров.

- Взаимная индуктивность двух катушек, намотанных на общий тороидальный сердечник:

$$L_{1,2} = L_{2,1} = \frac{\mu_0 \mu N_1 N_2 S}{l},$$

где N_1 и N_2 – число витков в катушках; μ – магнитная проницаемость среды; l – длина сердечника; S – площадь сердечника.

- Формула трансформатора:

$$\varepsilon_2 = -k\varepsilon_1.$$

где $k = \frac{N_2}{N_1}$ – коэффициент трансформации, показывает во сколько раз ЭДС во вторичной обмотке больше или меньше ЭДС в первичной обмотке. N_1 – число витков в первичной обмотке; N_2 – число витков во вторичной обмотке. Если $k > 1$ – трансформатор повышающий; $k < 1$ – трансформатор понижающий.

- Энергия магнитного поля, создаваемого током в замкнутом контуре индуктивностью L , по которому протекает ток I :

$$W_M = \frac{LJ^2}{2}.$$

- Объемная плотность энергии однородного магнитного поля длинного соленоида:

$$\omega_M = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{BH}{2},$$

где H – напряженность магнитного поля; B – вектор магнитной индукции магнитного поля.

3.5. Магнитные свойства вещества

- Механический орбитальный момент импульса электрона:

$$L = m\vartheta r,$$

где m – масса электрона; ϑ – скорость движения электрона по круговой орбите радиуса r .

- Орбитальный магнитный момент электрона:

$$P_m = \frac{e\vartheta r}{2}.$$

где e – заряд электрона.

- Связь орбитального магнитного и орбитального механического момента электрона:

$$\vec{P}_m = -g\vec{L} = -\frac{e\vec{L}}{2m}.$$

где $g = -\frac{e}{2m}$ – гиромангнитное отношение орбитальных моментов.

- Намагниченность:

$$\vec{J} = \frac{\vec{p}_m}{V} = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{p}_{a_i}}{V} .$$

где магнитный момент магнетика, равный векторной сумме магнитных моментов отдельных молекул:

$$\vec{p}_m = \sum_{i=1}^N \vec{p}_{a_i} .$$

- Связь между намагничённостью и напряжённостью магнитного поля:

$$\vec{J} = \chi \vec{H} ,$$

где χ – магнитная восприимчивость вещества.

- Связь между векторами $\vec{B}, \vec{H}, \vec{J}$:

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}) = \mu_0 \vec{H} (1 + \chi) .$$

где μ_0 – магнитная постоянная.

- Связь между магнитной проницаемостью и магнитной восприимчивостью вещества:

$$\mu = 1 + \chi .$$

- Связь между векторами \vec{B} и \vec{H} :

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H} .$$

где μ – магнитная проницаемость вещества; μ_0 – магнитная постоянная.

- Закон полного тока для магнитного поля в веществе (теорема о циркуляции вектора магнитной индукции \vec{B}):

$$\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \oint_L B_t dl = \mu_0 (J + J').$$

где $d\vec{l}$ – вектор элементарной длины контура, направленный вдоль обхода контура; B_t – составляющая вектора \vec{B} в направлении касательной контура L произвольной формы; J – алгебраическая сумма макротоков (токов проводимости); J' – алгебраическая сумма микротоков (молекулярных токов), охватываемых заданным контуром.

- Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля:

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = J.$$

где J – алгебраическая сумма токов проводимости, охватываемый контуром L .

3.6. Основы теории Максвелла для электромагнитного поля

- Плотность тока смещения:

где D – электрическое смещение; $\varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$ – плотность тока смещения в вакууме; $\frac{\partial P}{\partial t}$ – плотность тока поляризации.

- Полная система уравнений Максвелла в интегральной форме:

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

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \left(\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S} ;$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV ;$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0 .$$

где $D = \varepsilon_0 \varepsilon E$; $B = \mu_0 \mu H$; $j = \gamma E$; ε_0 – электрическая постоянная; μ_0 – магнитная постоянная; ε – диэлектрическая проницаемость среды; μ – магнитная проницаемость вещества.

