



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)

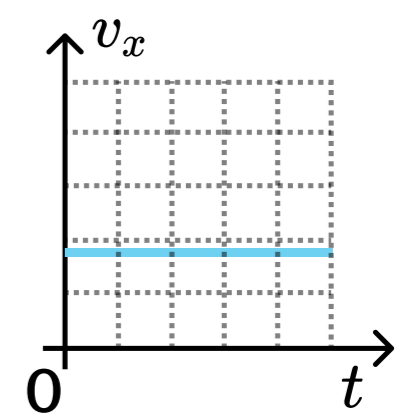
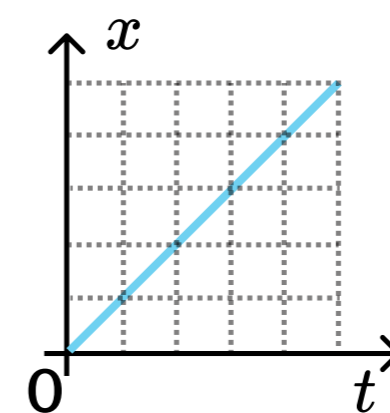
Этот документ станет твоим надёжным помощником в запоминании и применении формул.

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

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

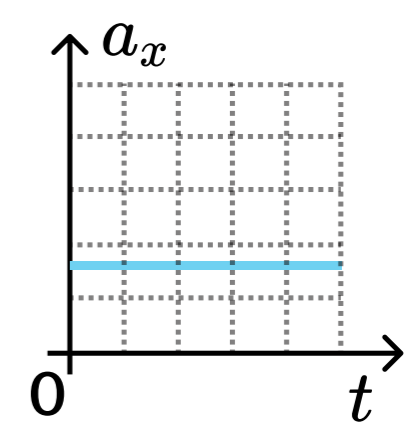
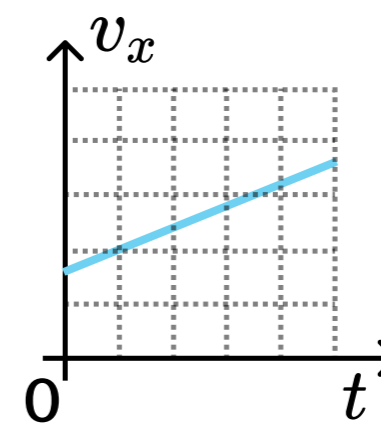
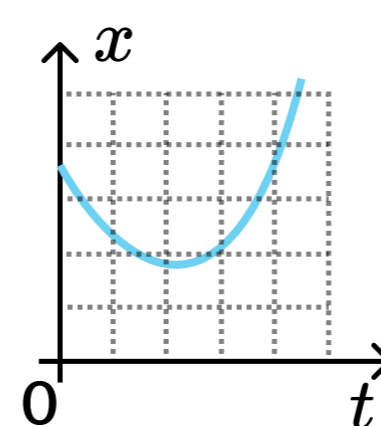
Формула перемещения без времени.

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/с²]
- t – время движения [с]





Средняя скорость

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

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

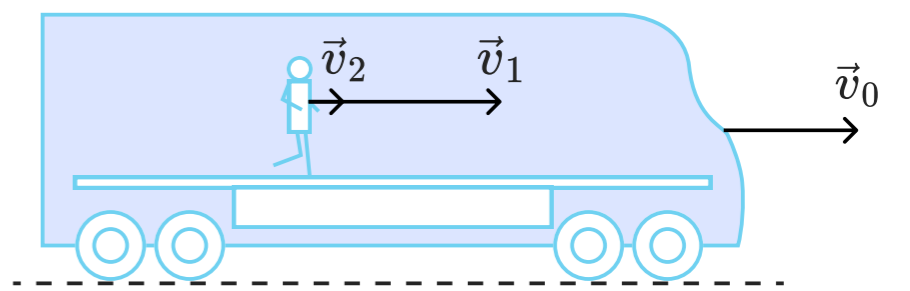
Закон сложения скоростей

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

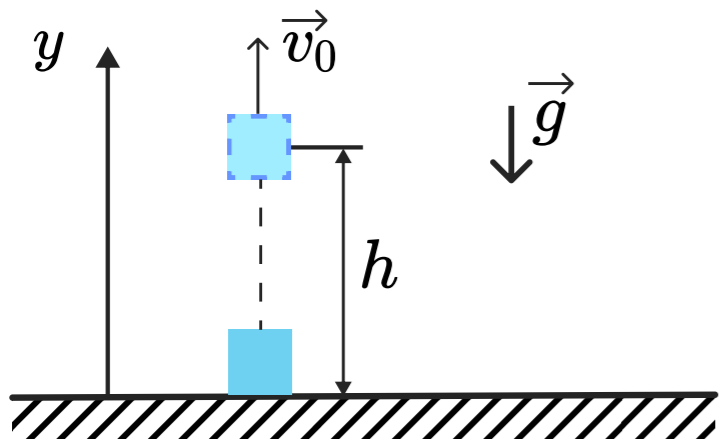
\vec{v}_1 – скорость тела в неподвижной СО (“абсолютная”) [м/с]

