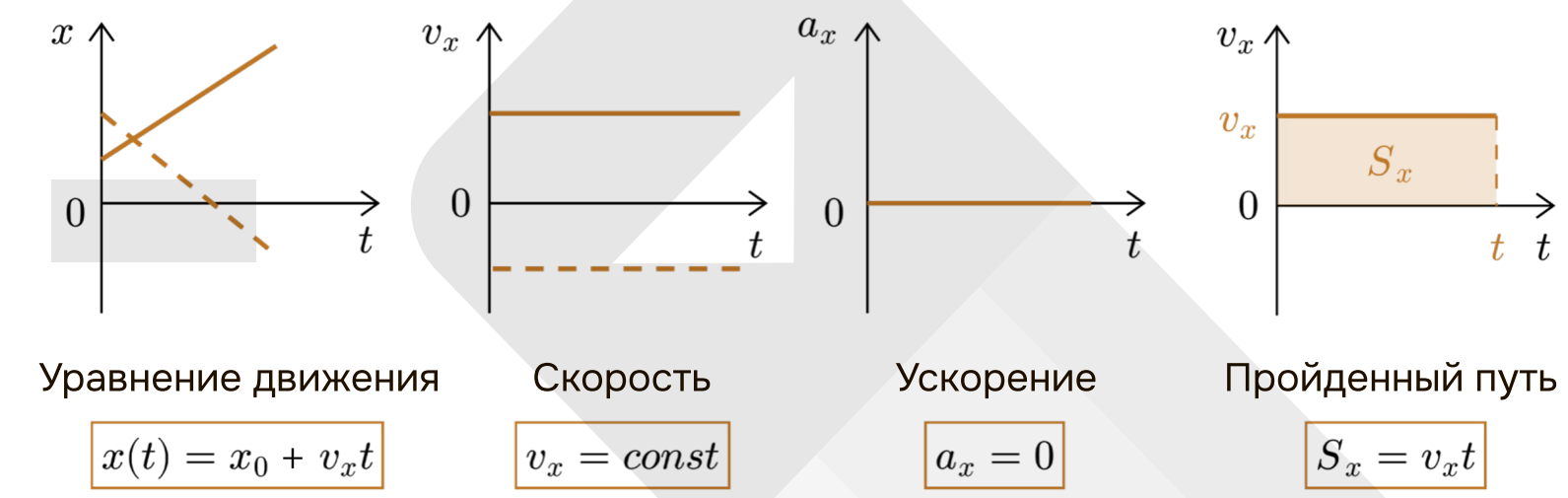


Кинематика

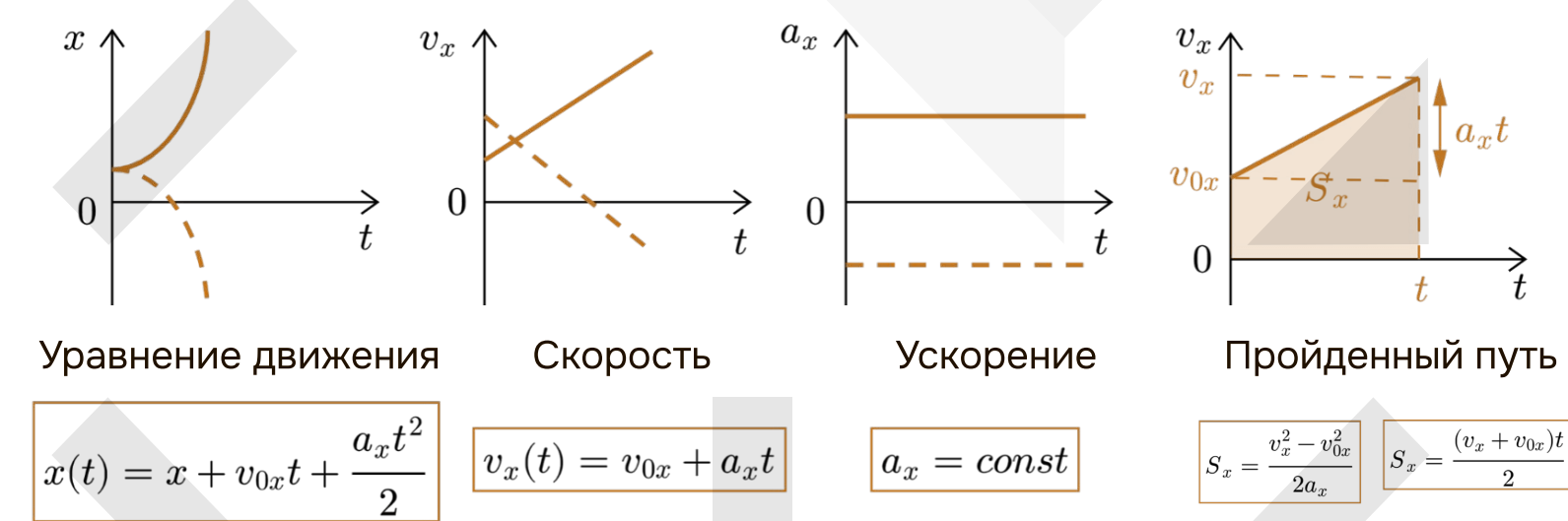
Материальная точка — тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи

