



Для чего мы подготовили этот файл:

- тут собраны основные формулы, которые необходимо знать и уметь применять при решении задач
- удобная печатная форма, которая позволяет распечатать его и иметь всегда под рукой при выполнении заданий
- можно легко обращаться к нужным формулам и использовать их в процессе решения задач, не тратя время на поиск и запоминание (при этом формулы будут запоминаться сами по себе в процессе их применения)

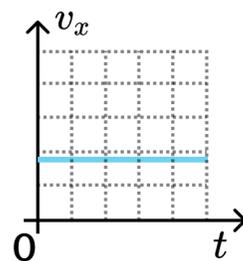
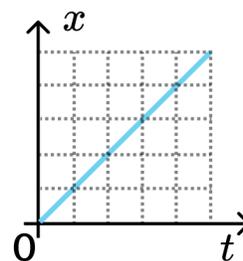
Этот документ станет твоим надёжным помощником в запоминании и применении формул.

## Равномерное движение

Скорость  $\vec{v} = \frac{\vec{S}}{\Delta t}$

Перемещение  $S = x - x_0$

Зависимость координаты от времени  $\begin{cases} x(t) = x_0 + v_x t \\ v_x = const \end{cases}$



$x$  – конечная координата тела [м]

$x_0$  – начальная координата [м]

$v_x$  – проекция скорости тела [м/с]

$t$  – время движения [с]

## Равноускоренное движение

Ускорение  $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$

Зависимость координаты и скорости от времени

$$\begin{cases} x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ v_x(t) = v_{0x} + a_x t \\ a_x = const \end{cases}$$

Формула перемещения без времени.

Или же «блатная» формула перемещения  $S = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}$

Путь при движении в одном направлении

$$S = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t$$

$x$  – конечная координата тела [м]

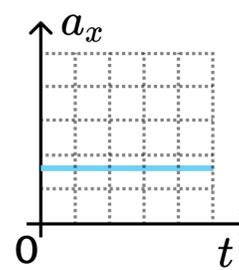
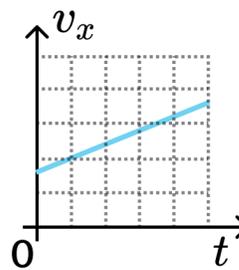
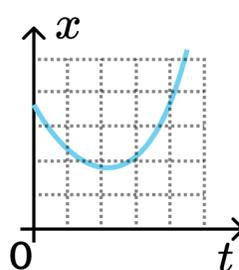
$x_0$  – начальная координата [м]

$v_x$  – проекция конечной скорости тела [м/с]

$v_{0x}$  – проекция начальной скорости тела [м/с]

$a_x$  – проекция ускорения тела [м/с<sup>2</sup>]

$t$  – время движения [с]





## Средняя скорость

Средняя скорость тела равна отношению пути ко времени, за которое этот путь пройден:

$$V_{\text{cp}} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}$$

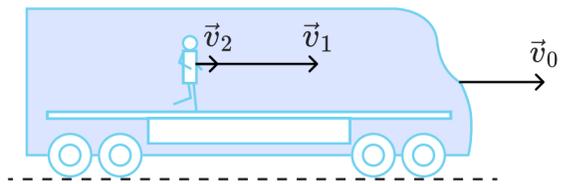
## Закон сложения скоростей

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}_0$$

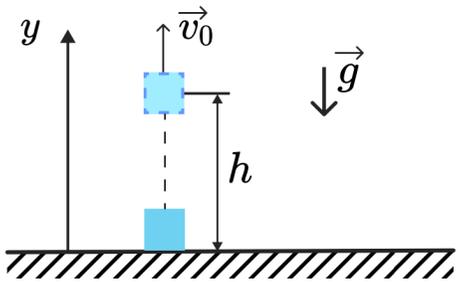
$\vec{v}_1$  – скорость тела в неподвижной СО (“абсолютная”) [м/с]

$\vec{v}_2$  – скорость тела в движущейся СО (“относительная”) [м/с]

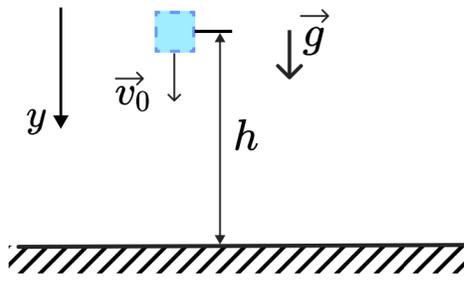
$\vec{v}_0$  – скорость движущейся СО относительно неподвижной (“переносная”) [м/с]



## Вертикальный полет



## Падение



Ускорение свободного падения всегда направлено вертикально вниз.