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

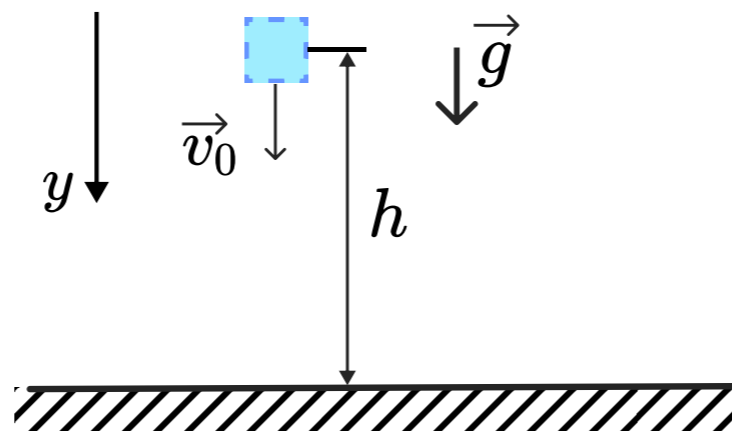
\vec{v}_0 – скорость движущейся СО относительно неподвижной (“переносная”) [м/с]



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]

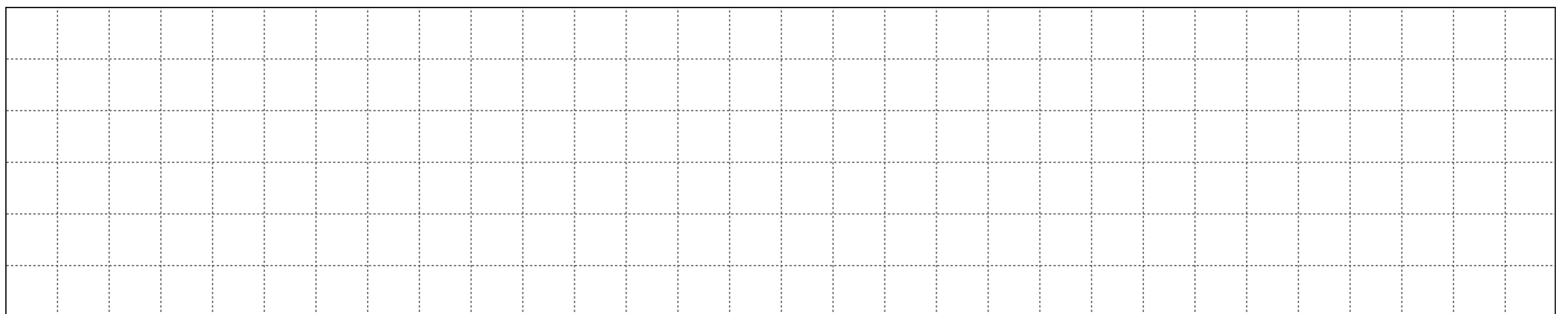
h – начальная высота [м]

g – ускорение свободного падения [м/с²]

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

ω – угловая скорость [рад/с]

T – период [с]

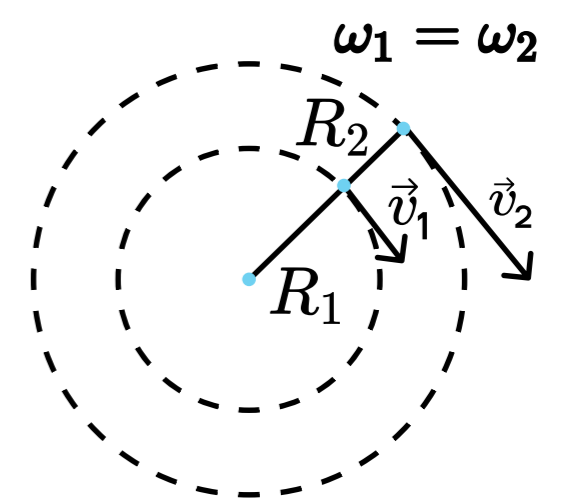
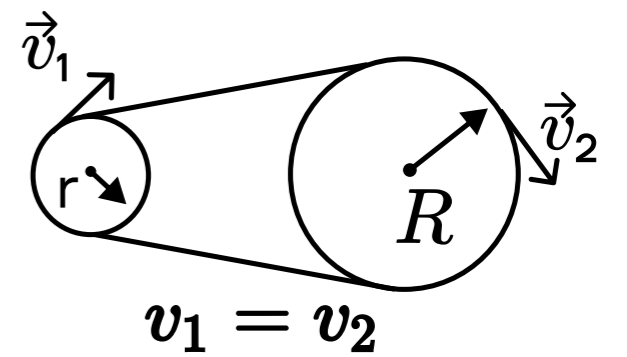
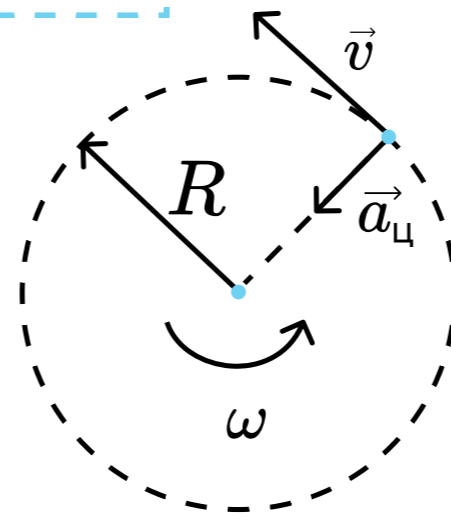
ν – частота [Гц]

R – радиус окружности [м]

$a_{цс}$ – центростремительное ускорение [м/с²]

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

ν – 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/с²]

