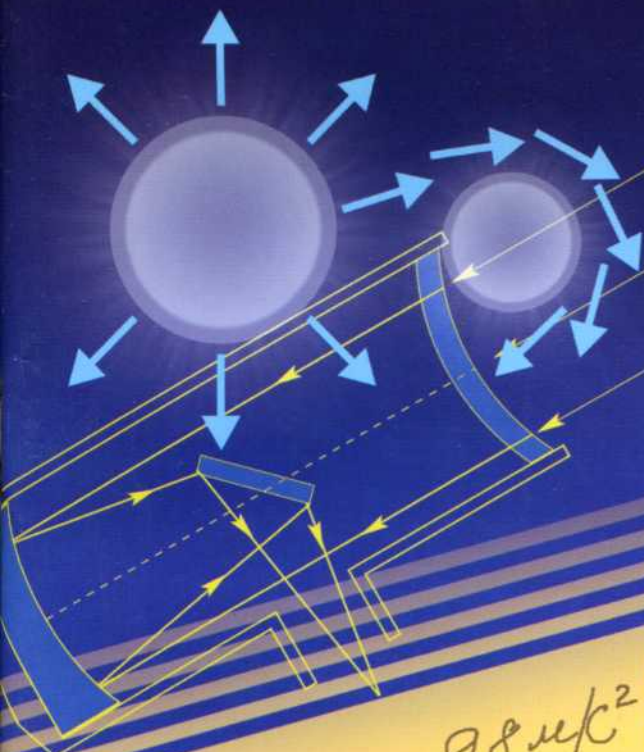


Шпаргалка по физике



$$S = vt$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

$$E = mc^2$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

ение сил, приложенных к телу согласно правилам

$$\vec{F}_2$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$F = F_1 + F_2$$

$$\vec{F}$$

$$\vec{F}_1$$


$$\vec{F}$$

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Второй закон

ние, сообщаемое телу силой, обратно пропорционально массе тела.

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \text{ или } a = \frac{F}{m}$$

зления силы и ускорения. В системе СИ: $[F] = \text{Н} = \text{кг} \cdot \text{м/с}^2$. Ньюто́н — это такая сила, которая сообщает телу массой 1 кг ускорение 1 м/с².

Третий закон Ньютона

возникающие при взаимодействии двух тел, противоположны по направлению и равны по величине: $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$.

Серия «Библиотека школьника»

С.Г. ХОРОШАВИНА

Шпаргалка

ПО ФИЗИКЕ

Издание девятое

Ростов-на-Дону
«Феникс»
2012

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72
КТК 444
Х82

Хорошавина С.Г.

Х82 Шпаргалка по физике / С. Г. Хорошавина. — Изд. 9-е. — Ростов н/Д: Феникс, 2012. — 55, [7] с. : ил. — (Библиотека школьника).

ISBN 978-5-222-18730-2

«Шпаргалка по физике» предназначена в помощь абитуриентам при их подготовке к экзаменам в вуз и к централизованному тестированию. Она составлена в соответствии с программой по физике для поступающих в вузы с учетом дополнений к ней.

Является кратким справочником, содержащим основные законы, формулы, положения, которые необходимо знать абитуриенту для того, чтобы успешно пройти испытания по физике для зачисления в вуз. Здесь также приведены основные обозначения физических величин, их размерности, единицы системы СИ, основные физические константы.

Даны рисунки, которые позволяют наглядно представить предлагаемый материал и помочь в его освоении и запоминании.

ISBN 978-5-222-18730-2

УДК 373.167.1:53
ББК 22.3я72

© Хорошавина С.Г., 2011
© Оформление: ООО «Феникс», 2011

БУКВЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ ВЕЛИЧИН

Латинские буквы

Прописные: *A, B, C, D, E, F, K, L, M, N* и т.д. – для обозначения точек, вершин геометрических фигур и т.п. *A* также: *A* – работа; *B* – магнитная индукция; *C* – емкость конденсатора; *D* – оптическая сила; *E* – напряженность электрического поля, энергия (в электростатике W); *F* – сила, фокусное расстояние линзы, постоянная Фарадея; *K* – Кельвин, кинетическая энергия; *G* – гравитационная постоянная; *H* – высота, напряженность магнитного поля; *I* – сила электрического тока; *L* – индуктивность, длина; *M* – масса, молярная масса; *N* – мощность, сила реакции опоры, число; *O* – центр; *P* – мощность в электродинамике; *Q* – заряд, количество теплоты; *R* – универсальная газовая постоянная, радиус, электрическое сопротивление; *S* – площадь; *T* – период, температура по Кельвину, натяжение нити; *U* – напряжение, внутренняя энергия; *V* – объем; *X* – ось абсцисс; *Y* – ось ординат.

Строчные: *a* – ускорение, длина; *b* – длина; *c* – скорость света, удельная теплоемкость; *d* – расстояние от предмета до линзы, диаметр; *e* – заряд электрона; *f* – расстояние от линзы до изображения; *g* – ускорение свободного падения; *h* – высота, постоянная Планка; *i, j* – индексы величин в знаках суммы Σ , обозначения углов, плотность тока; *k* – коэффициент упругости, жесткость пружины, постоянная Больцмана; *l* – длина, путь; *m* – масса; m_e – масса электрона, m_p – масса протона, m_n – масса нейтрона; *n* – нормаль, число, показатель преломления; *p* – давление, импульс; *q* – заряд; *r* – радиус, удельная теплота парообразования; *s* – путь, перемещение; *t* – время; $t^\circ\text{C}$ – температура по Цельсию; *v* – скорость.

Греческие буквы

Прописные: Δ (дельта) – для обозначения разности:

$\Delta E, \Delta T, \Delta t$ и т.д.

Строчные: α – (альфа), β – (бета), γ – (гамма), θ – (тета), φ – (фи) и др. – для обозначения углов (θ – температура, установившаяся в результате теплообмена; крайний угол; φ – угловой путь); ϵ – (эпсилон) – диэлектрическая проницаемость; ϵ_0 – электрическая постоянная; η – (эта) – коэффициент полезного действия; λ – (лямбда) – длина волны, удельная теплота плавления; μ – (мю) – коэффициент трения, магнитная проницаемость; μ_0 – магнитная постоянная; ν – (ню) – частота; π – (пи) – число 3,14; ρ – (ро) – плотность, удельное сопротивление; σ – (сигма) – коэффициент поверхностного натяжения, поверхностная плотность заряда, напряжение, возникающее в материале; τ – (тау) – время; ω – (омега) – круговая или циклическая частота, угловая скорость; χ – (хи) – химический эквивалент.

Русские буквы

Прописные: А, Б, В, Г и т.д. – для обозначения точек.

Единицы величин: А – Ампер; В – Вольт; Дж – Джоуль; Вт – Ватт; Гц – Герц; К – Кельвин; Кл – Кулон; Гн – Генри; Н – Ньютон; Па – Паскаль; Ф – Фарада; Тл – Тесла; Ом.

Строчные:

Единицы величин: кг – масса; с – секунда; м – метр; см – сантиметр; км – километр; рад – радиан; т – тонна; мин – минута; ч – час; л – литр; эВ – электрон-Вольт; кВт·ч – киловатт-час.

Приставки: с – санти (см), к – кило (км), м – милли (мм), М – Мега (МВ, МДж), мк – микро (мкм), н – нано (нм), пк – пико (пкФ); Г – Гига (ГГц).

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

1) Внимательно прочитать условие задачи, уяснить, какой физический процесс или явление в ней описывается.

2) Полностью записать условие задачи в столбик, необходимые константы и сформулировать вопрос задачи, при этом помнить, что если в задаче спрашивается:

- как изменится искомая величина, то вопрос представляется в виде отношения: $\frac{X_2}{X_1} = ?$ и после получения ответа записывается,

какая величина больше и во сколько раз: $X_2 = 3X_1$;

- на сколько изменится искомая величина, вопрос записывается: $\Delta X = ?$

3) Перевести данные в систему СИ.

4) Сделать сопроводительный чертеж или схему, поясняющие задачу.

5) Начать решать задачу можно:

- с вопроса задачи;
- с записи основного закона, которому посвящена данная задача;
- если в задаче дан КПД, то с записи КПД.

6) Используя физические законы и формулы, решить задачу в общем виде, не делая промежуточных вычислений, т. е. получить конечную формулу в буквенном выражении.

7) Проверить правильность полученной формулы с помощью размерностей; подставить в полученную формулу единицы измерения всех входящих в нее величин в системе СИ; произвести над ними соответствующие действия и получить правильную единицу измерения искомой величины.

8) Подставить в полученную формулу значения всех заданных величин, выраженных в системе СИ, произвести расчет, используя калькулятор, которым разрешается пользоваться на экзамене по физике.

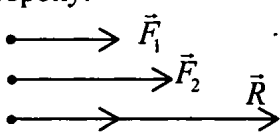
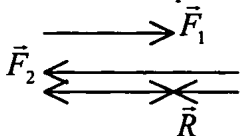
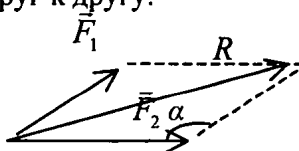
9) Оценить ответ на физическую реальность.

10) Точность полученного результата не должна превышать точности исходных данных задачи.

ВЕКТОРЫ

<p>Вектор – это величина, определяемая не только численным значением, но и направлением в пространстве, например сила \vec{F}, скорость \vec{v}, ускорение \vec{a} и т.д.</p>	<p>Скаляр – это величина, определяемая только численным значением, например время t, масса m, путь l</p>
---	--

Действия с векторами

<p style="text-align: center;">Сложение векторов</p> <p>а) векторы направлены в одну сторону:</p>  <p style="text-align: center;"><i>Рис. 1</i></p>	<p>В векторном виде результирующий вектор:</p> $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2;$ <p>в скалярном виде:</p> $R = F_1 + F_2$
<p>б) векторы направлены в противоположные стороны:</p>  <p style="text-align: center;"><i>Рис. 2</i></p>	<p>в векторном виде:</p> $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2;$ <p>в скалярном виде:</p> $R = F_2 - F_1$
<p>в) векторы направлены под углом друг к другу:</p>  <p style="text-align: center;"><i>Рис. 3</i></p> <p>Сложение осуществляется по правилу параллелограмма или треугольника</p>	<p>В векторном виде результирующий вектор:</p> $\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ <p>В скалярном виде для нахождения R необходимо воспользоваться <i>теоремой косинусов</i></p>

Теорема косинусов:

квадрат стороны, лежащей против тупого угла, равен сумме квадратов двух других сторон без удвоенного произведения этих сторон на косинус угла между ними:

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos\alpha,$$

где α — тупой угол между вектором \vec{F}_1 и перенесенным в конец вектора \vec{F}_1 вектором \vec{F}_2 (рис. 3)

В случае, если угол $\alpha = 90^\circ$, $\cos\alpha = 0$ и теорема косинусов превращается в **теорему Пифагора**:

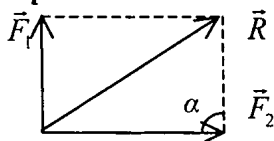


Рис. 4.

Теорема Пифагора:

квадрат гипотенузы равен сумме квадратов катетов:

$$R^2 = F_1^2 + F_2^2$$

Разложение вектора на составляющие

Осуществляется по правилу параллелограмма, в котором разлагаемый вектор является диагональю, а результирующие векторы — сторонами:

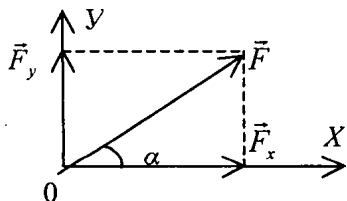


Рис. 5

Разложение вектора \vec{F} на составляющие по координатным осям X и Y дает два вектора: \vec{F}_x и \vec{F}_y , модули которых:

$$F_x = F\cos\alpha;$$

$$F_y = F\sin\alpha.$$

Проекции векторов на оси
Проекции векторов на оси
всегда скаляры:

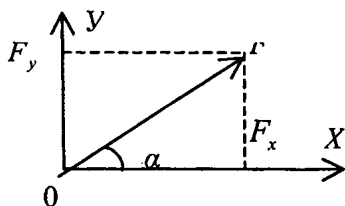


Рис. 6

$$F_x = F \cos \alpha;$$

$$F_y = F \sin \alpha.$$

Если направление вектора совпадает с направлением оси, проекция положительна, если нет – отрицательна

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ

МЕХАНИКА

МЕХАНИКА – раздел физики, изучающий механическое движение. Она содержит три раздела.