Для задач кинематики оно равно постоянной величине  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

$$\begin{cases} y = h + v_0 t - \frac{gt^2}{2} \\ v = v_0 - gt \end{cases}$$

$$\begin{cases} h = v_0 t + \frac{gt^2}{2} \\ v = v_0 + gt \end{cases}$$

$y$  – вертикальная координата [м]

$v_0$  – начальная скорость [м/с]

$v$  – конечная скорость [м/с]

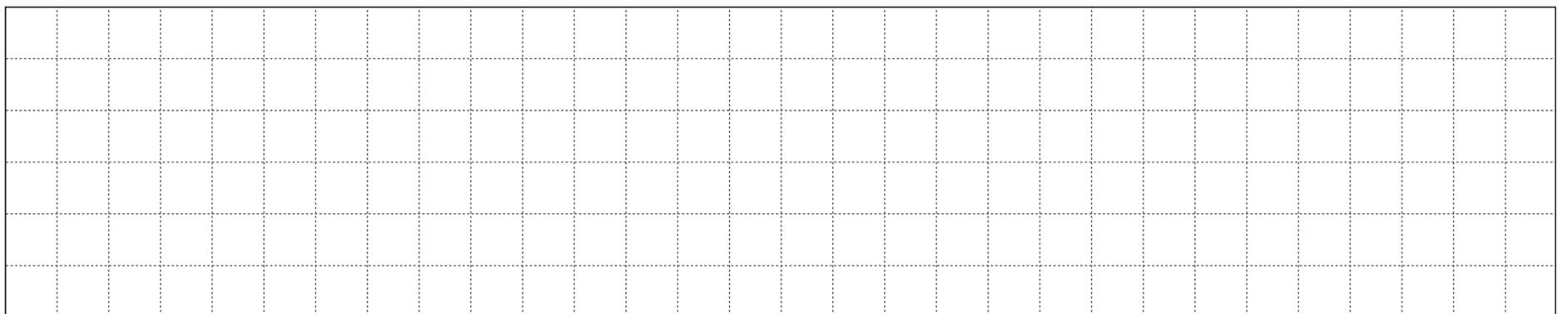
$h$  – начальная высота [м]

$g$  – ускорение свободного падения [м/с<sup>2</sup>]

$t$  – момент времени [с]

Свободное падение — это падение при  $\vec{v}_0 = 0$ .

$$\begin{cases} h = \frac{gt^2}{2} \\ v = gt \end{cases}$$





## Движение по окружности

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

Связь между угловой скоростью и частотой вращения  $\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$

Линейная скорость тела, движущегося по окружности  $v = \frac{2\pi R}{T} = \omega R$

Центростремительное ускорение  $a_{цс} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$

$\omega$  – угловая скорость [рад/с]

$T$  – период [с]

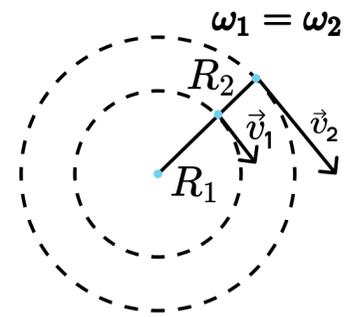
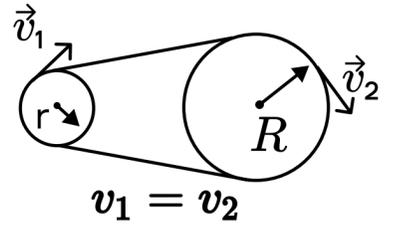
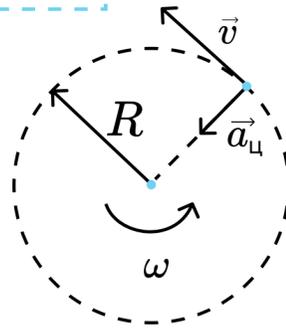
$\nu$  – частота [Гц]

$R$  – радиус окружности [м]

$a_{цс}$  – центростремительное ускорение [м/с<sup>2</sup>]

$t$  – время, в течение которого двигалось тело [с]

$N$  – количество оборотов, которое сделало тело



## Колебания и волны

### Частота и период

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

$t$  – время, в течение которого совершались колебания [с]

$N$  – количество полных колебаний

$\nu$  – частота [Гц]

$T$  – период [с]

### Пружинный маятник

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

$T$  – период [с]

$l$  – длина нити [м]

$g$  – ускорение свободного падения [м/с<sup>2</sup>]

$m$  – масса груза [кг]

$k$  – жесткость пружины [Н/м]

### Математический маятник

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

Механическая волна – колебание, распространяющееся в пространстве.