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

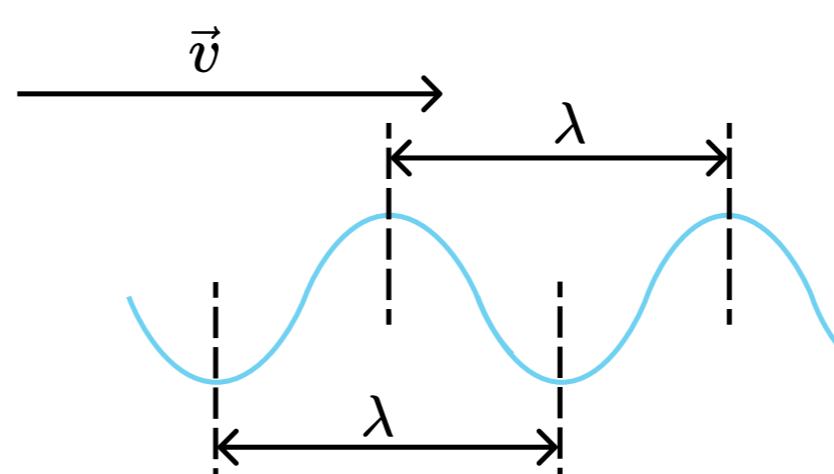
$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$

λ – длина волны [м]

v – скорость волны [м/с]

T – период [с]

ν – 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.

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

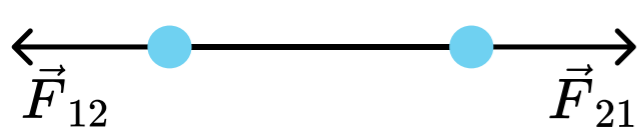
$\Sigma \vec{F}$ – векторная сумма сил [Н]
 m – масса [кг]
 \vec{a} – ускорение [м/с²]

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.

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

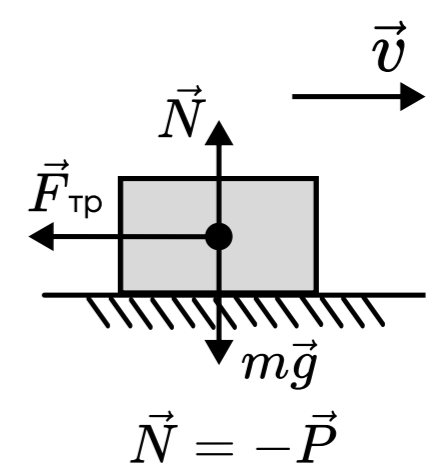


Силы

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

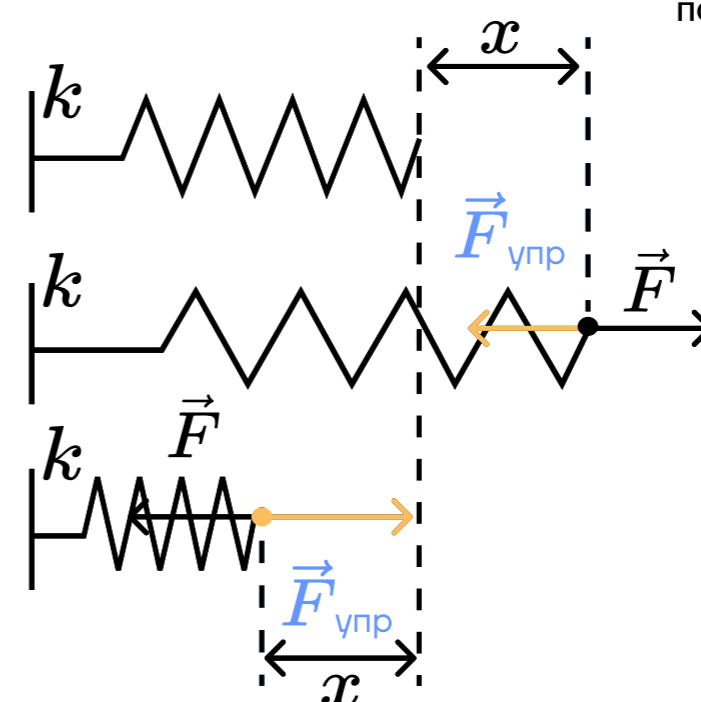
Сила упругости направлена **против деформации**.

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·м²/кг²]

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

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·м²/кг²]

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

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

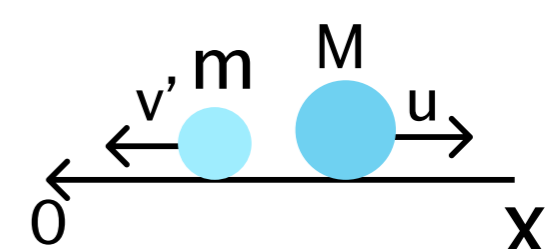
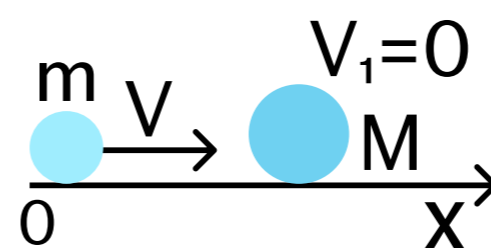
взаимодействия: $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 + \dots$

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 движется 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

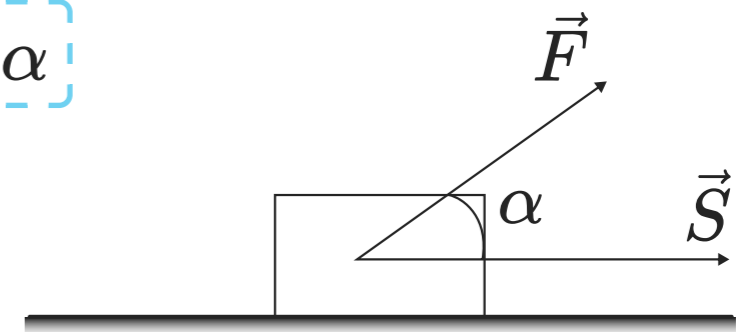
Сила, действующая на тело, совершает работу: $A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$