- **Кинематика** – раздел механики, изучающий механическое движение без учета причин, это движение вызвавших. Здесь не рассматриваются ни действующие силы, ни действующие массы.
- **Динамика** – раздел механики, изучающий механическое движение с учетом причин, это движение вызвавших. Здесь рассматриваются действующие силы и действующие массы.
- **Статика** – раздел механики, изучающий равновесие тел.

Кинематика

<p>Абсолютно твердое тело – это тело, взаимное расположение частиц которого при движении не меняется</p>	<p>Материальной точкой называется тело, размерами которого <i>в данной задаче</i> можно пренебречь</p>
<p>Система отсчета – это совокупность тела отсчета, системы координат и способа измерения времени</p>	<p>Тело отсчета – это тело, <i>условно</i> принятое за неподвижное</p>
<p>Траектория – это линия, вдоль которой движется тело</p>	<p>Поступательным называется движение, при котором все точки тела движутся по одинаковым траекториям</p>
<p>Пройденный путь l – это скалярная величина, численно равная длине траектории, пройденной телом за данный промежуток времени</p>	<p>Перемещение \vec{s} – вектор, соединяющий начало и конец движения</p>
<p>Скорость – векторная величина, характеризующая направление и быстроту перемещения материальной точки:</p> $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}, [v] = \frac{m}{c}.$	<p>Ускорение – векторная величина, характеризующая направление и быстроту изменения скорости:</p> $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, [a] = \frac{m}{c^2}.$

**Равномерное
прямолинейное
движение**

это движение с постоянной по модулю и направлению скоростью:

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

$$\vec{s} = \vec{v}t, s_x = v_x t,$$

$$s = vt; l = vt;$$

$$x = x_0 + vt,$$

$$v_{cp} = \frac{l_{общ}}{t_{общ}}$$

Равноускоренное прямолинейное движение –

движение с постоянным по модулю и направлению ускорением:

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

$$a = \frac{v_t - v_0}{t},$$

$$\vec{v}_t = \vec{v}_0 + \vec{a}t; v_{tx} = v_{0x} + a_x t;$$

$$v_t = v_0 + at;$$

$$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}; s_x = v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2};$$

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}; x = x_0 + s_x = x_0 + v_0 t \pm \frac{at^2}{2},$$

$$v_t^2 - v_0^2 = \pm 2as$$

Графическое изображение равномерного движения

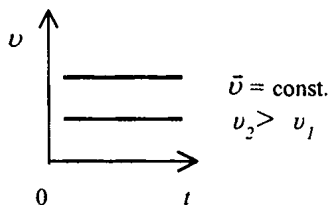


Рис. 7

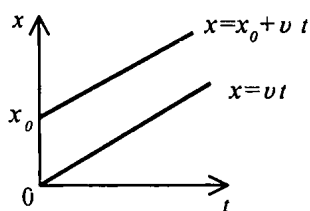


Рис. 8

Графическое изображение равноускоренного движения

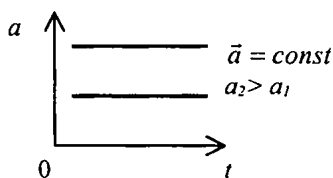


Рис. 9

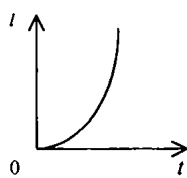
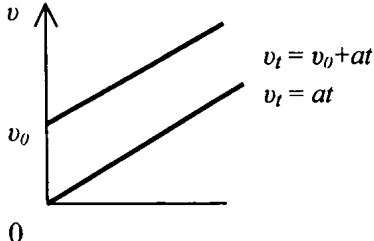
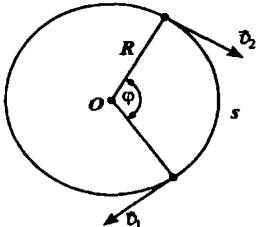


Рис. 10

 <p style="text-align: right;"> $v_t = v_0 + at$ $v_t = at$ </p>	$l = v_0 t + \frac{at^2}{2}$
<p style="text-align: center;">Рис. 11.</p>  <p style="text-align: center;">Рис. 12</p>	$S_{\text{трап}} = \frac{v_0 + v_t}{2} t = l \Rightarrow$ <p>по графику скорости можно определить путь, рассчитав площадь фигуры, образовавшейся между графиком скорости и осью времени</p>

Равномерное движение по окружности

<p>Частота</p> $\nu = \frac{n}{t},$ $T\nu = 1$	<p>Угловая скорость</p> $\omega = \frac{\varphi}{t},$ $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$	<p>Линейная скорость</p> $\nu = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \nu = \omega R$
<p>Центростремительное ускорение</p> $a_{\text{ц}} = \frac{\nu^2}{R}, \quad a_{\text{ц}} = \omega^2 R,$ $a_{\text{ц}} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \quad a_{\text{ц}} = 4\pi^2 R \nu^2$	 <p style="text-align: center;">Рис. 13</p>	

<p>Закон сложения скоростей: скорость \vec{v} движения тела относительно неподвижной системы отсчета равна векторной сумме скорости \vec{v}_1 тела относительно неподвижной системы отсчета и скорости \vec{v}_2 самой подвижной системы относительно неподвижной</p>	<p>Принцип независимости движений: если тело одновременно участвует в двух движениях, то результирующее перемещение равно векторной сумме перемещений: $\vec{s} = \vec{s}_1 + \vec{s}_2$</p>
--	--

Свободное падение — это движение в безвоздушном пространстве под действием силы тяжести с ускорением свободного падения $g = 9,8 \frac{M}{c^2}$, ($g \approx 10 \frac{M}{c^2}$), направленным к земле.

Равноускоренное движение	Свободное падение $v_0 = 0, a \Rightarrow g;$ $s \Rightarrow h$	Движение тела, брошенного вертикально вверх \uparrow
$a = \frac{v_t - v_0}{t},$ $v_t = v_0 + at,$ $s = v_0 t \pm \frac{at^2}{2},$ $v_t^2 - v_0^2 = \pm 2as$	$g = \frac{v_t}{t},$ $v_t = gt,$ $h = \frac{gt^2}{2},$ $v_t^2 = 2gh,$ $h_{\max} = \frac{v_t^2}{2g}$	$-g = -\frac{v_0}{t},$ $-v_0 = -gt,$ $h = v_0 t - \frac{gt^2}{2},$ $-v_0^2 = -2gh,$ $h_{\max} = \frac{v_0^2}{2g}$

$$v_t \downarrow = v_0 \uparrow ; t \downarrow = t \uparrow$$

Движение тела, брошенного горизонтально

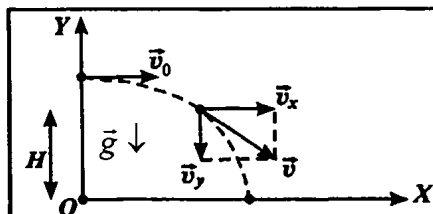


Рис. 14

1) по горизонтали:

$$\vec{v}_0 = \text{const} \Rightarrow s = v_0 t;$$

2) по вертикали:

$$H = -\frac{gt^2}{2}.$$

В любой точке траектории:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2},$$

где $v_x = v_0$, $v_y = gt$

Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Это криволинейное движение, траектория которого – парабола, имеющая восходящую и нисходящую ветви:

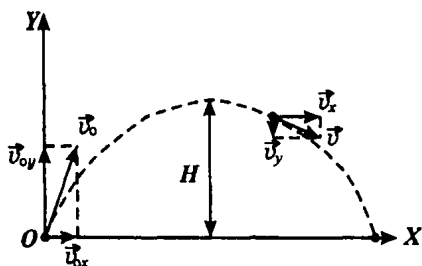


Рис. 15

Исходя из принципа независимости движений, сложное движение по параболе можно разложить на два простых:

1) по горизонтали:

$$\vec{v}_{0x} = \text{const} \Rightarrow$$

$$s = v_{0x} t;$$

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha;$$

2) по вертикали:

$$v_{0y} = v_0 \sin \alpha;$$

$$h = v_{0y} t - \frac{gt^2}{2}$$

3) в момент падения:

$$h = 0 \Rightarrow$$

$$t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

4) учитывая, что обе ветви параболы одинаковы:

$$t_{\text{под}} = t_{\text{сп}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \Rightarrow$$

$$h_{\text{max}} = H = \frac{gt_{\text{сп}}^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

<p>Пути, проходимые телом, движущимся с ускорением, в равные, последовательные промежутки времени, пропорциональны ряду нечетных чисел: $s_1 : s_2 : s_3 : \dots : s_n =$ $= 1 : 3 : 5 : \dots : (2n-1)$</p>	<p>Путь, проходимый телом в первую секунду падения: $h = \frac{gt^2}{2} = \frac{9,8}{2} \text{ м} = 4,9 \text{ м} \approx 5 \text{ м}$</p>
--	--

Динамика

Сила – это векторная величина, характеризующая действие одного тела на другое и сообщающая ускорение или деформацию последнему.

Масса тела – это мера его инертности и гравитации.

Инертность (бездействие) характеризует способность тел сохранять свое предыдущее состояние.

<p>Первый закон Ньютона</p> $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0 \Rightarrow \vec{v} = const, \Rightarrow \vec{a} = 0$	<p>Второй закон Ньютона</p> $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$
<p>Второй закон Ньютона в проекциях на оси OX, OY, OZ: $F_x = ma_x; F_y = ma_y; F_z = ma_z$</p>	
<p>Основное уравнение динамики</p> $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$	<p>Третий закон Ньютона</p> $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$

Наклонная плоскость

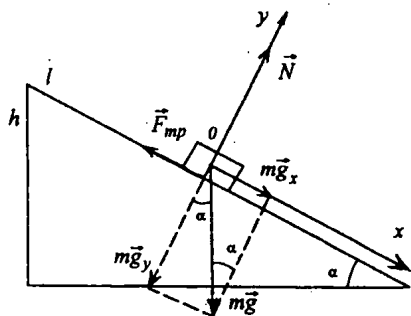


Рис. 16

В векторном виде:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{mp};$$

в скалярном виде в проекциях на оси:

$$OY: 0 = N - mg_y,$$

$$mg_y = mg \cos \alpha \Rightarrow$$

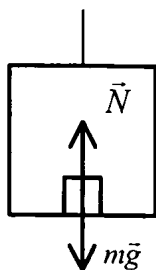
$$N = mg \cos \alpha;$$

$$OX: ma = mg_x - F_{mp};$$

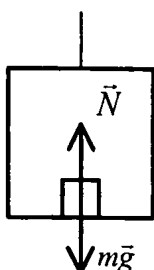
$$mg_x = mg \sin \alpha;$$

$$F_{mp} = \mu mg_y = \mu mg \cos \alpha$$

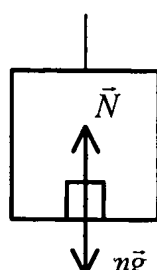
Движение тела в лифте



$$\uparrow \downarrow \vec{v} = const$$



$$\uparrow \vec{a} = const$$



$$\downarrow \vec{a} = const$$

Рис. 17

$$mg = N \Rightarrow$$

$$P = N = mg$$

$$m\vec{a} = N + m\vec{g}$$

$$ma = N - mg \Rightarrow$$

$$N = m(g + a) \Rightarrow$$

$$P = N > mg \text{ —}$$

перегрузка

$$m\vec{a} = N + m\vec{g}$$

$$ma = mg - N \Rightarrow$$

$$N = m(g - a) \Rightarrow$$

$$P = N < mg \Rightarrow$$

$$\text{Если } a = g \Rightarrow$$

$$N = 0 \text{ —}$$

невесомость

Движение по выпуклому и вогнутому мостам

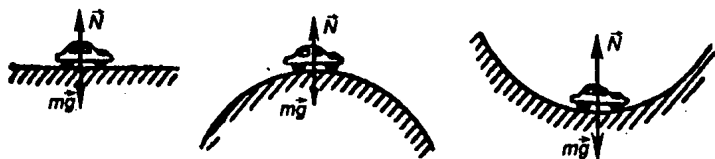


Рис. 18

$mg = N \Rightarrow$ $P = N = mg$	$m\vec{a}_y = \vec{N} + m\vec{g}$ $ma_y = mg - N \Rightarrow$ $N = m(g - a_y) \Rightarrow$ $P = N < mg.$ Если $a_y = g \Rightarrow$ $N = 0$ – невесомость	$m\vec{a}_y = \vec{N} + m\vec{g}$ $ma_y = mg + N \Rightarrow$ $N = m(g + a_y) \Rightarrow$ $P = N > mg$
Закон всемирного тяготения $mg = G \frac{mM}{R^2}$	Вес тела на высоте $mg_h = G \frac{mM}{(R+h)^2}$	Вес тела при опускании в шахту $mg_{h\downarrow} = G \frac{m\rho 4\pi R}{3}$
Закон Гука $\sigma = E\varepsilon,$ $F_{упр} = -kx$	Напряжение материала $\sigma = \frac{F}{S}$	Относительная деформация $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l},$ $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} 100\%$

Виды деформации:

- продольного растяжения;
- продольного сжатия;
- всестороннего сжатия;
- поперечного изгиба

- продольного изгиба;
- сдвига;
- кручения.