- Полная система уравнений Максвелла для стационарных полей:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0;$$

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = J;$$

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q;$$

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0.$$

- Полная система уравнений Максвелла в дифференциальной форме:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t};$$

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho;$$

$$\operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t};$$

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0.$$

4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

4.1. Электромагнитные колебания

- Формула Томсона:

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

где T – период собственных колебаний в колебательном контуре без активного сопротивления; L – индуктивность катушки; C – емкость колебательного контура.

- Частота электромагнитных колебаний в контуре:

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

- Дифференциальное уравнение свободных гармоничных колебаний заряда в контуре:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2 q = 0,$$

где $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ – свободная частота колебательного контура.

- Решение дифференциального уравнения свободных гармонических колебаний заряда в контуре:

$$q = q_m \cos(\omega_0 t + \varphi).$$

где q_m – амплитуда колебательного заряда; $(\omega_0 t + \varphi)$ – фаза колебаний; ω_0 – собственная частота колебаний в контуре.

- Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний линейной системы и его решение:

$$\frac{d^2S}{dt^2} + 2\delta \frac{dS}{dt} + \omega_0^2 S = 0 ;$$

$$S = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi) ,$$

где S – колеблющаяся величина, описывающий физический процесс; $\delta = \frac{R}{2L}$ – коэффициент затухания; ω_0 – циклическая частота свободных незатухающих колебаний системы; $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ – частота затухающих колебаний; $A_0 e^{-\delta t}$ – амплитуда затухающих колебаний.

- Декремент затухания:

$$\frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\delta T} .$$

где $A(t)$ и $A(t+T)$ – амплитуды двух последовательных колебаний, соответствующих моментам времени, отличающимся на период.

- Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение для установившихся колебаний:

$$\frac{d^2S}{dt^2} + 2\delta \frac{dS}{dt} + \omega_0^2 S = x_0 \cos \omega t ;$$

$$S = A \cos(\omega t - \varphi) ,$$

где S – колеблющаяся величина, описывающий физический процесс;

$$x_0 = \frac{U_m}{L};$$

$$A = \frac{x_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}},$$

$$\varphi = \text{arctg} \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}.$$

- Резонансная частота:
- Резонансная амплитуда:
- Сдвиг фазы между напряжением и силой тока:

$$\text{tg} \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}.$$

4.2. Электромагнитные волны

- Скорость распространения электромагнитных волн в среде:

где c – скорость распространения света в вакууме; ϵ_0 – электрическая постоянная; μ_0 – магнитная постоянная; ϵ – диэлектрическая проницаемость среды; μ – магнитная проницаемость вещества.

- Связь между мгновенными значениями напряженностей электрического и магнитного поля электромагнитной волны:

$$\sqrt{\epsilon_0 \epsilon} \cdot E = \sqrt{\mu_0 \mu} \cdot H ,$$

где E – мгновенное значение напряженности электрического поля электромагнитной волны; H – мгновенное значение напряженности магнитного поля электромагнитной волны.

- Уравнение плоской электромагнитной волны:

$$E = E_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_0);$$

$$H = H_0 \cos(\omega t - kx + \varphi_0),$$

где E_0 – амплитуда напряженности электрического поля волны; H_0 – амплитуда напряженности магнитного поля волны; ω – круговая частота; $k = \frac{\omega}{v}$ – волновое число; φ_0 – начальная фаза колебаний в точке с координатой $x = 0$.

- Объемная плотность энергии электромагнитного поля:

$$\omega = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}.$$

5. ОПТИКА

5.1. Геометрическая оптика

- Закон отражения:

$$\angle \alpha = \angle \beta,$$

где α – угол падения; β – угол отражения.

- Закон преломления света:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{2,1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

где α – угол падения; γ – угол преломления; v_1 – скорость света в первой среде; v_2 – скорость света во второй среде; n_2 – абсолютный показатель преломления среды; n_1 – абсолютный показатель преломления первой среды; $n_{2,1}$ – относительный показатель преломления второй среды относительно первой.