A — механическая работа [Дж]

F — сила, совершающая работу [Н]

S — перемещение [м]

α — 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]

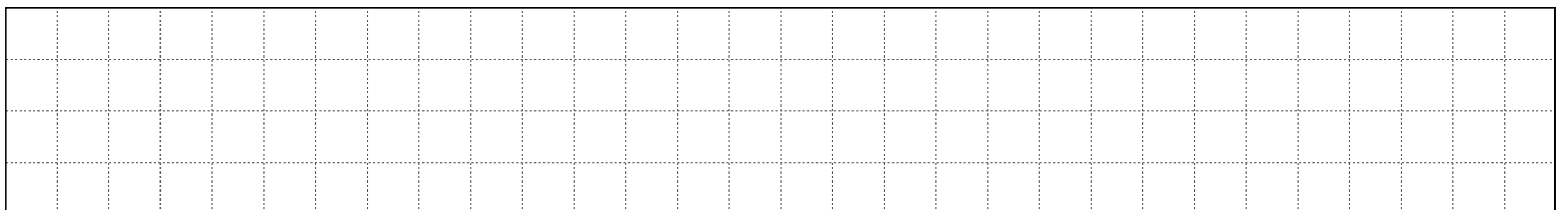
F — сила [Н]

v — скорость [м/с]

α — 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.

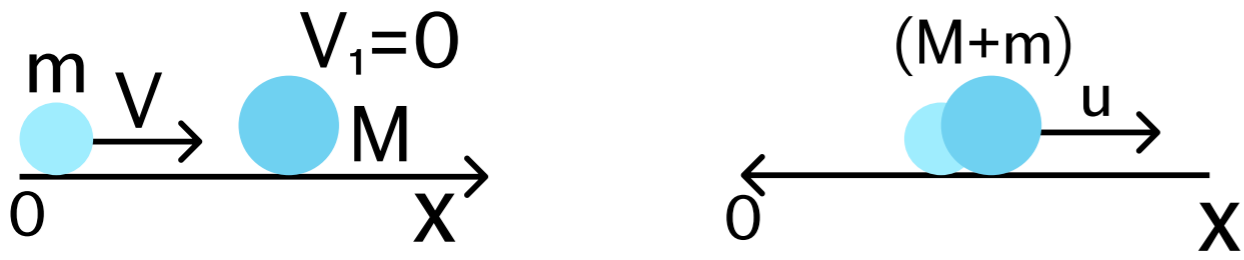
$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{з}}} \cdot 100\% = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{з}}} \cdot 100\%$$





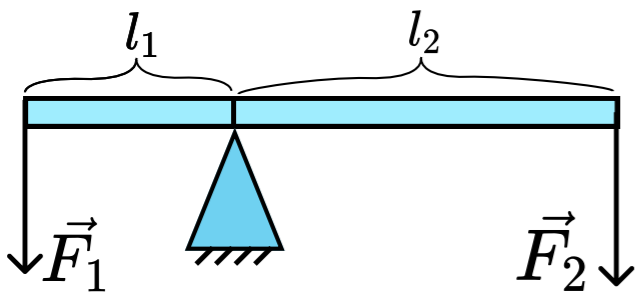
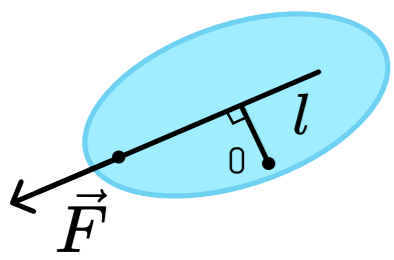
Абсолютно неупругий удар

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



Статика, рычаги и блоки

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



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

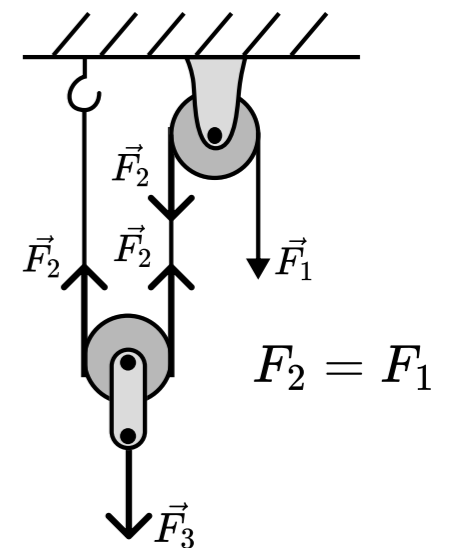
Условие равновесия вращательного движения: тело не вращается, если сумма моментов, вращающих тело по часовой стрелке, равна сумме моментов, вращающих против.