### Длина волны и скорость

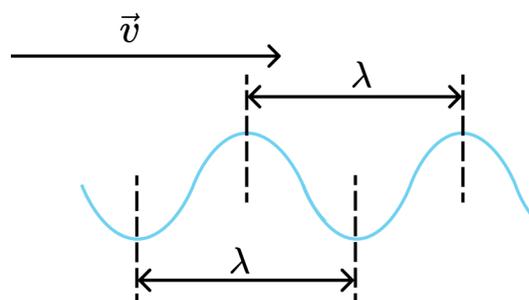
$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$

$\lambda$  – длина волны [м]

$v$  – скорость волны [м/с]

$T$  – период [с]

$\nu$  – частота [Гц]





## 1-ый закон Ньютона

Существуют такие системы отсчёта, называемые **инерциальными (ИСО)**, в которых тело, на которое не действуют силы или сумма всех сил равна 0, остаётся в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

! Все остальные законы Ньютона выполняются в ИСО

## 2-ой закон Ньютона

Векторная сумма сил, действующих на тело, равна произведению массы тела на его ускорение.

$$\Sigma \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = m\vec{a}$$

$\Sigma \vec{F}$  – векторная сумма сил [Н]

$m$  – масса [кг]

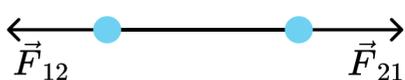
$\vec{a}$  – ускорение [м/с<sup>2</sup>]

Через импульс:  $\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t$   
(импульс силы)

## 3-ий закон Ньютона

Тела действуют друг на друга с силами, равными по величине и противоположными по направлению.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

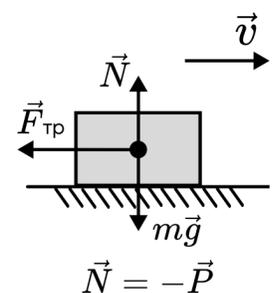


## Силы

На любое тело около поверхности Земли действует сила тяжести.

Сила тяжести:  $\vec{F} = m\vec{g}$

Приложена к центру тяжести, всегда направлена **вниз**



На любое тело, лежащее на поверхности, действует сила реакции опоры  $N$  [Н], направленная перпендикулярно поверхности.

Сила реакции опоры:  $N$

Перпендикулярна поверхности

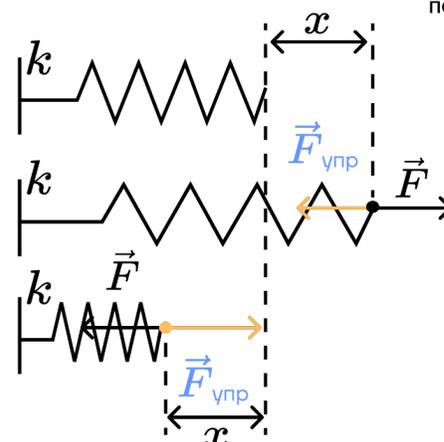
Сила упругости направлена **против деформации**.

Сила упругости: закон Гука  $F_{\text{упр}} = kx$

$F_{\text{упр}}$  – сила упругости [Н]

$k$  – коэффициент жесткости пружины [Н/м]

$x$  – растяжение пружины [м]





## Силы

Скорость движения по орбите:

$$V = \sqrt{G \frac{M_{\text{п}}}{R_{\text{орб}}}}$$

$V$  – скорость движения по орбите [м/с]

$M_{\text{п}}$  – масса планеты [кг]

$R_{\text{орб}}$  – радиус орбиты [м]

$G$  – гравитационная постоянная, равная  $6,7 \cdot 10^{-11}$  [Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>]

Закон всемирного тяготения  $F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$

Первая космическая скорость — это скорость, которую должно приобрести тело, чтобы вращаться вблизи поверхности планеты

$$V_I = \sqrt{G \frac{M}{R_{\text{земли}}}} \approx 7,9 \text{ км/с}$$

$F$  – сила притяжения тел друг к другу [Н]

$m_1$  и  $m_2$  – массы тел [кг]

$R$  – расстояние между центрами тел [м]

$G$  – гравитационная постоянная, равная  $6,7 \cdot 10^{-11}$  [Н·м<sup>2</sup>/кг<sup>2</sup>]

## Сила трения

При движении (сила трения скольжения):  $F_{\text{тр}} = \mu N$

Направлена против перемещения

Если тело покоится (сила трения покоя):  $F_{\text{тр}} \leq \mu N$

Находится через законы Ньютона

## Импульс

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

$p$  – импульс тела [кг·м/с]

$m$  – масса тела [кг]

$v$  – скорость тела [м/с]

## Закон сохранения импульса

В отсутствии действия внешних сил

(в замкнутой системе) сумма импульсов тел до

взаимодействия равна сумме импульсов тел после

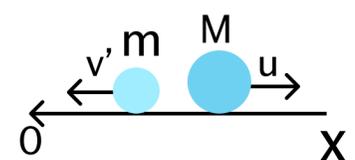
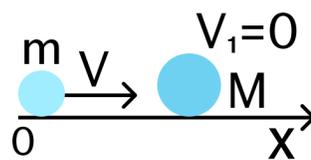
взаимодействия:  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 + \dots$

Если тел несколько, импульс системы:  $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots$

## Абсолютно упругий удар

$mV = Mu - mV'$  ЗСЭ выполняется

$$\frac{mV^2}{2} = \frac{Mu^2}{2} + \frac{mV'^2}{2}$$





## Энергия

Поднятое над поверхностью Земли тело обладает потенциальной энергией

$$E_p = mgh$$

$E_p$  — потенциальная энергия [Дж]

$m$  — масса тела [кг]

$g$  — ускорение свободного падения

$h$  — высота [м]

Движущееся тело обладает кинетической энергией

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

$E_k$  — кинетическая энергия [Дж]

$m$  — масса тела [кг]

$v$  — скорость тела [м/с]

Сжатая или растянутая пружина также обладает потенциальной энергией.