Система отсчета — тело отсчета вместе с жестко связанной с ним системой координат и часами

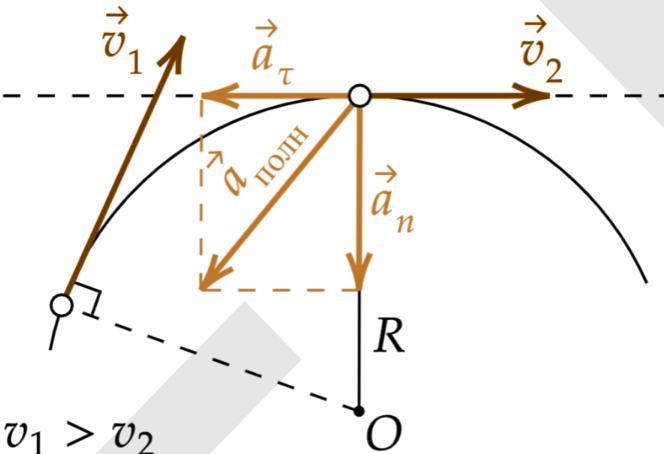
Прямолинейное равномерное движение



Прямолинейное равноускоренное движение

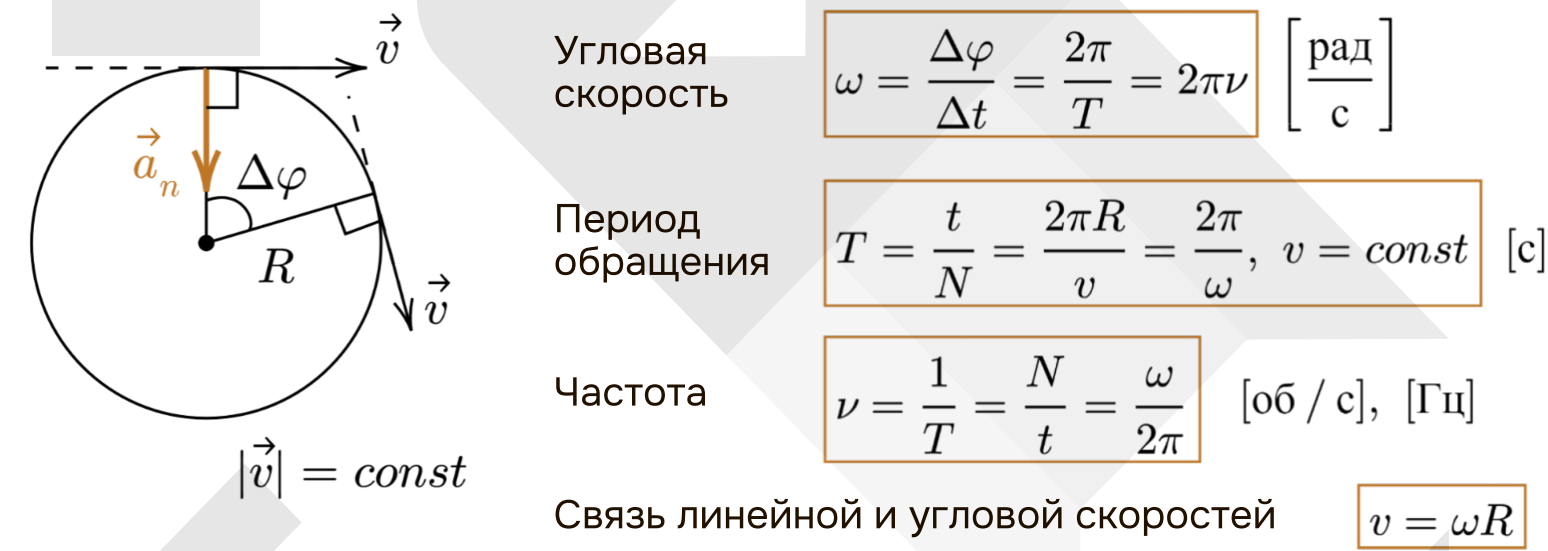


Криволинейное движение



Название	Формула	Направление	Когда появляется
Нормальное a_n ($a_{цс}$)	$a_n = \frac{v^2}{R}$ $a_n = \omega^2 R$	$\vec{a}_n \perp \vec{v}$, к центру окружности	Меняется направление вектора скорости $\vec{v}$
Тангенциальное a_τ	$a_\tau = v'(t)$ Если $a_\tau = const$: $a_\tau = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	По касательной к траектории, $\vec{a}_\tau \parallel \vec{v}$ Если $v \uparrow$: $\vec{a}_\tau \uparrow \parallel \vec{v}$ Если $v \downarrow$: $\vec{a}_\tau \uparrow \downarrow \vec{v}$	Меняется модуль вектора скорости $ \vec{v} $ (меняется значение v)
Полное $a_{полн}$	$\vec{a}_{полн} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$ $a_{полн} = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$	Внутрь траектории	—

Равномерное движение по окружности



Динамика

Законы Ньютона

1. Существуют такие системы отсчета, называемые инерциальными (ИСО), относительно которых материальные точки, когда на них не действуют никакие силы (или действуют силы взаимно уравновешенные), находятся в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}_i}{m}$$

2. В ИСО ускорение, которое получает материальная точка с постоянной массой, прямо пропорционально равнодействующей всех приложенных к ней сил и обратно пропорционально её массе.

3. Два тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению. Эти силы имеют одну и ту же физическую природу и направлены вдоль прямой, соединяющей их точки приложения.

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

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



Силы в механике

Гравитационная сила действует со стороны массивного тела (планета, спутник, звезда) по прямой. Точка приложения — центр масс данного тела.

Закон всемирного тяготения справедлив, если:

- тела являются однородными шарами
- одно из тел — однородный шар, а другое — материальная точка, находящаяся вне шара

$$F_{гп} = G \frac{Mm}{R^2}$$

Сила тяжести действует со стороны планеты Земля вертикально вниз, точка приложения — центр масс данного тела.

$$F_{тяж} = mg$$

Если тело на высоте h над поверхностью планеты, то для силы тяжести:

$$mg(h) = G \frac{mM}{(R+h)^2}$$



Сила упругости действует со стороны деформированного упругого тела (пружины) противоположного деформации тела. Точка приложения — точка соприкосновения пружины и тела.