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

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

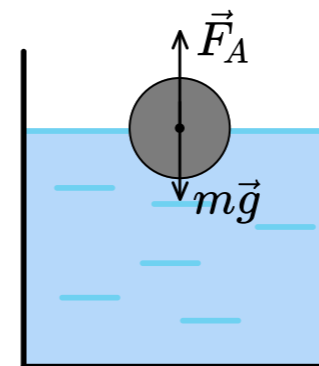
$$F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр}}$$

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости [кг/м³]

$V_{\text{погр}}$ – объем погруженной части тела [м³]

F_A – сила Архимеда [Н]

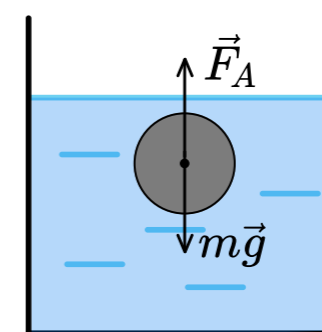
Условие плавания тела



$$F_A > mg$$

$$\rho_{\text{ж}} > \rho_{\text{т}}$$

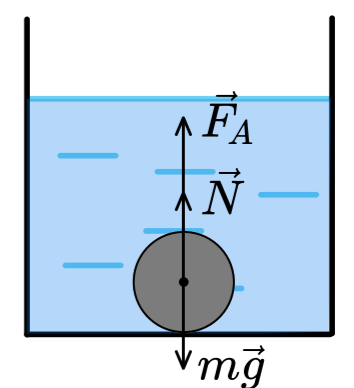
Тело всплывает



$$F_A = mg$$

$$\rho_{\text{ж}} = \rho_{\text{т}}$$

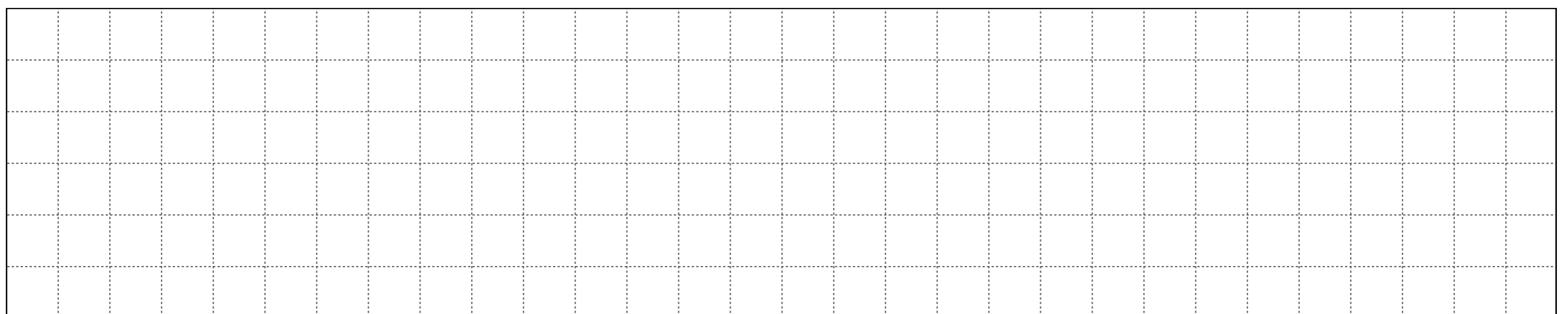
Тело плавает



$$F_A < mg$$

$$\rho_{\text{ж}} < \rho_{\text{т}}$$

Тело тонет





Гидростатика, давление

Давление $p = \frac{F}{S}$

p – давление [Па]

F – сила [Н]

S – площадь [м²]

Масса $m = \rho V$

ρ – плотность вещества [кг/м³]

V – объем [м³]

Давление столба жидкости $p = \rho gh$

p – давление [Па]

ρ – плотность жидкости [кг/м³]

g – ускорение свободного падения [м/с²]

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] ≈ 760 [мм. рт. ст.]

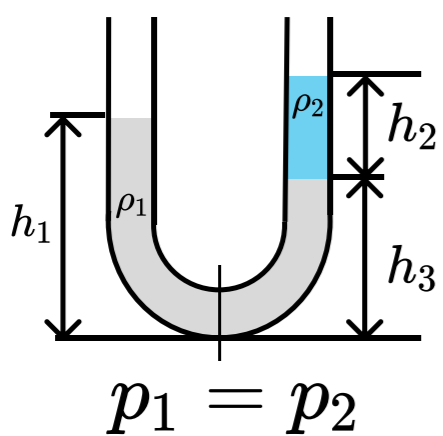
$$p_a = 10^5 \text{ Па}$$



давление внутри жидкости

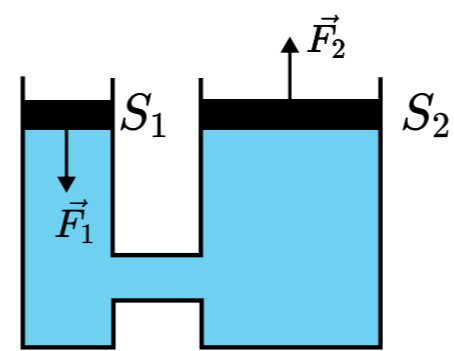
$$p = \rho gh + p_a$$

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 [м²]

S_2 – площадь большого поршня [м²]

Теплота

Нагревание/охлаждение

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

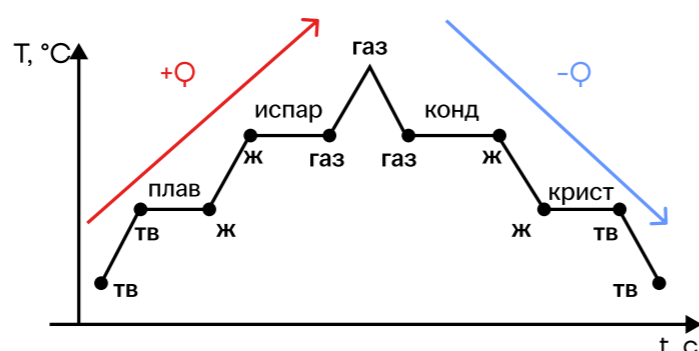
удельная теплоёмкость тела [Дж/°С·кг]

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

φ — влажность воздуха [%]

p — давление пара (парциальное давление) [Па]