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

$E_p$  — потенциальная энергия пружины [Дж]

$k$  — коэффициент упругости(жесткость) [Н/м]

$x$  — деформация пружины [м]

Кинетическую энергию движущегося тела можно удобно выразить через его импульс:

$$E_k = \frac{p^2}{2m}$$

## Закон сохранения энергии

В замкнутой системе (в отсутствии действия внешних сил) полная механическая энергия системы сохраняется:

$$E_{\text{полн}} = E_p + E_k = \text{const}$$

(полная механическая энергия)

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

Задачу стоит решать через энергию, если:

- Не знаем, как двигается тело
- Не знаем ускорение и как действуют силы
- Силы и ускорение постоянно меняются

Когда решаем через энергию, рассматриваем только начальное и конечное положения тела.



## Работа, мощность, КПД

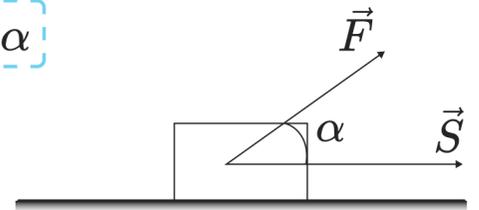
Сила, действующая на тело, совершает работу:  $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$

$A$  — механическая работа [Дж]

$F$  — сила, совершающая работу [Н]

$S$  — перемещение [м]

$\alpha$  — угол между перемещением и силой



Задачу стоит решать через работу, если:

Задача решается через работу, если начальная энергия не равна конечной энергии (энергия меняется).

Скорость совершения работы характеризует следующая физическая величина:

Мощность  $P = \frac{A}{t}$

$P$  — мощность [Вт]

$A$  — работа [Дж]

$t$  — время [с]

В случае, если под действием силы тело движется равномерно, есть ещё одна удобная формула:

Мощность  $P = F \cdot v \cdot \cos(\alpha)$ , где

$P$  — мощность [Вт]

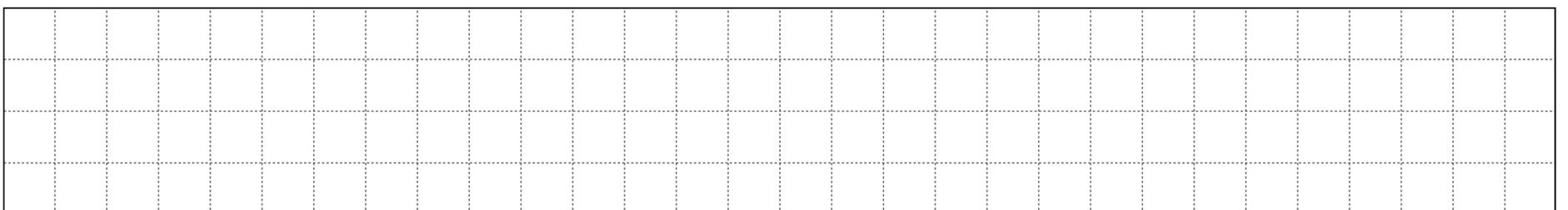
$F$  — сила [Н]

$v$  — скорость [м/с]

$\alpha$  — это угол между направлением движения тела и направлением прикладываемой к телу силы

Коэффициент полезного действия (КПД) - это величина, характеризующая энергоэффективность данного устройства, определяется как отношение полезной работы (или мощности) к затрачиваемой. Данная величина всегда меньше единицы.

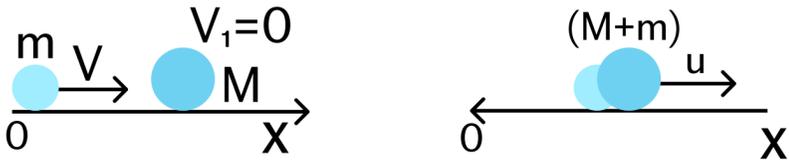
$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\% = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{з}}} \cdot 100\%$$





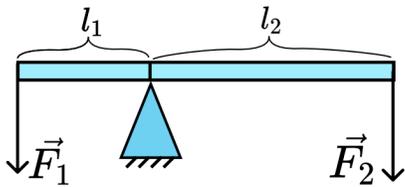
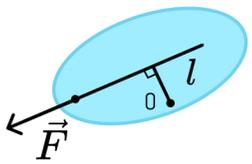
## Абсолютно неупругий удар

$mV = (M + m)u$  ЗСЭ НЕ выполняется (энергия теряется на тепло и деформацию)