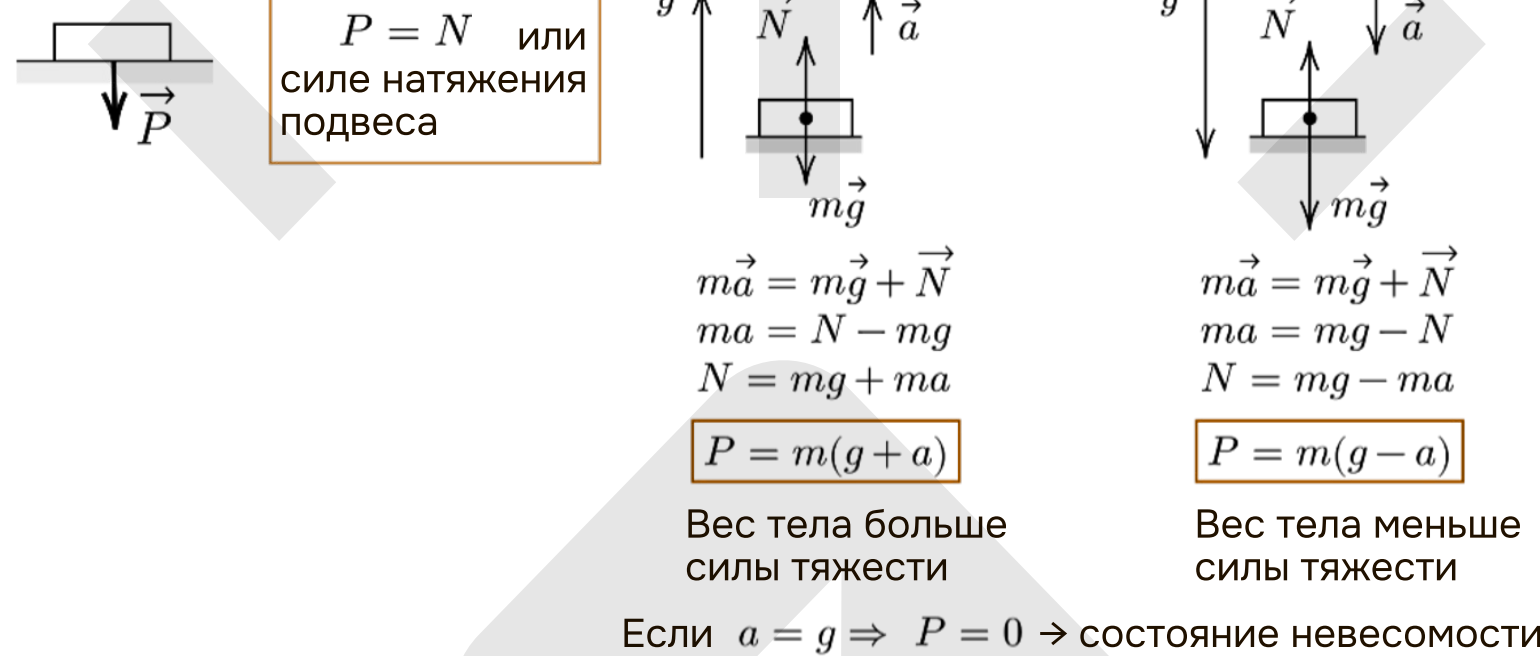
$$F_{упр} = -k\Delta x$$
 — закон Гука

$|F_{упр}|$ — модуль силы упругости. Знак минуса часто опускается при решении задач

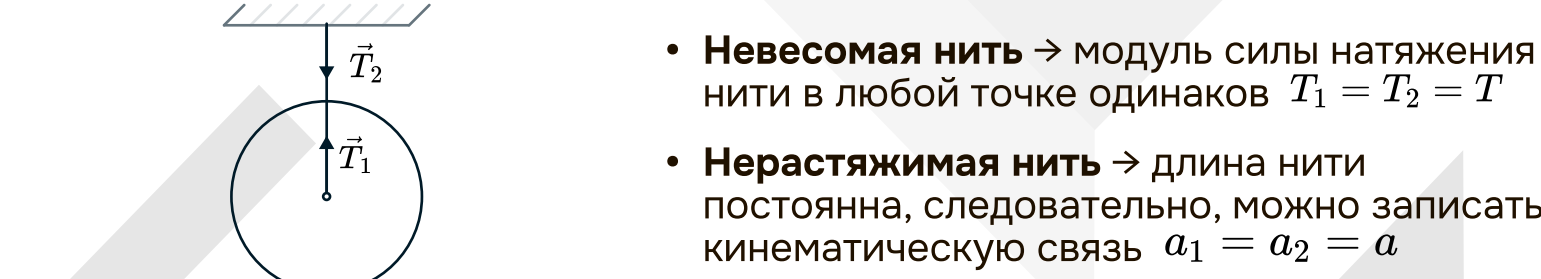
Сила нормальной реакции опоры действует со стороны деформированного тела (опоры), вдоль подвеса перпендикулярно поверхности опоры, в сторону уменьшения её деформации. Точка приложения — точка соприкосновения поверхностей.



Вес действует со стороны тела, которое лежит или висит на опоре противоположно силе реакции опоры. Точка приложения — к опоре.



Сила натяжения действует со стороны деформированного тела (нити) вдоль подвеса в сторону уменьшения его деформации. Точка приложения — точка соприкосновения нити и тела.



Сила трения покоя действует со стороны деформированного тела (опоры) при попытке его сдвинуть параллельно поверхности, противоположно действующей силе. Точка приложения — к телу, в точках соприкосновения.

$$F_{тр.п.} \leq \mu N$$
 Максимальная величина силы трения покоя равна силе трения скольжения.

Коэффициент трения не зависит от площади соприкосновения поверхностей и скорости движения тел.

Сила трения скольжения действует со стороны деформированного тела (опоры) при движении, противоположно скорости движения тела относительно поверхности, противоположно действующей силе. Точка приложения — к телу, в точках соприкосновения

$$F_{тр.ск.} = \mu N$$

- Гладкая поверхность** $\rightarrow$ действием силы трения можно пренебречь
- Шероховатая поверхность** $\rightarrow$ действие силы трения нужно учитывать

Сила трения скольжения направлена противоположно относительной скорости.