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

ρ — абсолютная влажность [кг/м³]

$\rho_{\text{н}}$ — плотность насыщенного пара при той же температуре [кг/м³]

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 $R_1 = R_2 = \dots = R_n$ $R = nR_1$ </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> лайфхак: при $R_1 = R_2 = \dots = R_n$ $R = \frac{R_1}{n}$ </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 · мм²/м]
→ длина проводника [м]
→ площадь сечения [мм²]



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

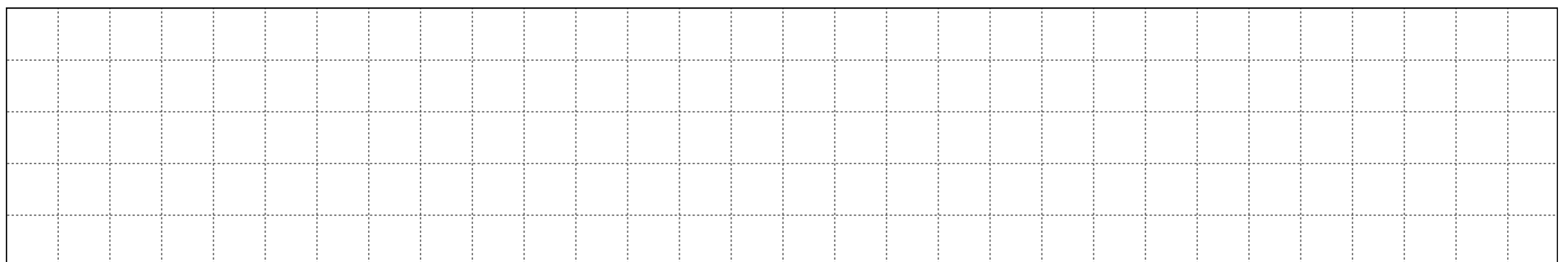
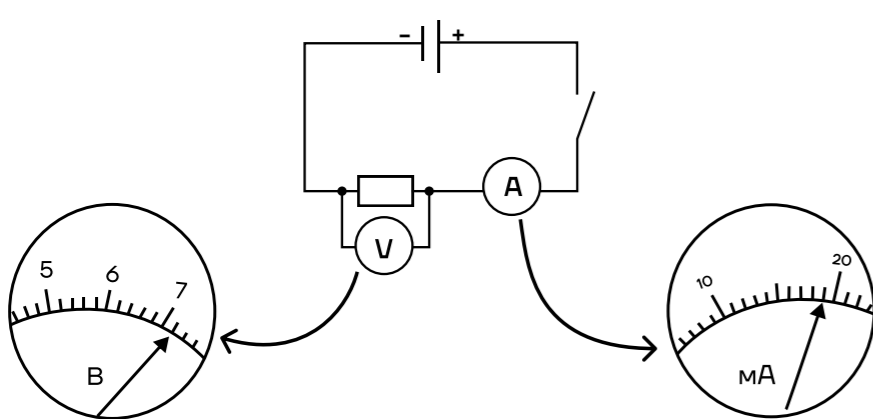
Подключение измерительных приборов в электрическую цепь

→ 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.