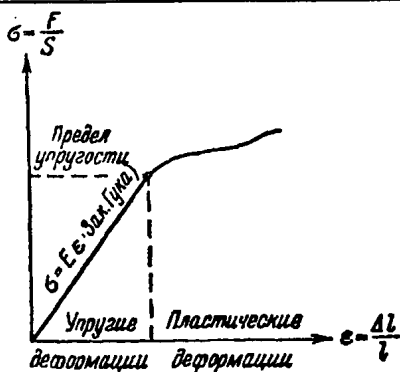


Рис. 19

Импульс тела

$$m\vec{v}$$

Импульс силы

$$\vec{F}t$$

Сила трения

$$F_{\text{тр}} = \mu N, 0 < \mu < 1$$

Закон сохранения импульса

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m\vec{v}_n = \text{const}$$

Второй закон Ньютона

$$\vec{F}\Delta t = \Delta(m\vec{v})$$

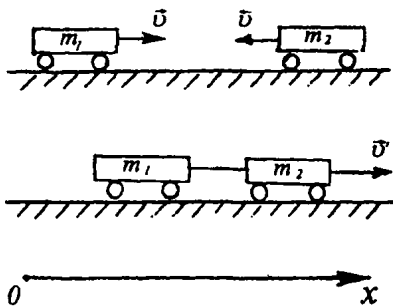


Рис. 20

В векторной форме (рис. 20):

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}'$$

в скалярной форме с учетом знаков проекций на выбранную ось OX:

$$m_1v_1 - m_2v_2 = (m_1 + m_2)v$$

Первая космическая скорость

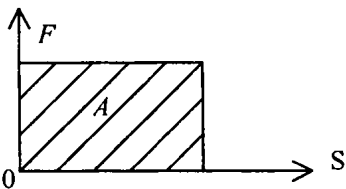
$$v_I = \sqrt{gR}; v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Вторая космическая скорость

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2gR}$$

Движение спутника будет:

- если $v < v_I$ – тело упадет на Землю;
- если $v_I \leq v < v_{II}$ – становится искусственным спутником Земли и движется в случае равенства $v = v_I$ по окружности, а в случае $v_I > v$ – по эллипсу;
- если $v \geq v_{II}$ – тело преодолевает земное тяготение и уходит в космическое пространство по параболе или гиперболе ($v > v_{II}$)

Механическая работа $A = (\vec{F} \cdot \vec{s}) = Fscos\alpha$	Мощность $N = \frac{A}{t} = F_{тяги}v_{ср}$	$A = -\left(\frac{kx^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$
<p><i>Работа положительна, если $\angle \alpha$ между векторами силы F и перемещения s равен нулю $\Rightarrow \cos\alpha = 1 \Rightarrow A = Fs > 0$</i></p>	<p><i>Работа отрицательна, если $\angle \alpha = 180^\circ \Rightarrow \cos\alpha = -1 \Rightarrow A = -Fs < 0$: <i>работа силы трения всегда отрицательна</i></i></p>	
 <p style="text-align: center;">Рис. 21</p> <p><i>Работа численно равна площади под графиком зависимости между силой и перемещением</i></p>	<p><i>Работа равна нулю, если $\angle \alpha = 90^\circ \Rightarrow \cos\alpha = 0 \Rightarrow A_{mg} = 0 \Rightarrow$ <i>Работа силы тяжести при горизонтальном перемещении тела равна 0</i></i></p>	
<p><i>Консервативными</i> называются силы, работа которых не зависит от вида траектории, а определяется только начальным и конечным положениями тела</p>	<p><i>Работа консервативных сил по замкнутому контуру равна нулю</i></p>	

<p>Потенциальная энергия $E_n = mgh,$ $E_n = \frac{kx^2}{2}$</p>	<p>Закон сохранения механической энергии $E = E_k + E_n = const$</p>	<p>Кинетическая энергия $E_k = \frac{mv^2}{2}$</p>
<p>КПД $\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} 100\%, \eta = \frac{N_{пол}}{N_{затр}} 100\%$</p>		<p>$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$</p>

Статика

<p>Равновесие – это сохранение телом состояния покоя или равномерного прямолинейного его движения с течением времени</p>	<p>Центр масс – это точка пересечения прямых, вдоль которых направлены силы, вызывающие только поступательное движение тела</p>
<p>Виды равновесия:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>устойчивое равновесие</i> – потенциальная энергия минимальна; • <i>неустойчивое равновесие</i> – потенциальная энергия минимальна; • <i>безразличное равновесие</i> – потенциальная энергия постоянна 	<p>Первое условие равновесия:</p> $\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0; \Rightarrow$ $\sum_{i=1}^n F_x = 0; \sum_{i=1}^n F_y = 0; \sum_{i=1}^n F_z = 0$ <p>Второе условие равновесия:</p> $\sum_{i=1}^n M_i = 0; \Rightarrow$ $\sum_{i=1}^n M_x = 0; \sum_{i=1}^n M_y = 0; \sum_{i=1}^n M_z = 0$
<p>Правило моментов $F_1 l_1 = F_2 l_2$</p>	<p>Момент силы – мера вращательного движения тела: $M = Fl$</p>

Плечо силы – кратчайшее расстояние от *линии* действия силы до оси вращения.

Моменты, вращающие тело по часовой стрелке, считаются *отрицательными* (как и углы в геометрии), по часовой стрелке – *положительными*

Устойчивость

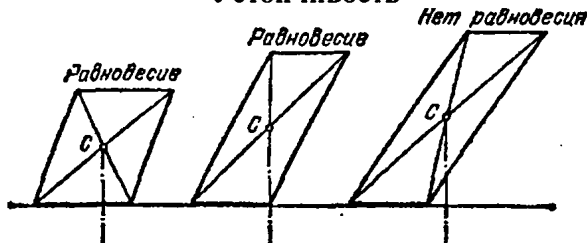


Рис. 22

Тело, опирающееся на горизонтальную плоскость, находится в равновесии; если вертикаль, проведенная через центр масс тела, проходит *внутри* (или по границе) *площади опоры* (равновесие устойчивое)

Устойчивость тела тем выше, чем:

- больше вес тела;
- больше площадь опоры;
- ниже приложена опрокидывающая сила

Суперпозиция сил – объединение составляющих в равнодействующую. Если на тело действуют несколько сил, их можно свести к одной *равнодействующей*

Для *сил, приложенных в одной точке*, суперпозиция означает операцию геометрического сложения, т.е. *сложения векторов по правилу параллелограмма*:

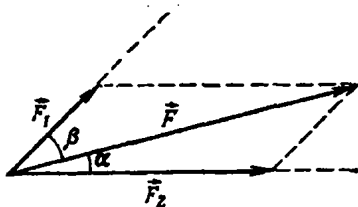


Рис. 23

Разложения силы на две взаимно – перпендикулярные составляющие

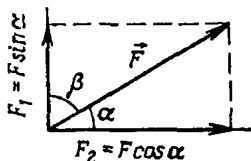


Рис. 24

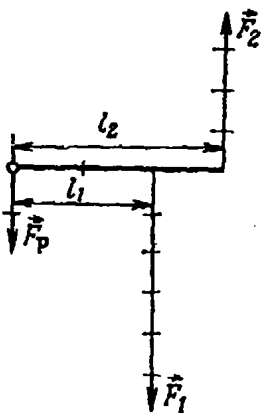


Рис. 26

Равнодействующая двух параллельных сил, направленных в одну сторону:

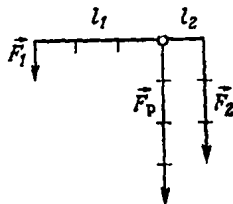


Рис. 25

- равна их сумме;
- направлена в ту же сторону;
- находится между силами;
- делит отрезок, соединяющий эти силы, на части, обратно пропорциональные силам:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$$

Если силы *антипараллельны*, то равнодействующая определяется так же, но ее точка приложения находится не между точками приложения данных сил, а по одну сторону от них (рис. 26)

Для сложения сил, *приложенных к разным точкам*, силы перемещают вдоль линии их действия до точки пересечения, затем определяют равнодействующую по правилу параллелограмма \Rightarrow определяется величина, направление равнодействующей и точка ее приложения (рис. 27)

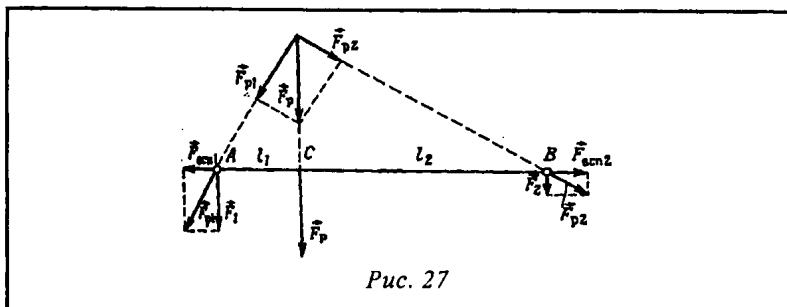


Рис. 27

ПРОСТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Рычаги

Рычаг – тело, вращающееся вокруг некоторой оси.

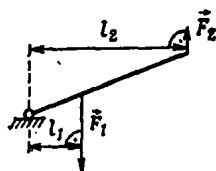


Рис. 28

У **одноплечного рычага** ось расположена на одном из концов и силы, действующие на него, антипараллельны

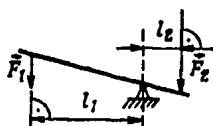


Рис. 29

У **двуплечного рычага** ось расположена между точками приложения сил и силы параллельны

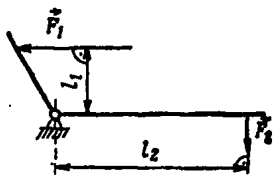


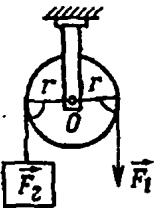

Рис. 30

Если плечи рычага образуют угол, меньший 180° , то такой рычаг называется **угловым рычагом**

Блоки

Неподвижный блок (рис. 31) действует аналогично равноплечному рычагу. Моменты сил с обеих сторон блока одинаковы \Rightarrow одинаковы и силы, создающие эти моменты:

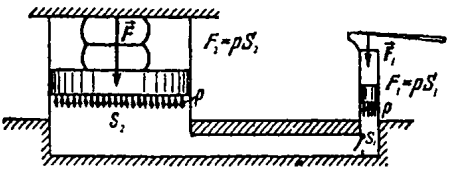
$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2$$

 <p>Рис. 31</p>	<p>Подвижный блок (рис. 32) действует аналогично одноплечному рычагу: относительно центра вращения O действуют моменты сил, которые при равновесии должны быть равны</p> $F_1 2r = F_2 r \Rightarrow$ <p><i>сила равна половине нагрузки:</i></p> $F_1 = \frac{F_2}{2}$	 <p>Рис. 32</p>
--	--	--

К простым механизмам также относятся:

- **наклонная плоскость;**
- **клин**, состоящий из двух наклонных плоскостей, основания которых соприкасаются;
- **винт** – наклонная плоскость, навитая на ось.