Законы сохранения импульса

Материальная точка — тело, размерами которого можно пренебречь в условиях данной задачи

Система отсчета — тело отсчета вместе с жестко связанной с ним системой координат и часами

Импульс материальной точки $\vec{p} = m\vec{v}$ [кг·м/с]

Импульс системы материальных точек $\vec{p} = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i$

Второй закон Ньютона в импульсной форме: изменение импульса системы равно векторной сумме импульсов внешних сил

$$\Delta \vec{p}_{сист} = \vec{F}_{внеш} \Delta t$$

Импульс силы — векторная физическая величина, равная произведению силы на время её действия, мера воздействия силы на тело за данный промежуток времени

Закон сохранения импульса: импульс замкнутой системы тел остаётся постоянным с течением времени при любых взаимодействиях тел внутри данной системы

$$\Delta \vec{p}_{сист} = 0$$

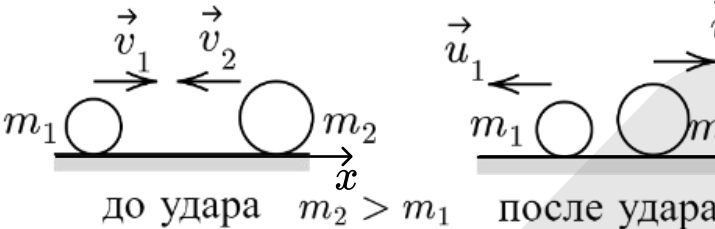
$$\vec{p}_{сист} = const$$



ЗСИ выполняется в случаях, если:

- Векторная сумма внешних сил, действующих на систему, равна нулю
- Сумма проекций векторов внешних сил, действующих на систему тел, на некоторую ось равна нулю. Тогда импульс системы остаётся неизменным вдоль этой оси
- Промежуток времени взаимодействия пренебрежительно мал, то есть стремится к нулю (например, при взрывах, ударах, столкновениях)

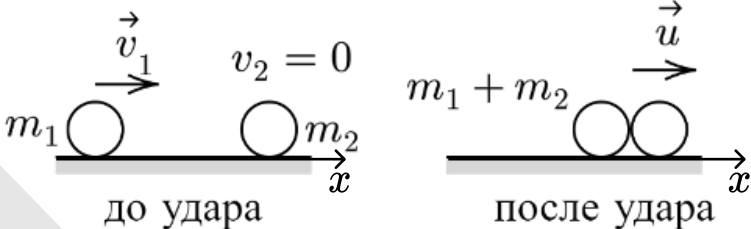
Абсолютно упругий удар



Закон сохранения импульса $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$$

Абсолютно неупругий удар



Закон сохранения импульса $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$

Закон сохранения энергии не выполняется. Кинетическая энергия после удара меньше, чем до удара.

Проекция закона сохранения импульса на ось x

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = m_2 u_2 - m_1 u_1$$

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) u$$



Основные положения МКТ

- 1. Любое вещество состоит из мельчайших частиц - молекул и атомов. Они расположены в пространстве дискретно, то есть на некоторых расстояниях друг от друга
- 2. Атомы или молекулы вещества находятся в состоянии беспорядочного движения, которое никогда не прекращается
- 3. Атомы или молекулы вещества взаимодействуют друг с другом силами притяжения и отталкивания, которые зависят от расстояний между частицами

Идеальный газ – газ, частицы которого являются не взаимодействующими на расстоянии материальными точками и испытывают абсолютно упругие соударения друг с другом и со стенками сосуда

Скорость теплового движения молекул пропорциональна температуре.

То есть, с увеличением температуры увеличивается и скорость движения молекул.



Физика атомного ядра

A – массовое число (протоны + нейтроны)
 Z – зарядовое число (порядковый номер хим. элемента)
Число нейтронов в ядре равно $(A - Z)$

Запись обозначает, что в ядре элемента X содержится A нуклонов, из которых Z являются протонами.

Изотопы – это разновидности одного и того же хим. элемента, различающиеся числом нейтронов в ядре

изотопы водорода

Радиоактивность – превращение атомных ядер в другие ядра, сопровождающееся испусканием частиц и электромагнитного излучения