- Предельный угол полного внутреннего отражения при распространении света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную:

- Оптическая сила тонкой линзы

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} ,$$

где F – фокусное расстояние линзы; $n = \frac{n_2}{n_1}$ – относительный показатель второй среды относительно первой (n_2 и n_1 – абсолютный показатель преломления линзы и окружающей среды); R_1 и R_2 – радиусы кривизны поверхностей ($R < 0$ для выпуклой поверхности; $R > 0$ для вогнутой поверхности); a – расстояние от оптического центра линзы до предмета; b – расстояние от оптического центра линзы до изображения.

- Формула сферического зеркала:

где F – фокусное расстояние зеркала; a – расстояние от зеркала до предмета; b – расстояние от зеркала до изображения; R – радиус кривизны зеркала.

- Энергетическая сила света (сила излучения):

где J – поток излучения источника; ω – телесный угол, в пределах которого это излучение распространяется.

- Энергетическая светимость:

где J_e – световой поток, испускаемый поверхностью; S – площадь этой поверхности.

- Энергетическая яркость (лучистость):

$$B_e = \frac{J_e}{S \cos \varphi},$$

где J_e – сила света; S – площадь поверхности; φ – угол между нормалью к элементу поверхности в направлении наблюдения.

- Освещенность поверхности:

где J_e – световой поток, падающий на поверхность; S – площадь этой поверхности.

5.2. Интерференция света

- Разность фаз двух когерентных волн:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} (l_2 - l_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \Delta l,$$

где $l = S \cdot n$ – оптическая длина пути (S – геометрическая длина пути световой волны в среде; n – показатель преломления среды); $\Delta l = l_2 - l_1$ – оптическая разность хода двух световых волн; λ_0 – длина волны в вакууме.

- Условие интерференционных максимумов:

$$\Delta l = \pm k \lambda_0, \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

- Условие интерференционных минимумов:

$$\Delta l = \pm \frac{(2k + 1)\lambda_0}{2}, \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

- Условия максимумов и минимумов при интерференции света, отраженного от верхней и нижней поверхностей тонкой плоско-параллельной пленки, находящейся в воздухе ($n_0 = 1$):

где b – толщина пленки; n – показатель преломления пленки; φ – угол падения; $\pm \frac{\lambda_0}{2}$ – величина вызванная потерей полуволны при отражении света от границы раздела.

- Радиусы светлых колец Ньютона в отраженном свете (или темных в проходящем свете):

$$r_k = \sqrt{\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda_0 R}, \quad (k = 1, 2, 3, \dots),$$

где k – номер кольца; R – радиус кривизны линзы.

- Радиусы темных колец Ньютона в отраженном свете (или светлых в проходящем свете):

$$r'_k = \sqrt{k\lambda_0 R}, \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots).$$

5.3. Дифракция света

- Радиус внешней границы k -й зоны Френеля для сферической волны:

$$r_k = \sqrt{\frac{kab\lambda}{a+b}},$$

где k – номер зоны Френеля; λ – длина волны; a и b – расстояния диафрагмы с круглым отверстием от точечного источника и от экрана, на котором дифракционная картина наблюдается.

- Условие дифракционного максимума от одной щели, на которую свет падает нормально:

$$a \cdot \sin \varphi = \pm(2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (k = 1, 2, 3, \dots),$$

где a – ширина щели; φ – угол дифракции; k – порядок спектра; λ – длина волны.

- Условие дифракционного минимума от одной щели, на которую свет падает нормально:

$$a \cdot \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda}{2} = \pm k \lambda, \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

- Период дифракционной решетки:

$$d = \frac{1}{N},$$

где N – число штрихов (щелей), приходящихся на единицу длины решетки.

- Разрешающая способность дифракционной решетки:

$$R = kN,$$

где k – порядок спектра; N – общее число штрихов решетки.

- Разрешающая способность объектива:

$$R = \frac{D}{1,22 \cdot \lambda},$$

где D – диаметр объектива; λ – длина волны.