## Статика, рычаги и блоки

Момент силы  $M = F \cdot l$   
плечо силы ←



$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2$$

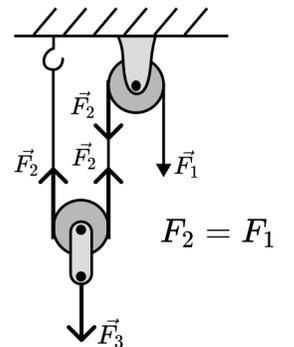
Условие равновесия вращательного движения: тело не вращается, если сумма моментов, вращающих тело по часовой стрелке, равна сумме моментов, вращающих против.

$$M_1 + M_2 + \dots + M_n = 0 \text{ или } M_{\text{по часовой}} = M_{\text{против часовой}}$$

Золотое правило механики:

во сколько раз мы выигрываем в силе, во столько раз мы проигрываем в расстоянии.

$$F_3 = 2F_2 \rightarrow \text{Подвижный блок даёт выигрыш в силе в 2 раза}$$



## Сила Архимеда

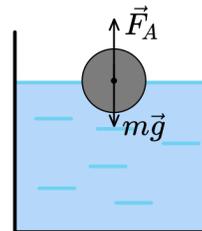
$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр}}$$

$\rho_{\text{ж}}$  – плотность жидкости [кг/м<sup>3</sup>]

$V_{\text{погр}}$  – объем погруженной части тела [м<sup>3</sup>]

$F_A$  – сила Архимеда [Н]

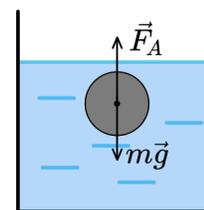
### Условие плавания тела



$$F_A > mg$$

$$\rho_{\text{ж}} > \rho_{\text{т}}$$

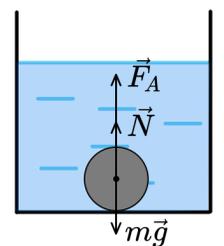
Тело всплывает



$$F_A = mg$$

$$\rho_{\text{ж}} = \rho_{\text{т}}$$

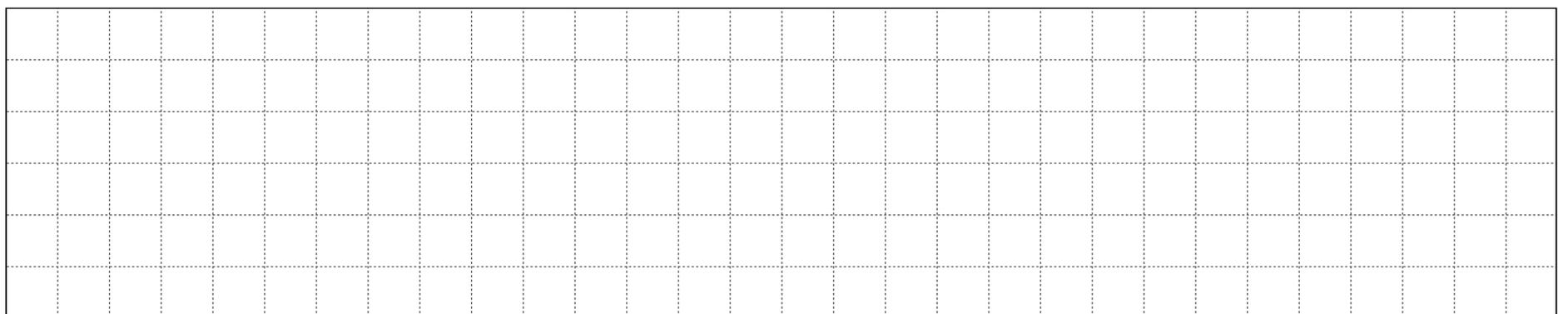
Тело плавает



$$F_A < mg$$

$$\rho_{\text{ж}} < \rho_{\text{т}}$$

Тело тонет





## Гидростатика, давление

**Давление**  $p = \frac{F}{S}$

$p$  – давление [Па]

$F$  – сила [Н]

$S$  – площадь [м<sup>2</sup>]

**Масса**  $m = \rho V$

$\rho$  – плотность вещества [кг/м<sup>3</sup>]

$V$  – объем [м<sup>3</sup>]

**Давление столба жидкости**  $p = \rho gh$

$p$  – давление [Па]

$\rho$  – плотность жидкости [кг/м<sup>3</sup>]

$g$  – ускорение свободного падения [м/с<sup>2</sup>]

$h$  – высота столба жидкости [м]

**Закон Паскаля:** давление, производимое на жидкость или газ, передается в любую точку без изменений во всех направлениях.

$$p = p_1 + p_2 + p_a$$

### Атмосферное давление

Давление, образующееся из-за столба воздуха.

$p_a \approx 100$  [кПа]  $\approx 760$  [мм. рт. ст.]