ЖИДКОСТИ И ГАЗЫ

<p>Гидравлический пресс</p> 	<p>Давление</p> $p = \frac{F \cos \alpha}{S}$
<p>Рис. 33</p> $\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}; \frac{F_2}{F_1} = \frac{h_2}{h_1}$	<p>Гидростатическое давление</p> $p = \rho gh$
	<p>С учетом атмосферного давления:</p> $p = p_0 + \rho gh$

Гидростатический парадокс:

давление, оказываемое жидкостью на дно сосуда, не зависит от формы сосуда и определяется только уровнем жидкости в сосуде (рис. 34)

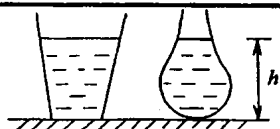


Рис. 34

Внесистемные единицы давления:

- физическая атмосфера (нормальное атмосферное давление):
- 1 атм = 1,013 · 10⁵ Па;
- техническая атмосфера:
1 ат = 0,98 · 10⁵ Па;
- 1 мм ртутного столба или Торр (по имени Торричелли):
1 мм рт. ст. = 133,3 Па
(1 атм = 760 мм рт. ст.);
1 бар = 10⁵ Па (1 атм = 1,013 бар)

Закон Паскаля:

жидкости или газы передают оказываемое на них давление одинаково по всем направлениям, причем давление одинаково передается по всему объему, занятому покоящейся жидкостью (или газом)

Уравнение неразрывности струи

$$\rho v S = \text{const}, \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

⇒ через сечение с меньшей площадью жидкость течет быстрее и наоборот

Уравнение Бернулли

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} =$$

$$= p_2 + \rho g h_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} = \text{const}$$

В стационарном потоке сумма статического и динамического давлений остается постоянной

Закон Архимеда

На тело, погруженное в жидкость или газ, действует выталкивающая сила, направленная вертикально вверх и равная весу вытесненной жидкости или газа в объеме погруженной части тела:

$$F_{\text{выт}} = \rho_{\text{ж}} g V.$$

Вес тела, погруженного в жидкость или газ, уменьшается на величину выталкивающей силы:

$$P_1 - P_2 = F_{\text{выт}}$$

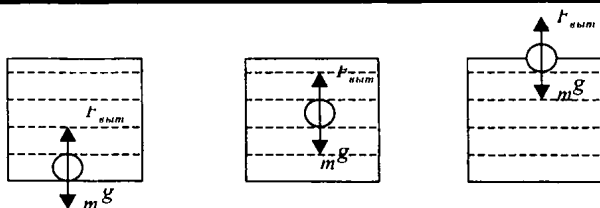


Рис. 35

$mg > F_{\text{выт}}$ $\rho_m g V > \rho_{\text{ж}} g V$ $\rho_m > \rho_{\text{ж}}$ — тело тонет	$mg = F_{\text{выт}}$ $\rho_m g V = \rho_{\text{ж}} g V$ $\rho_m = \rho_{\text{ж}}$ — тело плавает во взвешенном состоянии.	$mg = F_{\text{выт}}$ $\rho_m g V = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{под}}$ $V = V_{\text{под}} + V_{\text{над}} \Rightarrow$ $V > V_{\text{под}} \Rightarrow$ $\rho_m < \rho_{\text{ж}} \Rightarrow$ тело плавает на поверхности
Условия плавания тел <ul style="list-style-type: none"> • $mg = F_{\text{выт}}$ • $\rho_m \leq \rho_{\text{ж}}$ 		

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ)	
I. Все вещества состоят из мельчайших частиц – молекул и атомов, которые, в свою очередь, состоят из более мелких элементарных частиц	Доказательство – наблюдение больших белковых молекул в электронных микроскопах
II. Молекулы и атомы находятся в непрерывном хаотическом движении	Доказательства: <ul style="list-style-type: none"> • броуновское движение; • диффузия; • осмос

<p>III. <i>Между молекулами и атомами существуют силы притяжения и отталкивания.</i></p>	<p>При сближении двух атомов или молекул сначала преобладают силы притяжения (до равновесного значения r_0), затем – силы отталкивания</p>
<p><i>Броуновское движение</i> – беспорядочное движение взвешенных в жидкости частиц за счет соударения с молекулами жидкости</p>	<p>Наблюдение в микроскоп капли воды с цветочной пылью</p>
<p><i>Диффузия</i> – явление проникновения молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого</p>	<p>Наблюдается:</p> <ul style="list-style-type: none"> • в газах – запахи; • в жидкостях; • в твердых телах
<p><i>Осмоз</i> – явление проникновения жидкостей и растворов через пористую перегородку</p>	<p>Питание растений, животных, человека</p>
<p>Моль – единица количества вещества в системе СИ. <i>1 Моль</i> – количество вещества, содержащее столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в 0,012 кг изотопа углерода $^{12}_6\text{C}$</p>	<p>В одном моле любого вещества содержится одно и то же число молекул (или атомов) – <i>постоянная Авогадро</i></p>
<p>Эффективный диаметр молекул σ – минимальное расстояние, на которое они могут сблизиться</p>	<p>Молярная масса – масса одного моля μ</p>
<p>Внутренняя энергия тела – сумма кинетических энергий движения молекул тела E_k и потенциальной энергии их взаимодействия E_n</p>	<p>Количество вещества ν – число молей вещества.</p>

В зависимости от соотношения E_k и E_n все вещества делятся на:

- $E_n \gg E_k$ – твердые тела, отличающиеся постоянством формы и объема;
- $E_n \cong E_k$ – жидкости, имеющие постоянный объем, но не имеющие своей формы; они принимают форму того сосуда, в котором они находятся, и не сопротивляются изменению этой формы \Rightarrow *текучесть* и малая *сжимаемость*;
- $E_n \ll E_k$ – газы, легко сжимающиеся под действием внешнего давления

Идеальный газ:

- силы молекулярного взаимодействия полностью отсутствуют;
- молекулы движутся направленно: одноатомные молекулы совершают только поступательное движение вдоль осей OX, OY, OZ;
- собственный объем молекул газа мал по сравнению с объемом газа;
- при соударении молекул между собой и со стенками сосуда они ведут себя как абсолютно упругие шарики конечных, но весьма малых размеров;
- в элементарном курсе физики рассматривают *идеальные* газы, молекулы которых состоят из одного атома

Газ:

- не имеет постоянной формы;
- занимает весь предоставленный ему объем;
- обладает большим запасом внутренней энергии, поэтому может взрываться;
- имеет большие промежутки между молекулами \Rightarrow силы сцепления практически отсутствуют

Постоянная
Авогадро

$$N_A = \frac{N}{\nu}$$

Количество
вещества

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{N}{N_A}$$

Молярная масса

$$\mu = \frac{m}{\nu} = m_0 N_A$$

Постоянная Больцмана $k = \frac{R}{N_A}$	Масса одной молекулы $m_0 = \frac{m}{N} = \frac{m}{\nu N_A} = \frac{\mu}{N_A}$	Основное уравнение МКТ $p = \frac{2}{3} n_0 \bar{E}_k$
Концентрация молекул $n_0 = \frac{p}{kT}$	Средняя кинетическая энергия $\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$	Средняя длина свободного пробега $\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi n_0 \sigma^2}$
Давление идеального газа $p = n_0 kT = \frac{1}{3} n m_0 \bar{v}^2 = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2$		Плотность газов $\rho = \frac{p \mu}{RT}$

Средняя квадратичная скорость движения молекул

$$v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\bar{v}^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

При одинаковой температуре средние квадратичные скорости движения молекул обратно пропорциональны корням квадратным из масс молекул: $\frac{v_{\text{ср.кв.1}}}{v_{\text{ср.кв.2}}} = \frac{\sqrt{m_2}}{\sqrt{m_1}}$	Закон Авогадро: один моль <i>любого</i> газа при нормальных условиях ($T_0 = 273 \text{ К}$, $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$) занимает один и тот же объем $V_\mu = 22,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{моль}}$, называемый молярным объемом
---	---

Закон Гей-Люссака

$$V=V_0(1+\alpha_v t), p=const,$$

$$m=const, \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_0}{T_0} = const$$

Закон Шарля

$$p=p_0(1+\alpha_p t), V=const,$$

$$m=const, \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_0}{T_0} = const$$

Графики **изобарного** процесса представлены на рисунке 36 и называются **изобарами**:

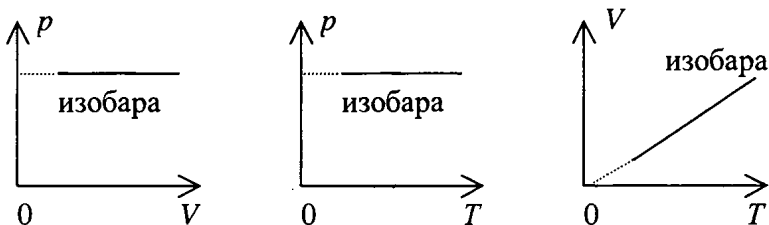


Рис. 36

Графики **изотермического** процесса представлены на рисунке 37 и называются **изотермами**:

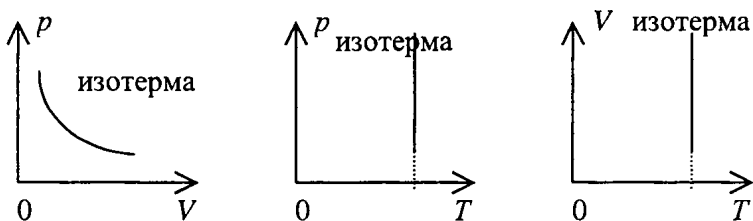


Рис. 37

Графики **изохорного** процесса представлены на рисунке 38 и называются **изохорами**:

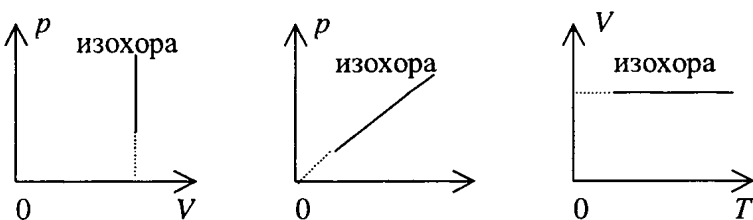
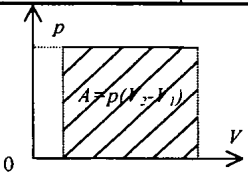


Рис. 38

<p>Закон Дальтона: давление смеси газов равно сумме <i>парциальных давлений</i>:</p> $p = p_1 + p_2 + \dots + p_n = \sum_{i=1}^n p_i$	<p>Парциальное давление – давление, которое бы занимал газ, входящий в состав газовой смеси, если бы он один занимал объем, равный объему смеси при данной температуре</p>
<p>Уравнение Менделеева-Клапейрона (уравнение состояния идеального газа) для произвольной массы газа с молярной массой μ):</p> $pV = \frac{m}{\mu} RT, \quad \frac{m}{\mu} = \nu -$ <p>число молей</p>	<p>Если $\nu = 1 \Rightarrow$ уравнение состояния идеального газа для одного моля:</p> $\frac{pV_\mu}{T} = R, \quad V_\mu - \text{молярный}$ <p>объем</p>
<p>Внутренняя энергия одного моля одноатомного идеального газа</p> $U_{\text{моль}} = \frac{3}{2} N_A kT = \frac{3}{2} RT$	<p>Изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа</p> $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$

ТЕРМОДИНАМИКА

<p>Термодинамика – раздел физики, рассматривающий явления, связанные с взаимопревращением механической и внутренней энергий и передачей внутренней энергии от одного тела к другому.</p> <p>Термодинамической системой называется со-</p>	<p>Изменение внутренней энергии ΔU может быть осуществлено двумя способами:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>путем совершения над телом работы</i>: сжатие, растяжение тела; <i>работа механизмов</i>: пилы, дрели; • <i>путем сообщения телу теплоты</i>, то есть через теп-
---	--

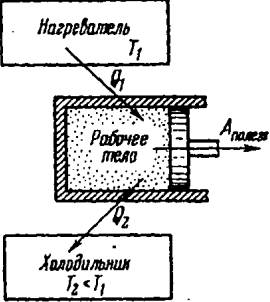
вокупность тел, выделенная для рассмотрения вопросов термодинамики		лопередачу: нагревание в закрытом сосуде, нагревание жидкости.	
Теплопередачей называется процесс перехода внутренней энергии от одного тела к другому без совершения над телом работы		Виды теплопередачи: <ul style="list-style-type: none"> • конвекция; • теплопроводность; • лучеиспускание 	
Конвекция – процесс передачи количества теплоты путем перемешивания холодных и теплых слоев жидкости или газа (центральное водяное отопление, ветры, морские течения, тяга в трубах, нагревание жидкости снизу сосуда)		Теплопроводность – процесс передачи количества теплоты от более нагретой части тела к менее нагретой без перемещения частиц (металлы – хорошие проводники тепла; дерево, стекло, кожа – плохие; газы менее теплопроводны, чем жидкость \Rightarrow плохая теплопроводность пористых тел)	
Лучеиспускание – теплопередача через излучение с помощью электромагнитных волн (энергия, получаемая Землей от Солнца)		Количество теплоты ΔQ – количество энергии, переданной от тела телу в результате теплопередачи (без совершения работы)	
Количество теплоты $\Delta Q = cm\Delta T$	Теплоемкость тела $C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}, C = mc$	Удельная теплоемкость $c = \frac{\Delta Q}{m\Delta T}$	
		Работа газа $A = p\Delta V$ Работа A численно равна площади под графиком зависимости давления от объема (рис. 39)	
Рис. 39			