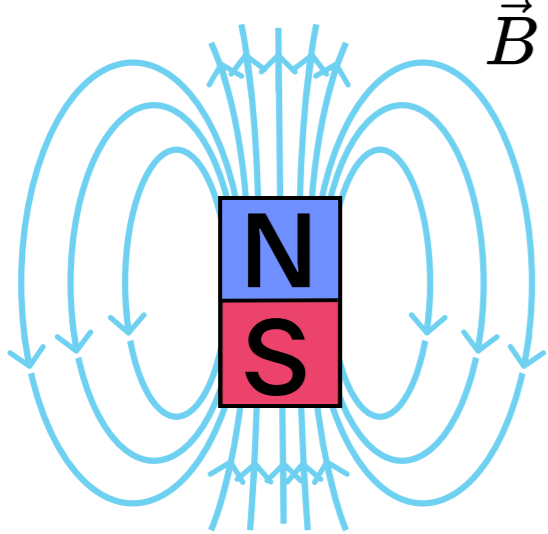




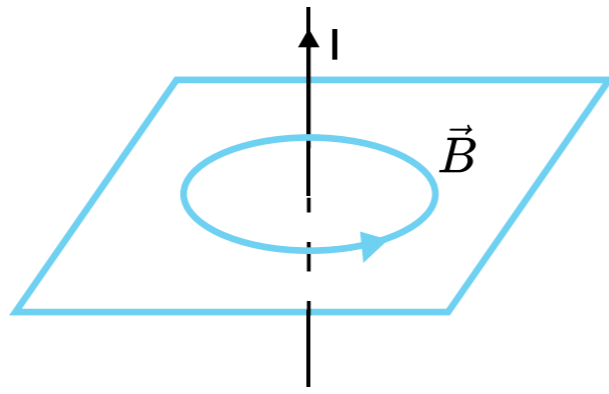
Магнетизм

Магнитное поле

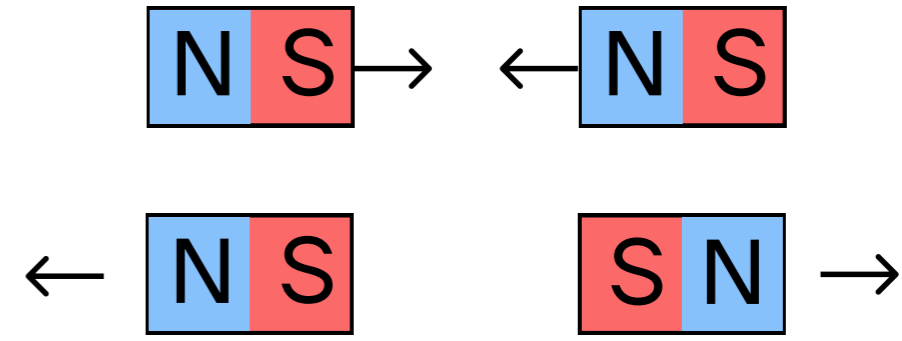
постоянного магнита



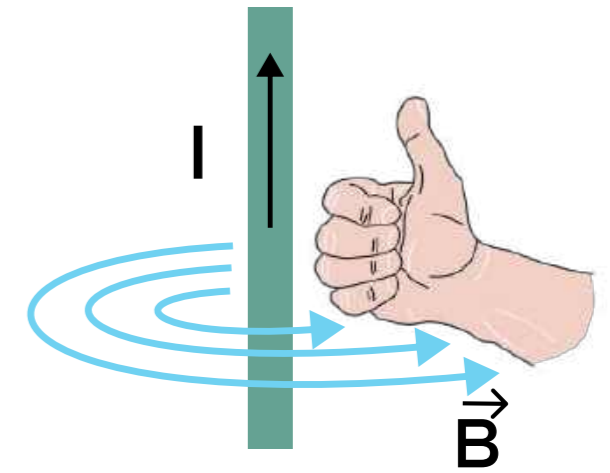
прямого тока



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]

α – угол между вектором магнитной индукции и направлением тока в проводнике

Сила Лоренца

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

q – заряд частицы [Кл]

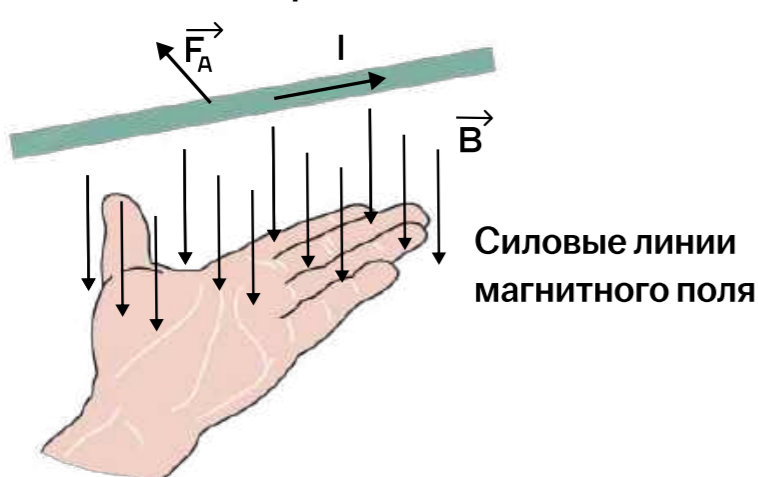
B – вектор магнитной индукции [Тл]

v – скорость частицы [м/с]

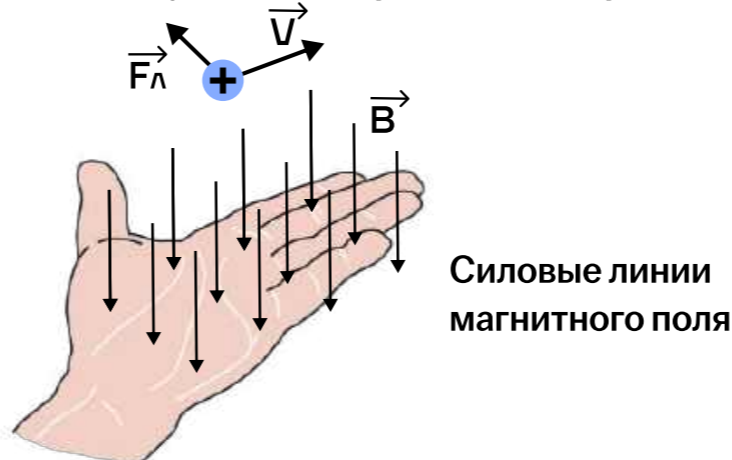
α – угол между вектором магнитной индукции и направлением скорости частицы

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

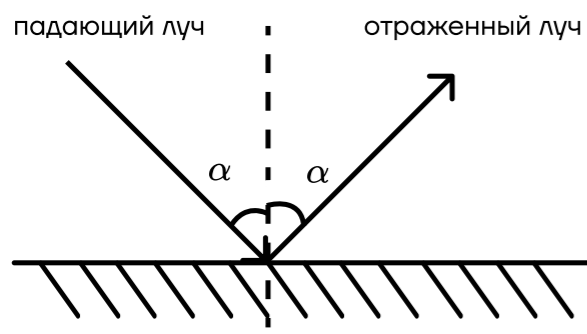


Для отрицательного заряда ($q < 0$) направление силы Лоренца меняется на противоположное