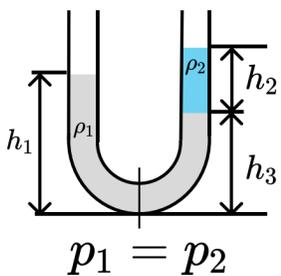
$$p_a = 10^5 \text{ Па}$$



давление внутри жидкости

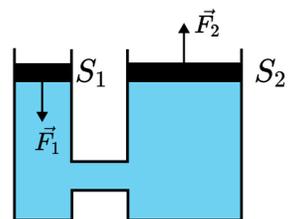
$$p = \rho gh + p_a$$

**Сообщающиеся сосуды** – соединенные между собой емкости любых форм и объемов, в которые налита жидкость.



$$\rho_1 gh_1 = \rho_2 gh_2 + \rho_1 gh_3$$

**Гидравлический пресс** – механизм, позволяющий получить выигрыш в силе.



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

$F_1$  – сила давления на малый поршень [Н]

$F_2$  – сила давления на большой поршень [Н]

$S_1$  – площадь малого поршня [м<sup>2</sup>]

$S_2$  – площадь большого поршня [м<sup>2</sup>]

## Теплота

### Нагревание/охлаждение

$$Q = cm(t_2 - t_1) \rightarrow \text{начальная температура тела } [^{\circ}\text{C}]$$

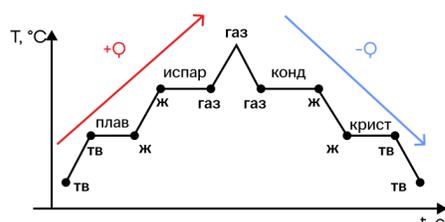
удельная теплоёмкость тела [Дж/°С·кг]

конечная температура тела [°С]

### Горение

$$Q = qm$$

удельная теплота сгорания [Дж/кг]



### Фазовый переход (плавление / кристаллизация, кипение / конденсация)

$$Q = \pm \lambda m \rightarrow \text{удельная теплота фазового перехода [Дж/кг]}$$

Минус – выделение энергии, плюс – поглощение



## Теплота

Тепловой баланс — это такое состояние системы тел, при котором в этой системе не происходит теплообмен.

$$Q_{\text{отд}} + Q_{\text{пол}} = 0$$

$Q_{\text{отд}}$  — количество теплоты, отданное телами ( $<0$ ) [Дж]

$Q_{\text{пол}}$  — количество теплоты, полученное телами ( $>0$ ) [Дж]

## Влажность

Относительная влажность

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

→ Давление насыщенного пара

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{н}}} \cdot 100\%$$

→ Плотность насыщенного пара

$\varphi$  — влажность воздуха [%]

$p$  — давление пара (парциальное давление) [Па]

$p_{\text{н}}$  — давление насыщенного пара при данной температуре [Па]

$\rho$  — абсолютная влажность [кг/м<sup>3</sup>]

$\rho_{\text{н}}$  — плотность насыщенного пара при той же температуре [кг/м<sup>3</sup>]

Давление насыщенного пара — максимальное при данной температуре.

Точка росы — это температура воздуха, при которой содержащийся в нём пар достигает состояния насыщения и начинает конденсироваться в росу.

## Электричество

Ток — направленное движение заряженных частиц.

Последовательное соединение	Параллельное соединение
$U = U_1 + U_2 + \dots$ $I_1 = I_2 = \dots$ $R_{\text{послед}} = R_1 + R_2 + \dots$	$I = I_1 + I_2 + \dots$ $U_1 = U_2 = \dots$ $\frac{1}{R_{\text{парал}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">           лайфхак: при  <math>R_1 = R_2 = \dots = R_n</math>  <math>R = nR_1</math> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;">           лайфхак: при  <math>R_1 = R_2 = \dots = R_n</math>  <math>R = \frac{R_1}{n}</math> </div>

Сила тока

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

→ заряд [Кл]  
→ время его протекания [с]

Закон Ома

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

→ напряжение на участке [В]  
→ сопротивление участка [Ом]

Сопротивление проводника

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

↑ удельное сопротивление [Ом · мм<sup>2</sup>/м]  
→ длина проводника [м]  
→ площадь сечения [мм<sup>2</sup>]



## Электричество

При касании заряды в проводниках распределяются поровну.

**Суммарный заряд сохраняется**  $q_1 + q_2 + \dots + q_n = n \cdot q$

**Работа по перемещению заряда**  $A = qU$   $q$  – заряд [Кл]  
 $U$  – напряжение [В]

## Закон Джоуля-Ленца, Мощность тока

**Мощность тока**

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

$P$  – мощность тока [Вт]

$I$  – сила тока [А]

$R$  – сопротивление [Ом]

$U$  – напряжение [В]

**Теплота**

$$Q = P \cdot t$$

**Закон Джоуля-Ленца**

$$Q = I^2 R t \quad Q = Pt = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t$$

$Q$  – выделяющаяся теплота [Дж]

$P$  – мощность тока [Вт]

$I$  – сила тока [А]

$R$  – сопротивление [Ом]

$U$  – напряжение [В]

$t$  – время [с]