<p>Первый закон термодинамики $\Delta Q = \Delta U + A, \Delta Q = \Delta U - A',$ $A' = -A.$ A – работа, совершаемая системой над внешними телами; A' – работа совершаемая внешними телами над системой</p>	<p>I закон термодинамики, адиабатный процесс $\Delta U = -A.$ Адиабатным называется процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой ($\Delta Q=0$)</p>
<p>I закон термодинамики, изохорный процесс $(V=\text{const} \Rightarrow \Delta V=0 \Rightarrow A=0)$ $\Delta Q = \Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R \Delta T$</p>	<p>I закон термодинамики, изотермический процесс $(T=\text{const} \Rightarrow \Delta T=0 \Rightarrow \Delta U=0)$ $\Delta Q = A = p \Delta V$</p>
<p>I закон термодинамики, изобарный процесс $(p=\text{const})$ $\Delta Q = \Delta U + A = \Delta U + p \Delta V$</p>	<p>Второй закон термодинамики: невозможен процесс, при котором теплота переходила бы произвольно от тел более холодных к более нагретым</p>
<p>При адиабатном процессе система может выполнять работу над внешними телами (расширение газа) только за счет своей внутренней энергии</p>	<p>Если при адиабатном процессе внешние тела совершают работу над системой, то ее внутренняя энергия увеличивается</p>

КПД теплового двигателя

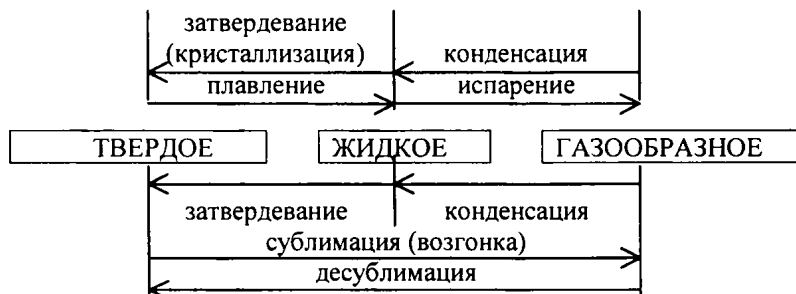
$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} 100\%, \eta = \frac{Q_H - Q_X}{Q_H} 100\%, \eta = \frac{A}{Q_H} 100\%$$

Тепловой двигатель состоит из нагревателя, холодильника и рабочего тела – газа или пара, который при расширении совершает работу (рис. 40)

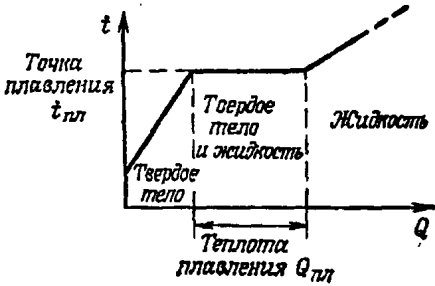
 <p style="text-align: center;">Рис. 40</p>	<p style="text-align: center;">Пути повышения КПД теплового двигателя:</p> <ul style="list-style-type: none"> • повышение температуры нагревателя; • понижение температуры холодильника; • уменьшение теплообмена; • уменьшение трения в машине
<p>Работа теплового двигателя $A = Q_H - Q_X$</p>	<p>Тепловой двигатель – устройство, превращающее внутреннюю энергию обычного или ядерного топлива в механическую энергию</p>

<p>Фаза – физически однородная часть вещества, отделенная от остальных частей системы границей раздела (лед, вода, пар)</p>	<p>Фазовый переход – переход из одной фазы в другую, из одного агрегатного состояния в другое</p>
--	--

Изменение агрегатного состояния

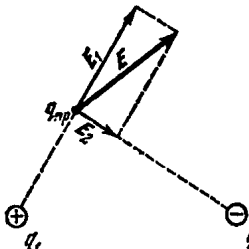


<p>θ – температура, установившаяся в результате теплообмена</p>	<p style="text-align: center;">Уравнение теплового баланса $c_1 m_1 (t_1 - \theta) = c_2 m_2 (\theta - t_2)$</p>
---	---

<p>Удельная теплота сгорания топлива</p> $q = \frac{\Delta Q}{m}$	<p>Удельная теплота парообразования</p> $r = \frac{\Delta Q}{m}$
<p>Удельная теплота плавления</p> $\lambda = \frac{\Delta Q}{m}$	<p>Относительная влажность</p> $\varphi = \frac{p_A}{p_H} 100\% = \frac{P_A}{P_H} 100\%$
<p>Коэффициент поверхностного натяжения</p> $d = \frac{F_n}{l}$	<p>Высота подъема жидкости в капилляре</p> $h = \frac{2\pi \cos \theta}{R\rho g}$
 <p>Точка плавления $t_{пл}$</p> <p>Твёрдое тело</p> <p>Твёрдое тело и жидкость</p> <p>Жидкость</p> <p>Теплота плавления $Q_{пл}$</p> <p>Рис. 42</p>	<p>Точка, или температура плавления, – температура, при которой плавится (или отвердевает) кристаллическое тело при постоянном давлении.</p> <p>Аморфные тела (стекло, воск, парафин, вар) не имеют точки плавления</p>
<p>Насыщенным называется пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью: число испарившихся молекул равно числу конденсирующихся \Rightarrow концентрация пара в пространстве над жидкостью максимальна и не изменяется</p>	<p>Точка росы – температура t_p, при которой находящийся в воздухе водяной пар становится насыщенным</p>

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

<p>Электрон имеет наименьший существующий в природе отрицательный электрический заряд: $q=e= -1,6 \cdot 10^{-16}$ Кл</p>	<p>Протон и позитрон (античастица электрона) имеет наименьший положительный электрический заряд: $q=1,6 \cdot 10^{-16}$ Кл</p>
<p>Величина заряда, или количество электричества, – избыток электрических зарядов одного знака в каком-либо теле</p>	<p>Общий электрический заряд любого тела – <i>алгебраическая</i> сумма всех электрических зарядов, находящихся в этом теле</p>
<p>Электрически заряженное тело имеет неодинаковое число отрицательных и положительных элементарных зарядов</p>	<p>Электрически нейтральное тело имеет одинаковое число элементарных зарядов противоположного знака</p>
<p>Одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются. При соприкосновении заряды частично переходят с наэлектризованного тела, но не уничтожаются, а лишь перераспределяются между телами. Заряды сосредоточены на поверхности \Rightarrow внутри проводника поля нет</p>	<p>Электростатическая индукция – явление возникновения противоположных зарядов на концах изолированного <i>проводника</i> при внесении его в электрическое поле. Если проводник <i>разрезать</i> на две части, то одна из них окажется заряженной положительно, а другая – отрицательно. Если проводник вынести из электрического поля, не разрезая, то он снова окажется нейтральным</p>
<p>Закон Кулона в вакууме</p> $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon_0 r^2}$	<p>Закон Кулона в среде</p> $F = k \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi \epsilon \epsilon_0 r^2}$

<p>Напряженность электрического поля</p> $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$		<p>Напряженность электрического поля точечного заряда</p> $E = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{\epsilon r^2}$	
<p>Поверхностная плотность зарядов</p> $\sigma = \frac{q}{S}$	<p>Закон сохранения электрического заряда</p> $q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$	<p>Напряженность бесконечной плоскости</p> $E = \frac{\sigma}{2\epsilon\epsilon_0}$	
 <p>Рис. 43</p>		<p>Принцип суперпозиции (наложения) полей:</p> <p>если поле создается несколькими зарядами, то напряженность E в какой-либо точке поля равна геометрической сумме напряженностей полей, созданных в этой точке каждым зарядом в отдельности:</p> $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$	
<p>Потенциал</p> $\varphi = \frac{A}{q}, \varphi = \frac{\Pi}{q}$	<p>Разность потенциалов</p> $\varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi = \frac{A}{q}$	<p>Потенциал точечного заряда</p> $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = k \frac{q}{\epsilon r}$	
<p>Связь потенциала и напряженности</p> $E = \frac{\Delta\varphi}{d}$	<p>Потенциальная энергия двух зарядов</p> $\Pi = W_n = \frac{kq^2}{\epsilon r} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$		
<p>Работа сил электростатического поля</p> $A = \Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots = \sum_{i=1}^n \Delta A_i, \Delta A = -\Delta\Pi, \Delta\Pi = \Pi_2 - \Pi_1$			
<p>Емкость плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{2}$</p>			

Потенциальная энергия

$$A = q\Delta\varphi = q \frac{k}{\varepsilon} \left(\frac{q_1}{r_1} - \frac{q_1}{r_2} \right) = \frac{kqq_1}{\varepsilon} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{qq_1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Потенциал поля **положительного** заряда **уменьшается** при удалении от заряда, а потенциал поля **отрицательного** заряда — **увеличивается**

В проводниках

- положительные заряды перемещаются от потенциала $\varphi_1 > \varphi_2$ к φ_2 ;
- отрицательные заряды — наоборот

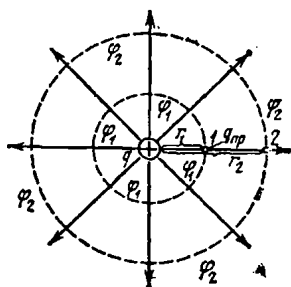


Рис. 44

Принцип суперпозиции полей: если поле создано несколькими зарядами, потенциал в любой точке равен **алгебраической сумме потенциалов**, созданных в этой точке каждым зарядом в отдельности.

Линии напряженности направлены в сторону убывания потенциала (рис. 44): $\varphi_2 < \varphi_1$.

Потенциал измеряется потенциальной энергией единичного положительного заряда, находящегося в данной точке поля

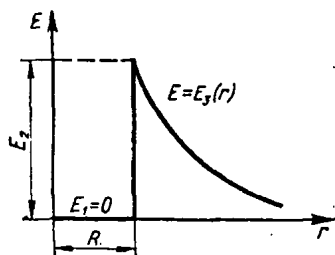


Рис. 45

Напряженность электрического поля внутри сферы радиуса R равна 0

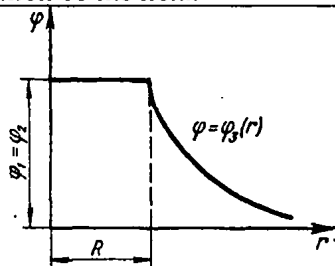


Рис. 46

Потенциал φ в любой точке внутри сферы одинаков и равен потенциалу φ на поверхности сферы радиуса R

<p>Емкость уединенного проводника</p> $C = \frac{q}{\varphi}$	<p>Емкость сферического проводника</p> $C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$	<p>Емкость плоского конденсатора</p> $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{D}$
<p>Емкость не зависит:</p> <ul style="list-style-type: none"> • от материала проводника; • от наличия внутри пустот и полостей, т.к. заряд скапливается на поверхности, а внутри проводника поле равно нулю 		<p>Емкость зависит:</p> <ul style="list-style-type: none"> • от формы проводника; • от его размеров; • от диэлектрической проницаемости среды; • от наличия вблизи заряженных тел
<p>Емкость параллельных конденсаторов</p> $C_{\text{б}} = C_1 + C_2 + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i$	<p>Емкость сферического конденсатора</p> $C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$	
<p>Емкость последовательно соединенных конденсаторов</p> $\frac{1}{C_{\text{б}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$		
<p>Энергия электрического поля</p> $W_c = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{C\varphi^2}{2}$	<p>Полная энергия системы</p> $W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i \varphi_i$	
<p>Энергия заряженного конденсатора</p> $W = \frac{q(\varphi_1 - \varphi_2)}{2} = \frac{qU}{2}$	<p>Энергия неотключенного конденсатора</p> $W = \frac{C(\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} = \frac{CU^2}{2}$	
<p>Энергия отключенного конденсатора</p> $W = \frac{q^2}{2C}$	<p>Энергия однородного электрического поля</p> $W = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} V$	

Объемная плотность энергии $\varpi = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}$	Сила притяжения пластин плоского конденсатора $F = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2 S}{2} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S U^2}{2d^2} = \frac{\sigma^2 S}{2\varepsilon\varepsilon_0}$
--	---

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Сила тока $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}, I = \frac{q}{t},$ $I = ne\bar{v}S$	Плотность тока в проводнике $j = \frac{I}{S}, j = ne\bar{v}$	Сопротивление проводника $R = \rho \frac{l}{S}$
Зависимость от температуры $R = R_0(1 + \alpha t)$ $\rho = \rho_0(1 + \alpha t)$	Проводимость $G = \frac{1}{R}$	ЭДС $\varepsilon = \frac{A_{\text{сст}}}{q}$
Закон Ома для участка цепи $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$	Закон Ома для замкнутого контура $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$	
Последовательное соединение проводников $R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$	Параллельное соединение проводников $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$	
Последовательное соединение ЭДС $I_{\text{посл}} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R + r_1 + r_2},$ $I_{\text{посл}} = \frac{n\varepsilon}{R + nr}$	Параллельное соединение ЭДС $I_{\text{пар}} = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{n}}$	