Правила смещения

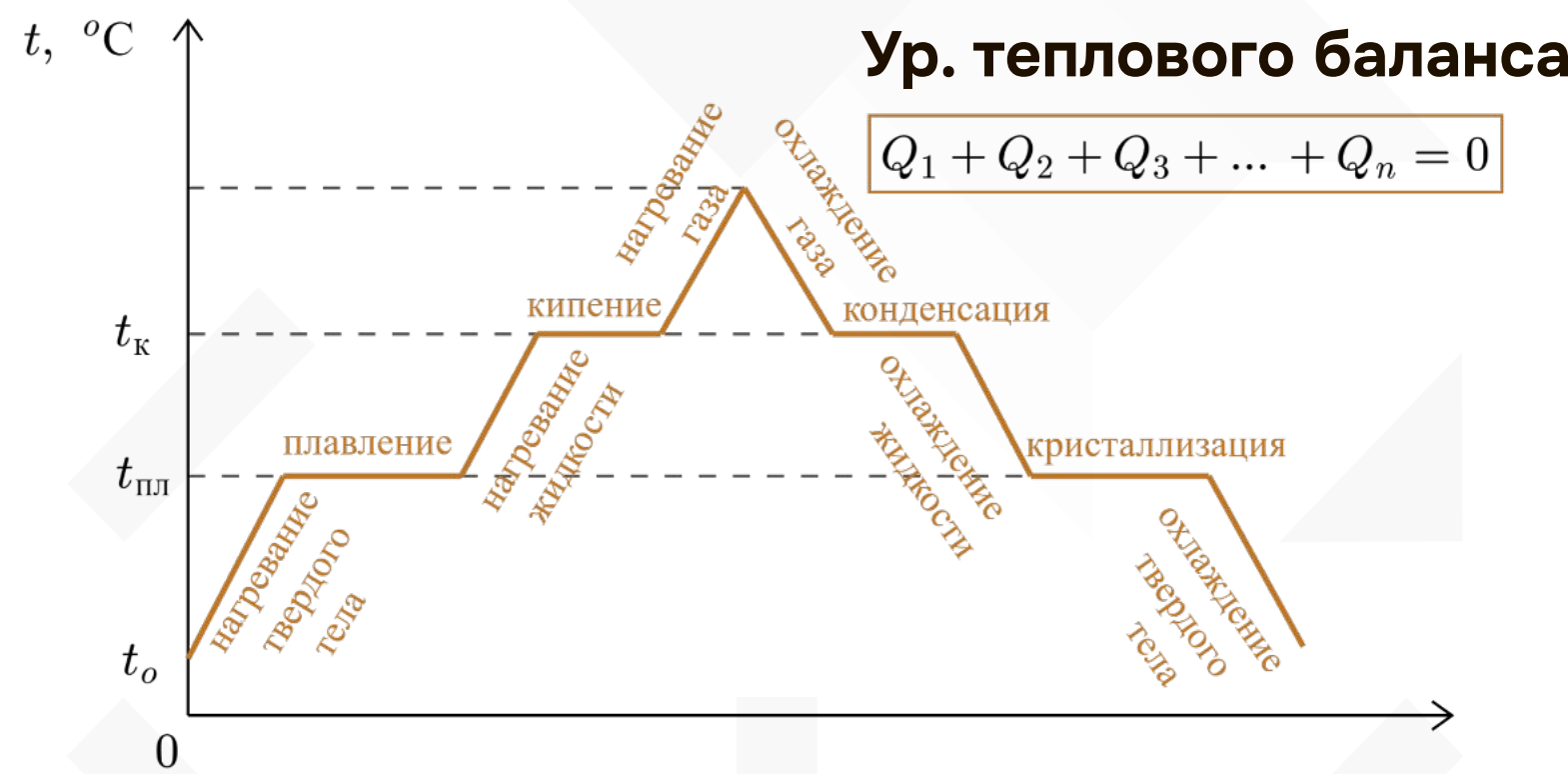
- α – распад
 ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$
- электронный β – распад
 ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}_e$
- позитронный β – распад
 ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}\tilde{e} + \nu_e$

Элементарные частицы

название	обозначение
α – частица	4_2He
электрон	${}^0_{-1}e$
позитрон	${}^0_{+1}e$
нейтрино	${}^0_0\nu$
антинейтрино	${}^0_0\tilde{\nu}$
фотон	${}^0_0\gamma$



Тепловые явления



Процессы плавления, кипения, конденсации и кристаллизации происходят при **постоянной температуре**

Кол-во теплоты для нагрева и охлаждения

$Q = cm\Delta t$

Кол-во теплоты для плавления и кристаллизации

$Q = \lambda m$

Кол-во теплоты для парообразования и конденсации

$Q = Lm$

Кол-во теплоты для горения

$Q = qm$



Ион – это электрически заряженная частица, образующаяся из атома при потере или присоединении электронов.

Как образуются ионы?