## Амперметр и вольтметр

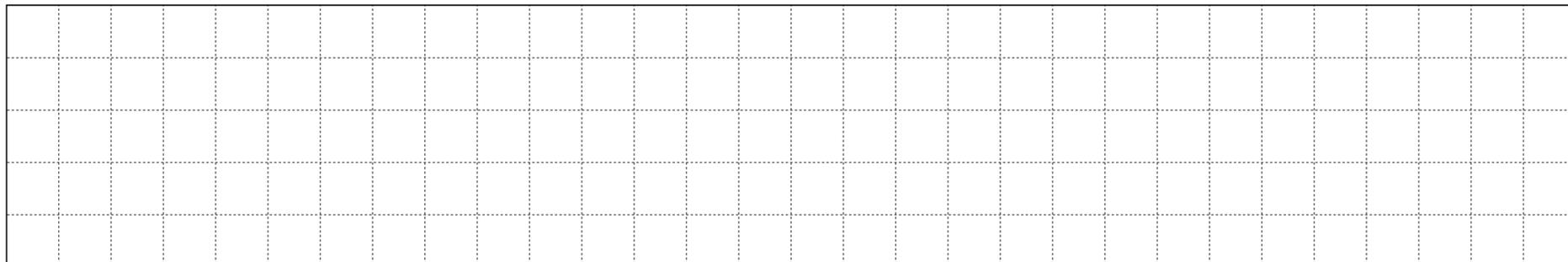
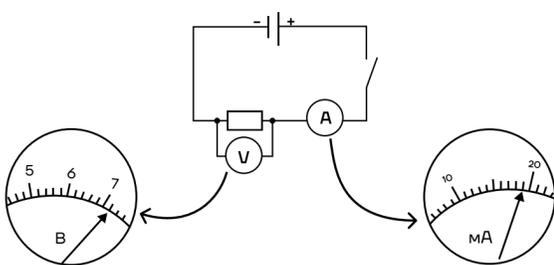
**Подключение измерительных приборов в электрическую цепь**

→ Идеальный амперметр имеет нулевое сопротивление и всегда подключается в цепь последовательно.

При параллельном подключении его можно считать проводом.

→ Идеальный вольтметр имеет бесконечное сопротивление и всегда подключается в цепь параллельно.

При последовательном подключении в ветви с вольтметром тока не будет.

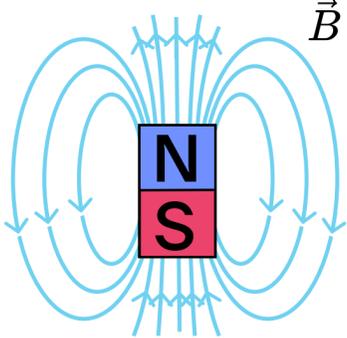




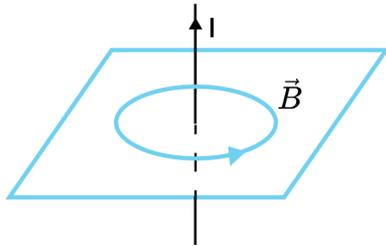
## Магнетизм

### Магнитное поле

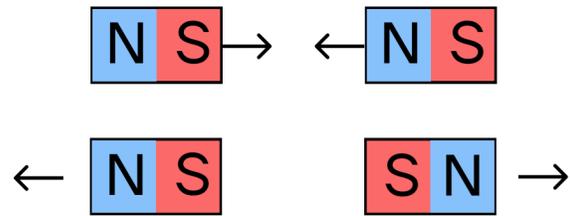
постоянного магнита



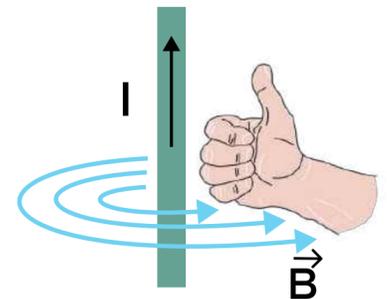
прямого тока



Разные полюса магнитов притягиваются, а одинаковые – отталкиваются.



**Правило правой руки:** если направить большой палец правой руки по направлению электрического тока, то остальные четыре пальца покажут направление линий вектора магнитной индукции.



### Сила Ампера

$$F_A = BIL \sin \alpha$$

$I$  – сила тока [А]

$B$  – вектор магнитной индукции [Тл]

$L$  – длина проводника [м]

$\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции и направлением тока в проводнике

### Сила Лоренца

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

$q$  – заряд частицы [Кл]

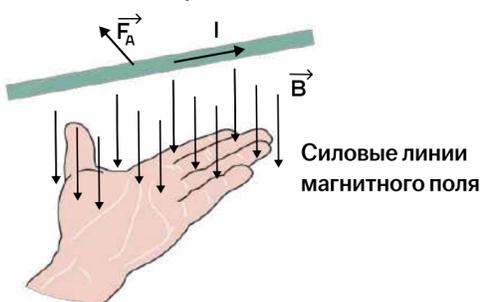
$B$  – вектор магнитной индукции [Тл]

$v$  – скорость частицы [м/с]

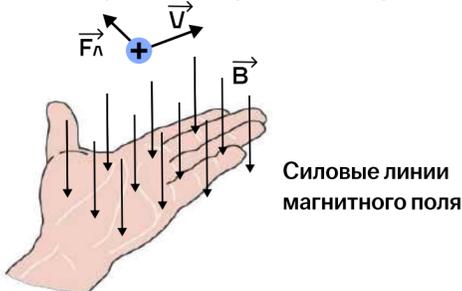
$\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции и направлением скорости частицы

**Правило левой руки:** если направить левую руку в направлении скорости положительной частицы так, чтобы магнитное поле входило в ладонь, то сила Лоренца будет направлена в ту же сторону, что и большой палец.