<p>Ток короткого замыкания</p> $I_{к.з.} = \frac{\varepsilon}{r}$		<p>Работа постоянного тока</p> $A = qU = IUt = I^2 R t = \frac{U^2 t}{R}$	
<p>Полная мощность, выделяемая в цепи</p> $P = I\varepsilon$		<p>Мощность электрического тока</p> $P = \frac{A}{t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	
<p>Сопrotивление шунта амперметра</p> $R_{ш} = \frac{R_A}{n - 1}$	<p>Сопrotивление шунта вольтметра</p> $R_V (n - 1)$	<p>Работа сторонних сил в генераторе</p> $A = \varepsilon I t$	
<p>КПД</p> $\eta = \frac{A_{пол}}{A_{затр}} 100\%, \eta = \frac{P_{пол}}{P_{затр}} 100\%, \eta = \frac{Q_{пол}}{Q_{затр}} 100\%$			
<p>КПД батареек</p> $\eta = \frac{U}{\varepsilon}$	<p>КПД электрогенератора</p> $\eta = \frac{P_{пол}}{P_{затр}} = \frac{I^2 R}{I^2 (R + r)} = \frac{R}{R + r}$		
<p>Закон Джоуля-Ленца</p> $Q = I^2 R t$	<p>I закон Фарадея</p> $m = Kq = KIt$	<p>II закон Фарадея</p> $K = C\chi = \frac{1}{F} \frac{A}{n}$	
<p>Постоянная Фарадея</p> $F = e N_A$	<p>Объединенный закон Фарадея</p> $m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q = m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} It$		
<p>Электрический ток в газах – направленное движение электрических зарядов, носителями которых являются <i>свободные электроны и ионы</i> ⇒ проводимость газов – <i>ионно-электронная</i> в отличие от</p>		<p>Пути ионизации газа:</p> <ul style="list-style-type: none"> • воздействие ультрафиолетовых или рентгеновских лучей, космического излучения; • термическая ионизация – нагревание газа до 	

<i>электронной проводимости металлов и ионной проводимости электролитов</i>	высоких температур; • сильное электрическое поле
Термоэлектронная эмиссия – явление испускания электронов с поверхности нагретого катода	Проводимость в вакууме осуществляется термоэлектронами.
Диод – двухэлектродная лампа, имеющая положительно заряженный анод и отрицательно заряженный подогреваемый катод , благодаря которому и образуется термоэлектронная эмиссия; служит для выпрямления переменного тока	Триод – трехэлектродная лампа, имеющая анод, подогреваемый катод и сетку, выполненную в виде спирали, охватывающей катод; используются для усиления электрических сигналов

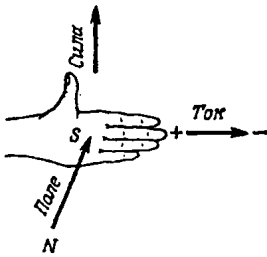
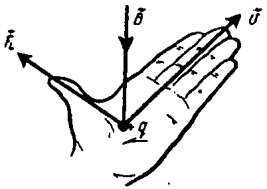
Все твердые вещества по своим электрическим свойствам разделяются на следующие группы:

Металлы	Полупроводники	Диэлектрики
Хорошо проводят электрический ток	Проводят электрический ток при определенных условиях	Не проводят электрический ток ни при каких условиях
Ag, Cu, Ni, Pt, Hg, Fe и др. металлы	Be, Se, ZnO, Cu ₂ O, Si, Ge, IV группа таблицы Менделеева, соединения IV и V групп таблицы Менделеева	Кварц, слюда, парафин, фарфор, янтарь, сера, масла, каучук, стекло, эбонит, керамика и др.
$\rho = 10^{-5} \div 10^{-8}$ Ом • м	$\rho = 10^4 \div 10^{-5}$ Ом • м	$\rho = 10^{10} \div 10^{16}$ Ом • м

<p>Условия, при которых полупроводники начинают проводить электрический ток:</p> <ul style="list-style-type: none"> • повышение температуры; • приложение электрического поля (напряжения); • освещение 	<p>У полупроводников двойственная природа носителей заряда: <i>электронно-дырочная</i>.</p> <p>Собственная проводимость – когда в полупроводнике число свободных электронов и дырок одинаково</p>
<p>Проводимость, созданная введением примеси, называется примесной проводимостью.</p> <p>Примесная проводимость бывает двух видов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Электронная, или <i>донорная</i>, у полупроводников <i>n</i>-типа; • Дырочная, или <i>акцепторная</i>, у полупроводников <i>p</i>-типа 	<p>Полупроводниковый диод – полупроводниковый прибор с <i>p</i> – <i>n</i>-переходом.</p> <p>Полупроводниковые диоды служат выпрямителями. Основными их достоинствами являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> • малые размеры; • высокий КПД; • большой срок службы.
<p>Средняя область транзистора – <i>база</i>, левая часть, снабжающая базу подвижными носителями зарядов, – <i>эмиттер</i>, правая, собирающая заряды, – <i>коллектор</i> (б, э, к)</p>	<p>Полупроводниковые триоды, или транзисторы – <i>p</i> – <i>n</i> – <i>p</i> или <i>n</i> – <i>p</i> – <i>n</i> структуры, предназначенные для усиления изменения напряжения и тока.</p>

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

<p>Закон Ампера $F_A = BIl \sin \alpha$</p>	<p>Сила Лоренца $F_{Л} = qV \sin \alpha$</p>	<p>Магнитный момент $\vec{P}_M = IS\vec{n}_0$</p>
---	--	---

<p>Вектор магнитной индукции</p> $B = \frac{F_A}{Il \sin \alpha}$	<p>Напряженность магнитного поля</p> $H = \frac{B}{\mu\mu_0}, \vec{B} = \mu\vec{B}_0, \vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$
<p>Вращающий момент</p> $M_{вр} = P_M B \sin \alpha = B I S \sin \alpha,$ $B = \frac{M_{max}}{P_m}$	<p>Напряженность магнитного поля прямолинейного проводника с током</p> $H = \frac{I}{2\pi r}$
 <p>Рис. 46.</p>	<p>Направление силы Ампера определяется по правилу «левой руки» (рис. 46):</p> <ul style="list-style-type: none"> ● магнитные силовые линии входят в ладонь; ● 4 пальца указывают направление силы тока в проводнике; ● отогнутый большой палец укажет направление силы Ампера
<p>Направление силы Лоренца определяется по правилу «левой руки» для положительных зарядов (рис. 47); для отрицательных зарядов – зеркальное отображение</p>	 <p>Рис. 47</p>
<p>Сила Лоренца всегда перпендикулярна плоскости, в которой находятся векторы \vec{v} и $\vec{B} \Rightarrow$ сила Лоренца работы не совершает, т.е. не может изменить кинетической энергии свободных зарядов</p>	<p>Если $\vec{v} \perp \vec{B}$, то частица будет двигаться по окружности и сила Лоренца будет сообщать ей центростремительное ускорение \Rightarrow</p> $F_{JI} = ma_{ц} \Rightarrow$ $qBv = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \frac{qBR}{m}$

Если направление скорости \vec{v} составляет с направлением вектора магнитной индукции \vec{B} угол α , отличный от 90° , то заряженная частица будет двигаться *по винтовой линии*

Период обращения заряженной частицы в магнитном поле *не зависит от скорости:*

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

Обозначения на чертежах:

- $\otimes \oplus$ – ток (вектор магнитной индукции, вектор нормали) направлен за плоскость листа (оперение стрелы);
- \odot – ток (вектор магнитной индукции, вектор нормали) направлен к нам (острие стрелы);
- + + + + + – магнитное поле направлено за плоскость листа + + + + + (оперение стрелы);
- – магнитное поле направлено к нам (острие стрелы);
- магнитные силовые линии выходят из северного полюса и входят в южный

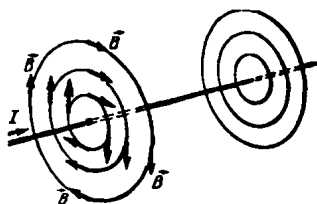


Рис. 48

Направление магнитных силовых линий определяется по *правилу «буравчика»:*

1) *для прямолинейного тока* (рис. 48):

- направление движения буравчика — по току;
- направление вращения рукоятки буравчика указывает направление магнитных силовых линий

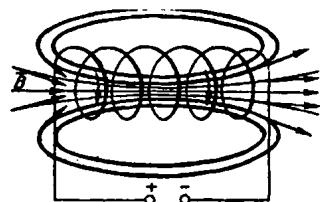


Рис. 49

2) *для кругового тока* (рис. 49):

- вращение рукоятки буравчика по направлению тока;
- направление движения буравчика указывает направление магнитных силовых линий

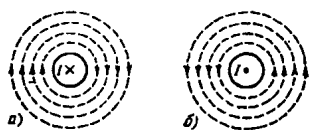


Рис. 50

Если смотреть по направлению тока, то магнитные силовые линии будут направлены по часовой стрелке (рис. 50, а), а если смотреть навстречу току – против часовой стрелки (рис. 50, б).

Принцип суперпозиции полей (рис. 51):

если магнитное поле создано несколькими проводниками с токами, то вектор \vec{B} в какой-либо точке этого поля равен векторной сумме магнитных индукций, созданных в этой точке каждым током в отдельности:

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

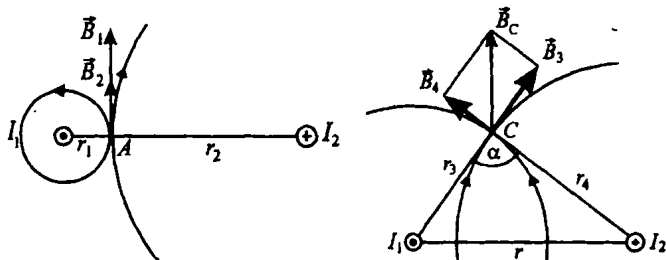


Рис. 51

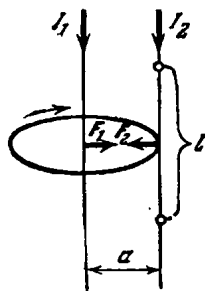


Рис. 52

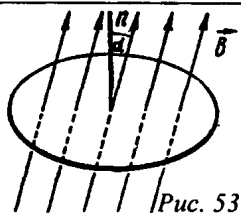
Сила взаимодействия параллельных токов определяется по формуле Ампера (рис. 52):

$$F_A = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi a} \Rightarrow$$

определение единицы силы тока – ампера, – одной из основных единиц в системе СИ:

Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой

площади кругового сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длины 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.



Магнитный поток
 $\Phi = B S \cos \alpha$
 (рис. 53)

Магнитное поле соленоида
 $B = \mu \mu_0 n I, n = \frac{N}{l}$

Закон электромагнитной индукции

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \varepsilon_i = Blv \sin \alpha$$

Максимальная ЭДС индукции

$$\varepsilon_{i \max} = BS\omega$$

Индуктивность соленоида

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

ЭДС самоиндукции

$$\varepsilon_c = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Энергия магнитного поля

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

Работа магнитного поля

$$A = I \Delta \Phi$$

Энергия магнитного поля соленоида

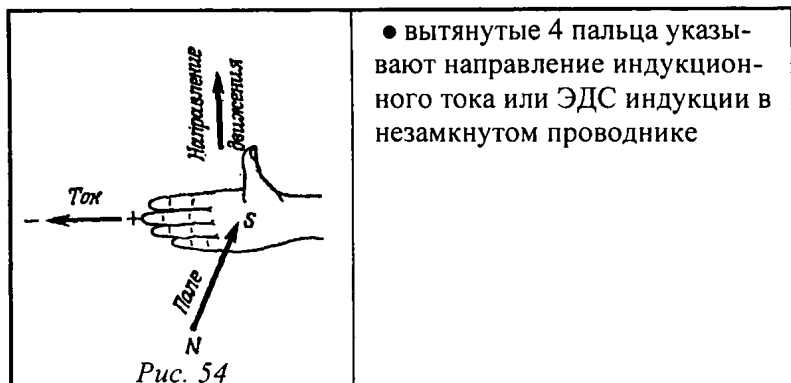
$$W = \frac{1}{2} \mu \mu_0 n^2 I^2 V$$

Объемная плотность энергии

$$w = \frac{\Delta W}{\Delta V}$$

Направление индукционного тока определяется по правилу «правой руки» (рис. 54):

- магнитные силовые линии входят в ладонь;
- отогнутый большой палец располагается по направлению движения проводника;



КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Гармоническое колебание		Фаза колебаний
$x = A \sin(\omega t + \varphi_0) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$ <p>(рис. 55)</p> $x = A \cos(\omega t + \varphi_0) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$		$\varphi = \omega t + \varphi_0$
Рис. 55		
Частота колебаний $\nu = \frac{n}{t}, T\nu = 1$	Циклическая частота $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$	Максимальное ускорение $a_{\max} = A\omega^2 = \frac{4\pi^2 A^2}{T^2}$

<p>Скорость гармонического колебания</p> $v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \varphi_0) = \frac{2\pi A}{T} \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$		<p>Максимальная скорость</p> $v_{\max} = A\omega = \frac{2\pi A}{T}$
<p>Ускорение колеблющейся точки</p> $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi_0) = -\frac{4\pi^2 A^2}{T^2} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$		
<p>Сила, под действием которой точка массы m совершает гармоническое колебание</p> $F = ma = -\frac{4\pi^2 A^2}{T^2} m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right) = -\frac{4\pi^2 m}{T^2} x = -kx$		
<p>Период колебаний математического маятника</p> $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$	<p>Период колебаний пружинного маятника</p> $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$	<p>Возвращающая сила</p> $F_{\text{возв}} = -mg \frac{x}{l}$
<p>При малых амплитудах период и частота колебаний математического маятника не зависят от амплитуды</p>		<p>Период и частота гармонических колебаний математического маятника не зависят от его массы</p>
<p>Если колебательная система выведена из положения равновесия и затем предоставлена сама себе, то она совершает колебания, называемые свободными колебаниями</p>		<p>Механический резонанс – явление резкого возрастания амплитуды колебаний при совпадении частоты собственных колебаний с частотой периодически действующей вынуждающей силы</p>
<p>Если свободные механические колебания происходят без потерь энергии, то они называются собственными колебаниями</p>		<p>Вынужденными называются колебания, происходящие под действием периодической вынуждающей силы</p>

<p>Потенциальная энергия упруго деформированного тела</p> $П = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi_0) = \frac{2\pi^2 A^2}{T^2} m \sin^2\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$		
<p>Кинетическая энергия колеблющейся точки</p> $K = \frac{m\nu^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi_0) = \frac{2\pi^2 A^2}{T^2} m \cos^2\left(\frac{2\pi}{T}t + \varphi_0\right)$		
<p>Волной называется процесс распространения колебаний</p>	<p>Продольными называются волны, частицы которых колеблются вдоль направления распространения волны.</p>	
<p>Звуковой волной называется процесс распространения колебаний упругой среды в диапазоне частот от 16 до 20000 Гц</p>	<p>Поперечными называются волны, частицы которых колеблются перпендикулярно направлению распространения волны</p>	
<p>Колебания упругой среды с частотой, большей слышимых частот, называются ультразвуковыми колебаниями, или ультразвуком</p>	<p>Колебания упругой среды с частотой, меньшей слышимых частот, называются инфразвуковыми колебаниями, или инфразвуком</p>	
<p>Уравнение гармонической волны</p> $x = A \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi l}{\lambda}\right)$	<p>Длина волны</p> $\lambda = \nu T = \frac{\nu}{\omega} = \frac{2\pi\nu}{\omega}$	<p>Разность фаз</p> $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ $\Delta\varphi = 2\pi \frac{l_2 - l_1}{\lambda}$
<p>Полная энергия колебаний</p> $E = \frac{kA^2}{2} = \frac{m\omega^2 A^2}{2} = \frac{m2\pi^2 A^2}{T^2}$	<p>Формула Томсона</p> $T = 2\pi\sqrt{LC}$	<p>Циклическая частота</p> $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}}$

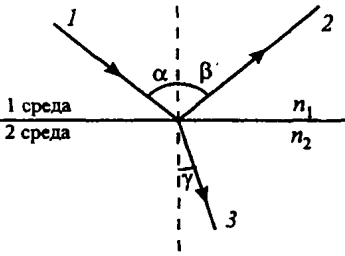
Колебательный контур – электрическая цепь, состоящая из катушки индуктивности L и конденсатора C .

В колебательном контуре возникают колебания с *одной и той же циклической частотой* ω :

- заряда q на обкладках конденсатора;
- напряжения U на обкладках конденсатора;
- силы тока I в колебательном контуре;
- энергии электрического и магнитного поля.

<p>Колебания заряда на обкладках конденсатора $q = q_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$</p>		<p>Колебания напряжения $U = U_0 \sin(\omega t + \varphi_0), U_0 = \frac{q_0}{C}$</p>	
<p>Колебания силы тока $I = \frac{dq}{dt} = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0), I_0 = q_0 \omega$</p>		<p>Колебания ЭДС $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t, \varepsilon_{\max} = BS\omega$</p>	
<p>Эффективное (действующее) значение силы тока $I_{\text{эфф}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0,707 I_0$</p>		<p>Эффективное (действующее) значение напряжения $U_{\text{эфф}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = 0,707 U_0$</p>	
<p>Переменный ток $I = I_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$</p>	<p>Индуктивное сопротивление $X_L = \omega L$</p>	<p>Емкостное сопротивление $X_C = \frac{1}{\omega C}$</p>	
<p>Полное сопротивление цепи переменного тока $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{\omega C})^2}$</p>	<p>Энергия потерь $W_{\text{потерь}} = I^2 R t$</p>	<p>Скорость электромагнитных волн $c = \lambda \nu = \frac{\lambda}{T}$</p>	
<p>Работа трансформатора в первичной обмотке: $U_1 = I_1 R_1 + \varepsilon_1,$ во вторичной обмотке: $\varepsilon_2 = I_2 R_2 + U_2$</p>		<p>Коэффициент трансформации $K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{U_1}{U_{2x}}$</p>	
<p>Скорость электромагнитных волн в среде $\nu = \frac{c}{n}, \nu = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}}, \sqrt{\varepsilon \mu} = n$</p>			

ОПТИКА

 <p style="text-align: center;">Рис. 56</p>	<p>Законы отражения света</p> <ol style="list-style-type: none"> $\angle \alpha = \angle \beta$. Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точку падения луча на границе раздела двух сред, лежат в одной плоскости (рис. 56). 	
<p>Законы преломления света</p> <ol style="list-style-type: none"> Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точку падения луча на границе раздела двух сред, лежат в одной плоскости. $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1} = n_{2,1}$ 	<p>Закон прямолинейного распространения света</p> <p>Свет в однородной среде распространяется прямолинейно</p>	
<p>Предельный угол полного внутреннего отражения</p> $\sin \alpha_{\text{пр}} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{n}$	<p>Относительный показатель преломления</p> $n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$	<p>Абсолютный показатель преломления</p> $n = \frac{c}{v} = \sqrt{\epsilon \mu}$
<p>Формула линзы</p> $D = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$	<p>Оптическая сила линзы</p> $D = \frac{1}{F}$	<p>Увеличение линзы</p> $K = \frac{f}{d} = \frac{H}{h}$
<p>Формула тонкой линзы</p> $\pm \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$	<p>Увеличение лупы</p> $K = \frac{L}{F}$	<p>Период дифракционной решетки</p> $d = \frac{1}{N}$

<p>Условие максимума для интерференции света</p> $\Delta l = 2\kappa \frac{\lambda}{2} = \kappa \lambda;$ <p>$(\kappa = 0, 1, 2, \dots)$</p>	<p>Условие минимума для интерференции света</p> $\Delta l = (2\kappa + 1) \frac{\lambda}{2};$ <p>$(\kappa = 0, 1, 2, \dots)$</p>
<p>Условие максимума для дифракционной решетки</p> $d \sin \varphi = \kappa \lambda;$ <p>$(\kappa = 0, 1, 2, \dots)$</p>	<p>Дифракционная решетка разлагает некогерентный свет в дифракционный спектр и употребляется как дисперсионный прибор</p>

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

<p>Релятивистская механика изучает законы движения при скоростях, близких к скорости света</p>		<p>Специальная теория относительности (СТО) – теория, созданная Эйнштейном на основе двух постулатов</p>
<p>I постулат (принцип относительности Эйнштейна): никакими физическими опытами (механическими, электрическими, оптическими), произведенными в инерциальной системе отсчета, невозможно установить, покоится эта система или движется равномерно и прямолинейно \Rightarrow равноправность всех инерциальных систем</p>		<p>II постулат (принцип постоянства скорости света): скорость света в вакууме c одинакова во всех инерциальных системах отсчета по всем направлениям. Она не зависит от движения источника света и наблюдателя:</p> $c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{c}$
<p>Энергия покоя частицы $E_0 = m_0 c^2$</p>	<p>Закон взаимосвязи массы и энергии $E = mc^2$</p>	<p>Длина в движущейся системе отсчета $l = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}, \beta = \frac{v}{c}$</p>

<p>Время в движущейся системе отсчета</p> $t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \beta = \frac{v}{c}$	<p>Импульс в движущейся системе отсчета</p> $p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \beta^2}}$
<p>Релятивистский закон сложения скоростей</p> $v = \frac{v' + V}{1 + \frac{v'V}{c^2}}$	<p>Масса в движущейся системе отсчета</p> $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \beta = \frac{v}{c}$

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

<p>Энергия фотона</p> $\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$	<p>Импульс фотона</p> $p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$	<p>Масса фотона</p> $m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$
<p>Фотоэффект – явление вырывания электронов с поверхности металла под действием света (внешний фотоэффект, в полупроводниках – внутренний)</p>	<p>Первый закон фотоэффекта: сила фототока насыщения I_H зависит только от интенсивности падающего на катод излучения</p>	
<p>Второй закон фотоэффекта: максимальная скорость вылетевших электронов зависит только от частоты падающего на катод излучения</p>	<p>Работа выхода – энергия, необходимая для вырывания электрона с поверхности металла. $A_{\text{вых}}$ зависит только от материала катода</p>	
<p>Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта</p> $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}$	<p>Красная граница фотоэффекта</p> $\lambda_{\text{кр}} = \frac{hc}{A_{\text{вых}}}, \nu_{\text{кр}} = \frac{A_{\text{вых}}}{h}$	

<p>Третий закон фотоэффекта: для каждого вещества существует такая минимальная частота (максимальная длина волны), называемая <i>красной границей фотоэффекта</i>, с которой начинается фотоэффект</p>	<p>Четвертый закон фотоэффекта: фотоэффект безинерционен, т.е. возникает практически мгновенно</p>
<p>Энергия фотоэлектронов</p> $\frac{m\nu_{\max}^2}{2} = eU_3$	
<p>I постулат Бора Электроны в атоме могут находиться в строго определенных стационарных состояниях. Находясь в стационарном состоянии атом не излучает</p>	<p>Условие квантования орбит</p> $mvr = n \frac{h}{2\pi}$
<p>II постулат Бора Атом излучает или поглощает энергию только при переходе из одного стационарного состояния в другое</p>	$h\nu_{ik} = E_k - E_i$
<p>Спектр испускания – совокупность частот (длин волн), которые испускаются данным веществом</p>	<p>Спектр поглощения – совокупность частот (длин волн), которые поглощаются данным веществом</p>
<p>Спектры испускания и поглощения взаимно обратимы</p>	<p>Линейчатые спектры испускаются газами в атомарном состоянии</p>
<p>Полосатые спектры испускаются газами в молекулярном состоянии</p>	<p>Сплошные спектры излучаются нагретыми жидкостями и твердыми телами</p>

Спектр атома водорода

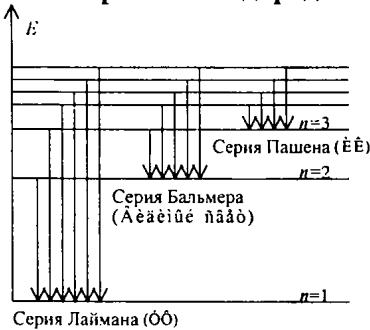


Рис. 57.

Серия Пашена – при переходе электрона на третий энергетический уровень с более высоких и лежит в **инфракрасной области**

Серия Лаймана образуется при переходе электрона на первый энергетический уровень с более высоких орбит, лежит в **ультрафиолетовой области**.