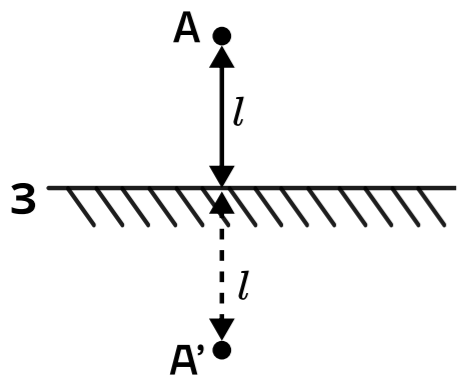


Оптика

Отражение



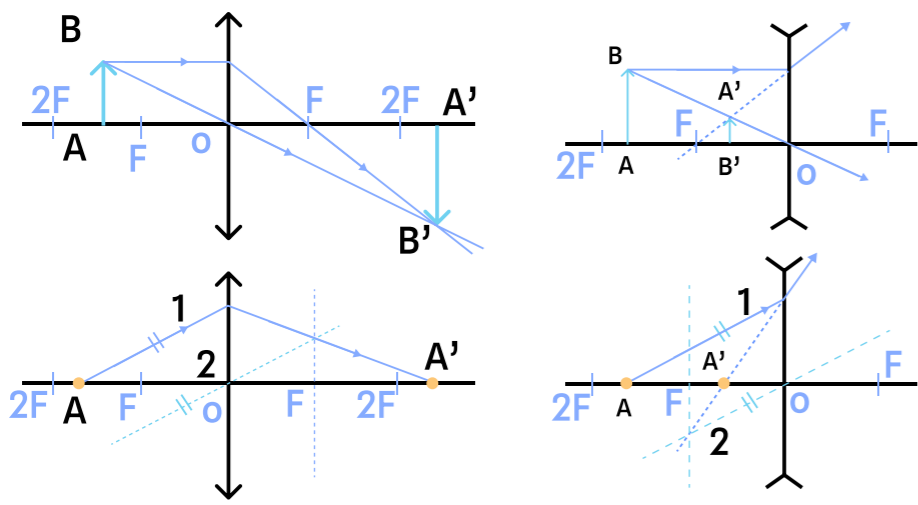
Плоское зеркало



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

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

Γ – линейное увеличение

H – высота изображения [м]

h – высота предмета [м]

Преломление света

Закон Снеллиуса (закон преломления света)

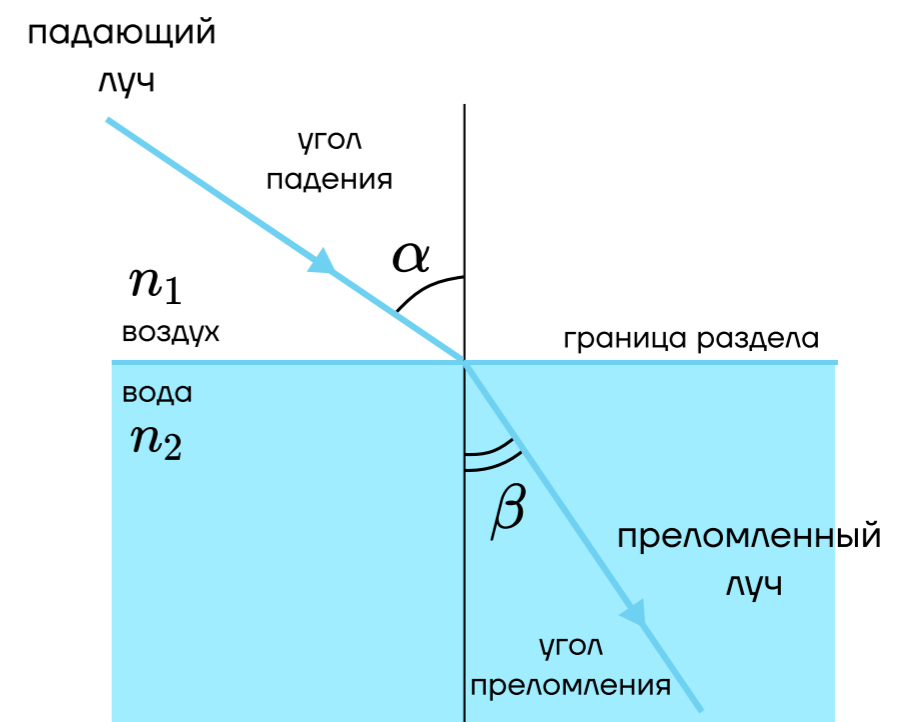
$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$\sin \alpha$ – 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]

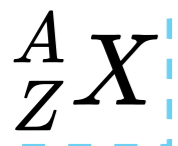
d – расстояние от линзы до предмета [м]

f – расстояние от линзы до изображения [м]





Ядерная физика



A – массовое число

Z – зарядовое число

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

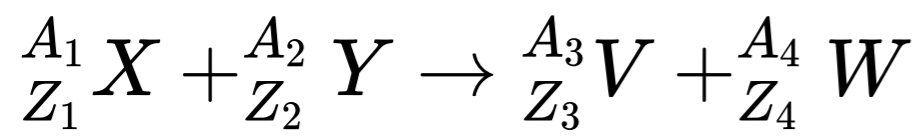
$Z = N_p$ – число протонов

(в нейтральном атоме
число протонов = числу электронов)

Период полураспада

Время, за которое распадается половина радиоактивного вещества.

Ядерные реакции

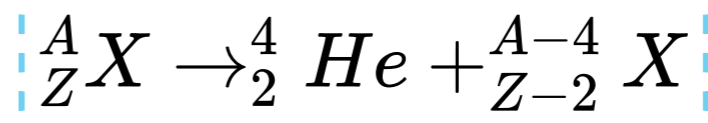


Закон сохранения массового числа: $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

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

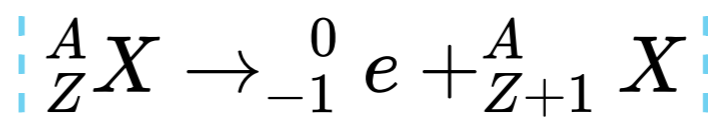
α – распад

(испускание ядра гелия He)



β – распад

(испускание электрона)



γ – распад

(испускание гамма-частицы)