Сила, действующая на проводник – сила Ампера



Сила, действующая на заряд – сила Лоренца

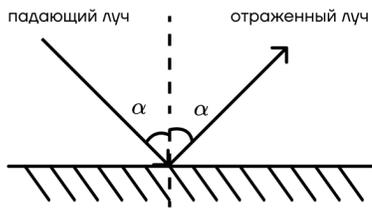


Для отрицательного заряда ( $q < 0$ ) направление силы Лоренца меняется на противоположное

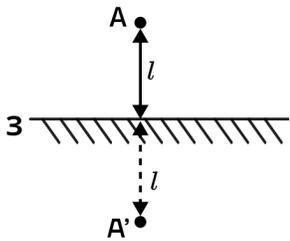


## Оптика

### Отражение



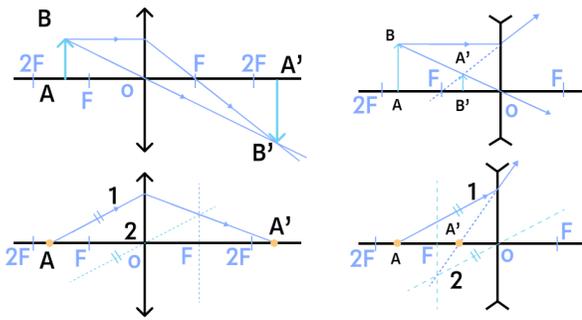
### Плоское зеркало



### Переход световой волны из одной среды в другую

$$v = \text{const} \quad v = \frac{c}{n}$$

$c$  — скорость света в вакууме  
 $n$  — показатель преломления



### Увеличение в линзах

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$$

$\Gamma$  – линейное увеличение

$H$  – высота изображения [м]

$h$  – высота предмета [м]

### Преломление света

#### Закон Снеллиуса (закон преломления света)

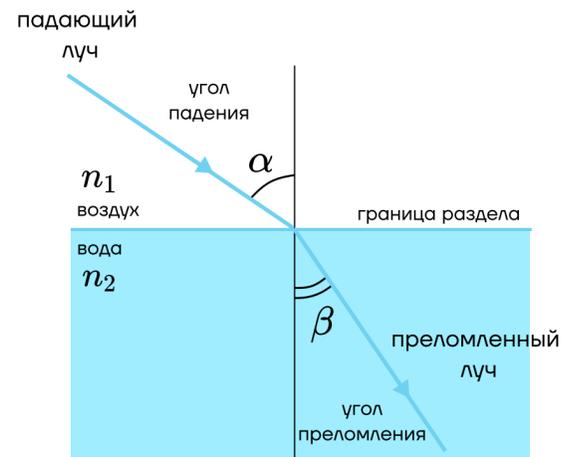
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$\sin \alpha$  – синус угла падения

$\sin \beta$  – синус угла преломления

$n_1$  – показатель преломления среды, из которой падает свет

$n_2$  – показатель преломления среды, в которую падает свет



### Оптическая сила линзы

$$D = \frac{1}{F}$$

### Формула тонкой линзы

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

Если изображение действительное, то перед  $1/f$  берется знак "+".

Если изображение мнимое, то перед  $1/f$  берется знак "-".

Если линза собирающая, то перед  $1/F$  берется знак "+".

Если линза рассеивающая, то перед  $1/F$  берется знак "-".

$D$  – оптическая сила [дптр]

$F$  – фокусное расстояние [м]

$d$  – расстояние от линзы до предмета [м]

$f$  – расстояние от линзы до изображения [м]





## Ядерная физика



$A$  – массовое число

$Z$  – зарядовое число

$A = N_p + N_n$  – сумма протонов и нейтронов

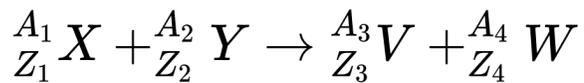
$Z = N_p$  – число протонов

(в нейтральном атоме  
число протонов = числу электронов)

### Период полураспада

Время, за которое распадается половина радиоактивного вещества.

### Ядерные реакции



Закон сохранения массового числа:  $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

Закон сохранения зарядового числа:  $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

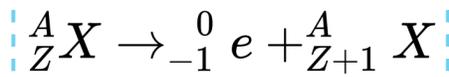
$\alpha$  – распад

(испускание ядра гелия He)



$\beta$  – распад

(испускание электрона)



$\gamma$  – распад

(испускание гамма-частицы)