- Положительно заряженный ион – возникает, когда атом теряет один или несколько электронов из электронной оболочки.
- Отрицательно заряженный ион – возникает, когда атом присоединяет один или несколько электронов в электронную оболочку.

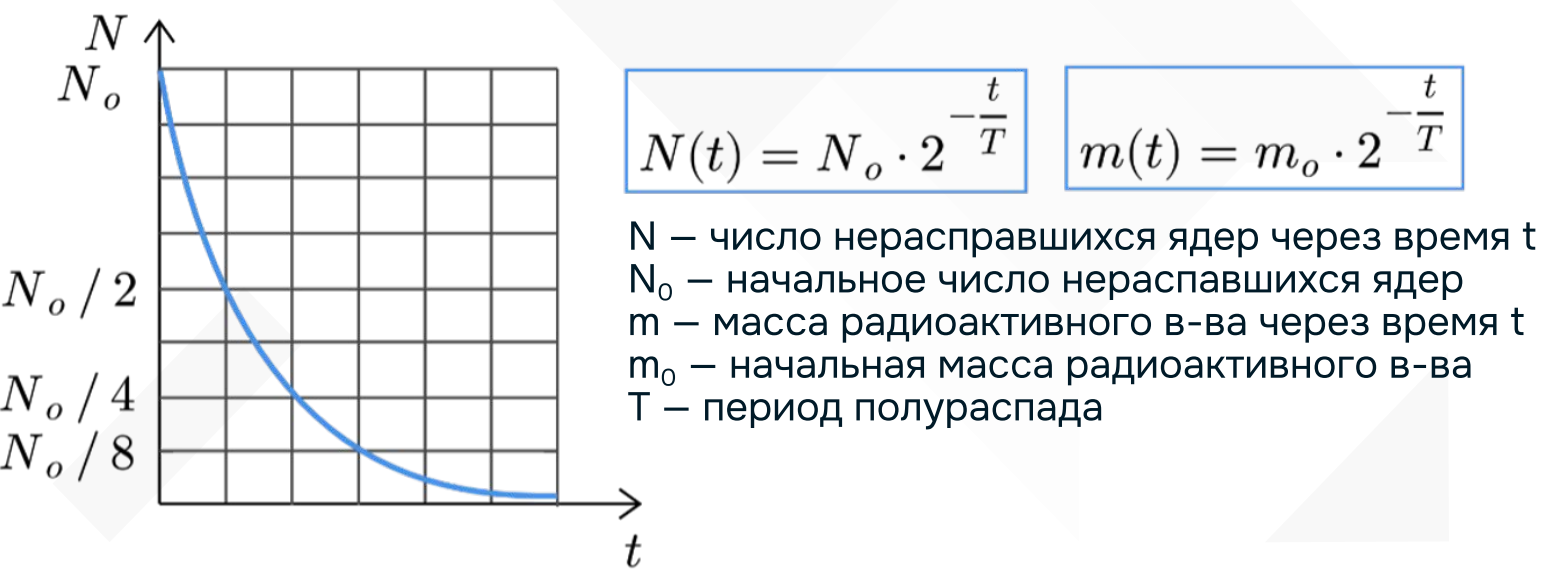
(+) ион Li

(-) ион Li

Атом Li



Закон радиоактивного распада



Период полураспада – это время, в течение которого распадается половина начального числа радиоактивных атомов



Электростатика

Элементарный электрический заряд — заряд электрона (по модулю)



Закон сохранения электрического заряда:

в замкнутой системе тел алгебраическая сумма зарядов остается неизменной при любых процессах, происходящих с этими телами

$q_1 + q_2 + \dots + q_n = const$

Точечный заряд — это заряженное тело, размеры которого много меньше других размеров, характерных для данной задачи

Закон Кулона: сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению абсолютных величин зарядов 1 и 2 и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними

$F_{Кул} = k \cdot \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$ k — коэффициент пропорциональности

Электрический ток — это направленное движение заряженных частиц, при котором происходит перенос заряда из одних областей пространства в другие

Сила тока $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ $[I] = A$ (ампер)
Сопротивление $R = \frac{\rho l}{S}$ $[R] = \Omega$
Напряжение $U = \frac{A_{эл}}{q}$ $[U] = B$ (вольт)

ρ — удельное сопротивление
 S — площадь поперечного сечения проводника
 l — длина проводника

Тепловая мощность

Последовательное соединение
 $P = I^2 R$
 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$
Параллельное соединение
 $P = \frac{U^2}{R}$
 $\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1}$