5.4. Поляризация света

- Степень поляризации света:

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}},$$

где I_{\max} и I_{\min} – максимальная и минимальная интенсивность частично поляризованного света, пропускаемого анализатором.

- Закон Малюса:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi,$$

где I – интенсивность прошедшего света через поляризатор; I_0 – интенсивность света, подающего на анализатор; φ – угол между плоскостью поляризатора и анализатора.

- Закон Брюстера:

$$\operatorname{tg} i_B = n_{2,1}.$$

где i_B – угол падения, при котором отраженный от диэлектрика луч является плоскополяризованным; $n_{2,1}$ – относительный показатель преломления.

5.5. Квантовая природа излучения

- Закон Стефана–Больцмана:

$$Re = \delta T^4,$$

где Re – излучательная способность (энергетическая светимость) черного тела; δ – постоянная Стефана–Больцмана; T – термодинамическая температура.

- Связь энергетической светимости Re и спектральной плотности энергетической светимости $r_{\nu,T}(r_{\lambda,T})$ черного тела:

$$Re = \int_0^{\infty} r_{\nu,T} d\nu = \int_0^{\infty} r_{\lambda,T} d\lambda.$$

- Закон смещения Вина:

$$\lambda_{max} = \frac{b}{T}.$$

где λ_{max} – длина волны, соответствующая максимальному значению спектральной плотности энергетической светимости черного тела; $b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$ – постоянная Вина.

- Зависимость максимальной спектральной плотности энергетической светимости черного тела от температуры:

$$(r_{\lambda,T})_{max} = C \cdot T^5,$$

где .

- Энергия кванта:

$$\varepsilon_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda},$$

где $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка; ν – частота света; λ – длина волны света; $c = 3 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$ – скорость света в вакууме.

- Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта:

где $\varepsilon = h\nu$ – энергия фотона, падающего на поверхность металла; A – работа выхода электрона из металла; E_K – кинетическая энергия фотоэлектрона.

- «Красная граница» фотоэффекта:

где λ_0 – максимальная длина волны излучения; ν_0 – минимальная частота, при которой возможен фотоэффект.

- Масса фотона:

$$m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}.$$

- Импульс фотона:

$$p = \frac{h\nu}{c}.$$

- Давление, производимое светом при нормальном падении на поверхность:

$$p = \frac{N h \nu}{c} (1 + \rho) = \omega (1 + \rho),$$

где $N h \nu$ – энергия всех фотонов, падающих на единицу поверхности в единицу времени; ρ – коэффициент отражения; ω – объемная плотность энергии излучения.

6. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ

6.1. Теория атома водорода по Бору

- Формула Бальмера для частот излучения атома водорода:

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где $R = 3,29 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{с}}$ – постоянная Ридберга; ν – частота спектральных линий в спектре атома водорода; m определяет серию ($m = 1; 2; 3, \dots$); n определяет отдельные

линии соответствующей серии
 $(n = m + 1, m + 2, \dots)$: $m = 1$ (серия Лаймана), $m = 2$ (серия Бальмера) $m = 3$ (серия Пашена), $m = 4$ (серия Брэкета), $m = 5$ (серия Пфунда), $m = 6$ (серия Хэмфри).

- Первый постулат Бора:

$$m_e v r_n = n \hbar = n \frac{h}{2\pi},$$

где m_e – масса электрона; v – скорость электрона на n -ой орбите радиусом r_n ; h – постоянная Планка.

- Второй постулат Бора:

$$h\nu = E_n - E_m.$$

где n – номер начальной орбиты; m – номер конечной орбиты; E_n – энергия стационарного состояния атома до излучения (поглощения); E_m – энергия стационарного состояния атома после излучения (поглощения).

- Энергия электрона на n -ой стационарной орбите:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{z^2 m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2},$$

где z – порядковый номер элемента в периодической системе Менделеева; ϵ_0 – электрическая постоянная.

6.2. Элементы квантовой механики

- Импульс частицы:

$$p = \frac{h}{\lambda}.$$

где h – постоянная Планка; λ – длина волны частицы.