Серия Бальмера – при переходе электрона на второй энергетический уровень с более высоких и лежит в **видимой области**

При этом наблюдаются 3 линии:

- **красная** – с третьего на второй;
- **голубая** – с четвертого на второй;
- **фиолетовая** – с пятого на второй

АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Ядро атома состоит из нуклонов:

- протонов (p или 1_1H) и
- нейтронов (1_0n)

Любой элемент таблицы Менделеева можно представить:



Z – это:

- порядковый номер элемента в таблице Менделеева;
- число протонов в ядре (заряд ядра атома равен произведению элементарного электрического заряда e на его порядковый номер Z :

$$q = eZ;$$

- число электронов в атоме (атом в целом электрически нейтрален)

A – это:

- массовое число (в таблице Менделеева);
- общее число нуклонов в ядре:

$$A = Z + N,$$

где N – число нейтронов в ядре

<p>Ядерные реакции – превращения одних атомных ядер в другие при взаимодействии их с элементарными частицами или друг с другом</p>		<p>Радиоактивность – способность атомных ядер некоторых элементов спонтанно распадаться, превращаясь в ядра другого элемента</p>	
<p>Закон сохранения зарядового числа (закон сохранения заряда): сумма нижних индексов частиц, вступивших в ядерную реакцию, равна сумме нижних индексов частиц, полученных в результате реакции.</p>		<p>Закон сохранения массового числа (закон сохранения массы): сумма верхних индексов частиц, вступивших в реакцию, равна сумме верхних индексов частиц, полученных в результате реакции.</p>	
<p>Дефект массы ядра $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{я.}$</p>	<p>Энергия связи атомного ядра $\Delta E_{св} = \Delta mc^2$</p>	<p>Энергия ядерной реакции $\Delta E = \Delta m \cdot 931,5 \text{ МэВ}$</p>	
<p>Альфа-частицы (α) – это ядра атома гелия: ${}^4_2\text{He}$. Бета-частицы (β) – это электроны, летящие со скоростью, близкой к скорости света: $v = 0,99c$; ${}^0_{-1}e$. Гамма-кванты (γ) – жесткое электромагнитное излучение малой длины волны ($\lambda = 10^{-11} \div 10^{-12} \text{ м}$)</p>			
<p>Правило смещения при α-распаде ${}^A_Z X \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{A-4}_{Z-2} Y$</p>	<p>Правило смещения при β-распаде ${}^A_Z X \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^A_{Z+1} Y$</p>	<p>Закон радиоактивного распада $N = N_0 2^{\frac{t}{T}}$ или $N = N_0 e^{-\lambda t}$; $\lambda = 2,71828$</p>	
<p>Период полураспада T – время, в течение которого распадается половина наличного числа радиоактивных атомов</p>			

ПРИЛОЖЕНИЯ

Шкала электромагнитных волн

№ п/п	Типы волн	Длина волны λ
1	Радиоволны	30 км \div 1 мм
2	Инфракрасные волны	1 мм \div 0,7 мкм
3	Световые волны	0,7 мкм \div 0,4 мкм
4	Ультрафиолетовые волны	0,4 мкм \div 5 нм
5	Рентгеновские лучи	5 нм \div 4 нм
6	Гамма-лучи	4 нм \div 0,1 пм

Десятичные приставки к единицам СИ

Наименование	Обозначение	Отношение к главной единице	Наименование	Обозначение	Отношение к главной единице
фемто	ф	10^{-15}	пета	П	10^{15}
пико	п	10^{-12}	тера	Т	10^{12}
нано	н	10^{-9}	гига	Г	10^9
микро	мк	10^{-6}	мега	М	10^6
милли	м	10^{-3}	кило	к	10^3
санти	с	10^{-2}	гекто	г	10^2
деци	д	10^{-1}	дека	да	10^1

Единицы физических величин

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Размерность
Длина	L, l, s	метр	м
Ширина	b	метр	м
Высота	H, h	метр	м
Толщина	H, h	метр	м
Радиус	R, r	метр	м
Диаметр	D, d	метр	м
Время	t	секунда	с
Температура	T	Кельвин	К
Температура	t, τ, θ	градус	$^{\circ}\text{C}$

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Размерность
Площадь	S	квадратный метр	м^2
Объем	V	кубический метр	м^3
Период	T	секунда	с
Заряд	q, Q	Кулон	$\text{Кл} = \text{А} \cdot \text{с}$
Сила тока	I	Ампер	А
Потенциал	φ	Вольт	В
Напряжение	U	Вольт	В
ЭДС	ε	Вольт	В
Работа (эл.)	A	Джоуль	$\text{Дж} = \text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с}$
Энергия (эл.)	W	Джоуль	$\text{Дж} = \text{А} \cdot \text{В} \cdot \text{с}$
Мощность (эл.)	P	Ватт	$\text{Вт} = \text{А} \cdot \text{В}$
Частота	ν	Герц	$\text{с}^{-1} = \text{Гц}$
Угловая скорость	ω	Герц	$\text{с}^{-1} = \text{Гц}$
Циклическая частота	ω	Герц	$\text{с}^{-1} = \text{Гц}$
Магнитный поток	Φ	Вебер	$\text{Вб} = \text{В} \cdot \text{с}$
Коэффициент трения	μ, κ	—	—
Оптическая сила	D	диоптрия	$\text{дптр} = \text{м}^{-1}$
Магнитная проницаемость	μ	—	—
Диэлектрическая проницаемость	ε	—	—
Жесткость	k	Ньютон на метр	$\frac{\text{Н}}{\text{м}}$
Скорость	v, u	метр в секунду	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$
Ускорение	a	метр в секунду в квадрате	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Плотность	ρ	килограмм на кубический метр	$\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Сила	F	Ньютон	$\text{Н} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}$

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Размерность
Момент силы	M	Ньютон-метр	$H \cdot m = \frac{кг \cdot м^2}{с}$
Импульс тела	mv	килограмм-метр на секунду	$\frac{кг \cdot м}{с}$
Импульс силы	Fl	Ньютон-секунда	$H \cdot c = \frac{кг \cdot м}{с^2}$
Работа	A	Джоуль	$Дж = H \cdot m = \frac{кг \cdot м^2}{с^2}$
Количество теплоты	Q	Джоуль	$Дж = \frac{кг \cdot м^2}{с^2}$
Энергия	$W, E, U, П$	Джоуль	$Дж = \frac{кг \cdot м^2}{с^2}$
Мощность	N	Ватт	$Вт = \frac{Дж}{с} = \frac{кг \cdot м^2}{с^3}$
Напряжение механическое	σ	Паскаль	$Па = \frac{H}{м^2}$
Удельное сопротивление	ρ	Ом-метр	Ом \cdot м
Давление	p	Паскаль	$Па = \frac{H}{м^2}$
Удельная теплоемкость	ρ	Джоуль на килограмм Кельвин	$\frac{Дж}{кг \cdot K}$
Сопротивление	R	Ом	$\frac{B}{A}$
Проводимость	G	$\frac{1}{Ом} =$ Сименс	$\frac{A}{B}$
Емкость	C	Фарад	$\Phi = \frac{A \cdot c}{B}$
Индуктивность	L	Генри	$\Gamma_H = \frac{B \cdot c}{A}$

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Размерность
Магнитная индукция	B	Тесла	$Tл = \frac{H}{A \cdot м}$
Напряженность электрического поля	E	Вольт на метр	$\frac{В}{м}$
Напряженность магнитного поля	H	Ампер на метр	$\frac{А}{м}$
Плотность тока	j	Ампер на квадратный метр	$\frac{А}{м^2}$
Поверхностная плотность заряда	σ	Кулон на квадратный метр	$\frac{Кл}{м^2}$

Таблица основных физических констант

Константа	Обозначение	Значение
Скорость света в вакууме	c	$2,99792458 \cdot 10^8 \frac{м}{с}$
Ускорение свободного падения	g	$9,80665 \frac{м}{с^2}$
Элементарный заряд	e	$1,6021892 \cdot 10^{-19}$ Кл
Удельный заряд электрона	$\frac{e}{m}$	$1,76 \cdot 10^{11} \frac{Кл}{кг}$
Масса покоя электрона	m_e	$9,109534 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	m_p	$1,6726485 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса покоя нейтрона	m_n	$1,6749 \cdot 10^{-27}$ кг
Гравитационная постоянная	G	$6,6720 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$
Универсальная газовая постоянная	R	$8,31441 \frac{Дж}{К \cdot моль}$
Постоянная Больцмана	k	$1,380662 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$
Число Авогадро	N_A	$6,022045 \cdot 10^{23} \frac{1}{моль}$

Константа	Обозначение	Значение
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85418783 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{М}}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{М}} = 1,2610 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Гн}}{\text{М}}$
Коэффициент k в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	$9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{М}^2}{\text{Кл}^2}$
Постоянная Планка	h	$6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Мегаэлектронвольт	МэВ	$1,60219 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$
Киловатт-час	КВт-ч	$3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$
Лошадиная сила	л.с.	735,5 Вт
Атомная единица массы	<i>а.е.м.</i>	$1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Коэффициент взаимосвязи массы и энергии	$c^2 = \frac{E}{m}$	$8,9874 \cdot 10^{16} \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 931,5 \frac{\text{МэВ}}{\text{а.е.м.}}$
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	$E_{0n} = m_n c^2$	$1,505 \cdot 10^{-10} \text{ Дж} = 939,55 \text{ МэВ}$
Постоянная Ридберга	R	$3,29 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{с}}$
Постоянная Ридберга $\cdot c$	Rc	$3,29 \cdot 10^{15} \frac{1}{\text{с}} = 1,097 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{М}}$
Молярная масса водорода	μ_{H_2}	$2 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
Молярная масса гелия	μ_{He}	$4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
Молярная масса кислорода	μ_{O_2}	$32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
Молярная масса углекислого газа	μ_{CO_2}	$44 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$
Масса атома гелия	$m_{0\text{He}}$	$6,64 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса атома водорода	$m_{0\text{H}}$	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса атома азота	$m_{0\text{N}}$	$23,2 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса атома гелия	$m_{0\text{He}}$	$6,64 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Константа	Обозначение	Значение
Масса атома водорода	m_{0H}	$1,67 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса атома азота	m_{0N}	$23,2 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса атома гелия	m_{0He}	$6,64 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса атома углерода	m_{0C}	$19,9 \cdot 10^{-27}$ кг
Классический радиус электрона	r_e	$2,817938 \cdot 10^{-15}$ м

Международная система единиц (СИ)

Основные единицы системы СИ			
№ п/п	Величина	Наименование	Обозначение
1.	Длина	метр	м
2.	Масса	килограмм	кг
3.	Время	секунда	с
4.	Температура	Кельвин	К
5.	Количество вещества	моль	моль
6.	Сила электрического тока	ампер	А
7.	Сила света	кандела	кд
Дополнительные единицы системы СИ			
1.	Плоский угол	Радан	рад
2.	Телесный угол	Стерadian	ср

Используемая литература

- Хорошавина С.Г.* Справочник по физике. Ростов н/Д: «Феникс», 2002. – 544 с.
- Кабардин О.Ф.* Физика. Справочные материалы: Учебное пособие для учащихся. М.: Просвещение, 1985. – 319 с.
- Гурский И.П.* Элементарная физика с примерами решения задач. М.: Наука, 1984. – 447 с.
- Кухлинг Х.* Справочник по физике. М.: Мир, 1985. – 520 с.
- Жданов Л.С.* Учебник по физике для средних специальных учебных заведений. М.: Наука, 1975. – 590 с.

Оглавление

Буквы, используемые для обозначения величин	3
Методика решения задач по физике	4
Векторы.....	5
Основные положения, законы и формулы.....	7
Механика.....	7
<i>Кинематика</i>	8
<i>Динамика</i>	13
<i>Статика</i>	18
Простые механизмы	21
Жидкости и газы	22
Молекулярная физика	24
Термодинамика	29
Электростатика	34
Электричество	38
Магнитное поле	41
Колебания и волны	46
Оптика	50
Элементы теории относительности.....	51
Квантовая физика	52
Атомная и ядерная физика	54
Приложения	56
Шкала электромагнитных волн	56
Десятичные приставки к единицам СИ.....	56
Единицы физических величин	56
Таблица основных физических констант	59
Международная система единиц (СИ).....	61
Используемая литература	61

Справочное издание

Светлана Георгиевна Хорошавина
кандидат технических наук

ШПАРГАЛКА ПО ФИЗИКЕ

Ответственный редактор	<i>Оксана Морозова</i>
Технический редактор	<i>Галина Логвинова</i>
Корректор	<i>Светлана Кондратенко</i>
Макет обложки:	<i>Александр Вартанов</i>
Верстка:	<i>Людмила Громенко</i>

Формат 84x108 ¹/₃₂. Бумага типографская № 2.
Гарнитура Школьная. Тираж 3 000.
Заказ № 365.

ООО «Феникс»

344082, г. Ростов-на-Дону, пер. Халтуринский, 80.

Тел.: (863) 261-89-76, тел./факс: 261-89-50.

E-mail: morozovatext@aaanet.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ЗАО «Книга».
344019, г. Ростов-на-Дону, ул. Советская, 57.

Качество печати соответствует предоставленным диапозитивам.