- Соотношение неопределенностей Гейзенберга для координаты и импульса частицы:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h;$$

$$\Delta y \cdot \Delta p_y \geq h;$$

$$\Delta z \cdot \Delta p_z \geq h.$$

где $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ – неопределенности координат; $\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z$ – неопределенности соответствующих проекций импульса частицы на оси координат.

- Соотношение неопределенностей для энергии и времени:

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq h.$$

где ΔE – неопределенность энергии; Δt – время пребывания системы в данном состоянии.

- Вероятность обнаружения частицы в объеме dV :

$$dW = |\Psi|^2 \cdot dV ,$$

где Ψ – волновая функция.

- Общее уравнение Шредингера:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \cdot \Delta\Psi + U(x, y, z, t) \cdot \Psi = i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}.$$

где $\hbar = \frac{h}{2\pi}$; h – постоянная Планка; m – масса частицы; $U(x, y, z, t)$ – потенциальная функция частицы в силовом поле; $\Delta\Psi = \frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\Psi}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа; i – мнимая единица.

- Уравнение Шредингера для стационарных состояний:

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \cdot \Psi = 0.$$

где Ψ – волновая функция для стационарного состояния; E – полная энергия частицы в стационарном поле.

- Уравнение Шредингера для гармонического осциллятора:

$$\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \cdot \Psi = 0.$$

где m – масса частицы; ω_0 – собственная частота колебаний осциллятора; x – отклонение от положения равновесия; $\frac{m\omega_0^2 x^2}{2}$ – оператор потенциальной энергии; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ –

постоянная Планка; E – полная энергия осциллятора; Ψ – волновая функция.

- Стационарное уравнение Шредингера для электрона в атоме водорода:

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E + \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \cdot \Psi = 0,$$

где e – элементарный заряд; m – масса частицы; E – полная энергия электрона в атоме; $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – оператор Лапласа; Ψ – волновая функция.

6.3. Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц

- Энергия связи:

где c – скорость света в вакууме; дефект массы ядра атома – $\Delta m_{\text{я}} = [m_p z + m_n (A - z)] - m_{\text{я}}$; m_p – масса протона; m_n – масса нейтрона; z – число протонов в ядре атома; $(A - z)$ – число нейтронов в ядре атома.

- Удельная энергия связи, т.е. энергия приходящаяся на один нуклон:

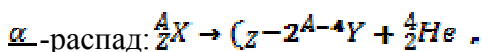
- Уравнение радиоактивного распада:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \text{ или } N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} .$$

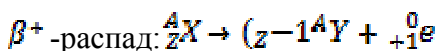
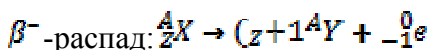
где N_0 – начальное число радиоактивных ядер; N – число радиоактивных ядер, оставшихся к моменту времени t ; λ – постоянная радиоактивного распада; T – период полураспада

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} .$$

- Правила смещения:



где A – массовое число материнского ядра; Z – зарядовое число материнского ядра; ${}_Z^AX$ – материнское ядро; Y – дочернее ядро.



- Электронный захват:



где ${}_0^0\nu_e$ – нейтрино.

7. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Классификация элементарных частиц

Группы частиц	Название частицы	Символ		Заряд, ед. e	Масса, ед. m_e	Спин, ед. \hbar	Изоспин, I	Лептонное число, L	Барионное число, B		
		частицы	античастицы								
Фотоны	Фотон	γ		0	0	1	—	0	0		
Лептоны	Электрон	e^-	e^+	1	1	1/2	—	+1	0		
	Электронное нейтрино	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	1/2	—	+1	0		
	Мюон	μ^-	μ^+	1	206,8	1/2	—	+1	0		
	Мюонное нейтрино	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	1/2	—	+1	0		
	Тау-лептон	τ^-	τ^+	1	3487	1/2	—	+	0		
	Таонное нейтрино	ν_τ	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	1/2	—	+1	0		
Адроны	Мезоны	Пи-мезоны		π^0		0	264,1	0	1	0	0
			π^+	π^-	1	273,1	0	1	0	0	
		Ка-мезоны	K^0	\bar{K}^0	0	974,0	0	1/2	0	0	
			K^+	K^-	1	966,2	0	1/2	0	0	
	Эта-мезон	η^0		0	1074	0	—	0	0		
	Барионы	Протон	p	\bar{p}	1	1836,2	1/2	1/2	0	+1	
		Нейтрон	n	\bar{n}	0	1838,7	1/2	1/2	0	+1	
		Гипероны:									
		лямбда	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	0	2183	1/2	0	0	+1	
		сигма	Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	0	2334	1/2	1	0	+1	
			Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	1	2328	1/2	1	0	+1	
			Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	1	2343	1/2	1	0	+1	
		кси	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	0	2573	1/2	1/2	0	+1	
			Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	1	2586	1/2	1/2	0	+1	
омега		Ω^-	$\bar{\omega}^-$	1	3273	1/2	0	0	+1		

Построение некоторых мезонов и барионов из кварков

Мезоны		Барионы	
Каждый мезон строится из одного кварка и одного антикварка		Каждый барион строится из трех кварков	
Частица	Состав	Частица	Состав
π^+	$u\bar{d}$	p	uud
π^-	$\bar{u}d$	\bar{p}	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$
K^+	$u\bar{s}$	n	udd
K^-	$\bar{u}s$	\bar{n}	$\bar{u}\bar{d}\bar{d}$
K^0	$d\bar{s}$	Σ^+	uus
\bar{K}^0	$\bar{d}s$	Σ^-	dds

8. ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова, Т.И. Физика в таблицах и формулах : учебное пособие для студентов вузов – М.: Дрофа, 2004. – 432 с.
2. Вафин, Д.Б. Физика, Часть 1 : учебное пособие. – 2-е изд., дополнен./ Д.Б. Вафин. – Казань: изд-во МОиН РТ, 2010. – 316 с.
3. Вафин, Д.Б. Физика, Часть 2 : учебное пособие. – 2-е изд., дополнен./ Д.Б. Вафин. – Казань: изд-во МОиН РТ, 2011. – 460 с.: ил.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	
1.1. Кинематика.....	3
1.2. Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела.....	6
1.3. Работа, мощность, энергия	8
1.4. Тяготение. Элементы теории поля	10
1.5. Механика твердого тела	12
1.6. Механические колебания и волны	16
1.7. Элементы механики жидкостей.....	19
1.8. Элементы специальной теории относительности	22
4. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКА	
2.1. Молекулярно–кинетическая теория идеальных газов.....	25
2.2. Термодинамика.....	32
3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО	
3.1. Электростатика.....	38
3.2. Постоянный электрический ток.....	45
3.3. Магнитное поле.....	50
3.4. Электромагнитная индукция.....	54
3.5. Магнитные свойства вещества.....	57
3.6. Основы теории Максвелла для электромагнитного поля...59	
4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	
4.1. Электромагнитные колебания.....	61
4.2. Электромагнитные волны.....	64
5. ОПТИКА	
5.1. Геометрическая оптика.....	66
5.2. Интерференция света.....	68
5.3. Дифракция света.....	70
5.4. Поляризация света.....	72
5.5. Квантовая природа излучения.....	73
6. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ ФИЗИКИ	
6.1. Теория атома водорода по Бору.....	75
6.2. Элементы квантовой механики.....	76
6.3. Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц..79	

7. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Классификация элементарных частиц.....	79
Приложение 2. Построение некоторых мезонов и барионов из кварков.....	80
8. ЛИТЕРАТУРА.....	81

Справочное издание

Яковлева Елена Владимировна
доктор педагогических наук, доцент

**ФИЗИКА.
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И
ФОРМУЛЫ**

СПРАВОЧНИК ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ.редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 5.09.2013
Подписано в печать 9.10.2013
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Усл.печ.л.5,25. Тираж 100.
Заказ №43.

НХТИ (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ»,
г. Нижнекамск, 423570, ул.30 лет Победы, д.5а.