Общее количество теплоты

$Q_{общ} = Q_1 + Q_2$
 $P_{общ} = P_1 + P_2$

Приборы в электрической цепи **дома** подключаются **параллельно**

Измерение силы тока и напряжения:

Для измерения силы тока используется **амперметр**. Подключается в цепь последовательно

Для измерения напряжения используется **вольтметр**. Подключается в цепь параллельно

Закон Ома для однородного участка цепи

$I = \frac{U}{R}$
Последовательное соединение
 $I_0 = I_1 = I_2$
 $U_0 = U_1 + U_2$
 $R_0 = R_1 + R_2$
Параллельное соединение
 $I_0 = I_1 + I_2$
 $U_0 = U_1 = U_2$
 $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Мощность тока

$P = UI = \frac{U^2}{R} = I^2 R$
 $[P] = Bт$

Работа тока

$A = U \Delta q = UI \Delta t$
 $[A] = Дж$



Закон Джоуля-Ленца: при протекании заряда через участок эл. цепи электрическим полем совершается работа, которая в свою очередь превращается в количество теплоты, выделяемое на резисторе

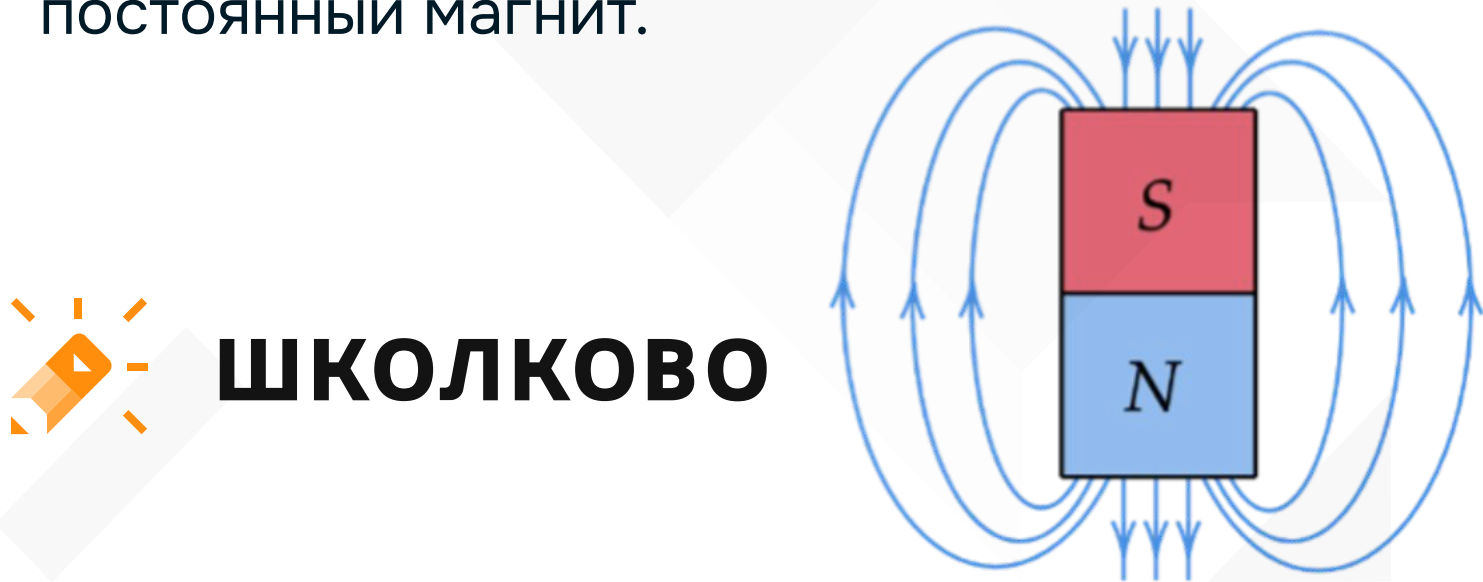
$Q = A$
 $Q = \frac{U^2}{R} t = I^2 R t = UI t$

Магнитное поле

- магнитное поле взаимодействует с движущимися зарядами: если заряд один — силой Лоренца, если проводник с током — силой Ампера
- силовые линии магнитного поля всегда замкнуты и не имеют ни начала, ни конца

Источники и индикаторы магнитного поля:

- движущиеся заряженные частицы (положительные и отрицательные);
- проводник с током (т.к. ток — это упорядоченное движение заряженных частиц);
- постоянный магнит.



Правила буравчика (винта)

Если направление поступательного движения буравчика (винта) совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции поля, создаваемого этим током

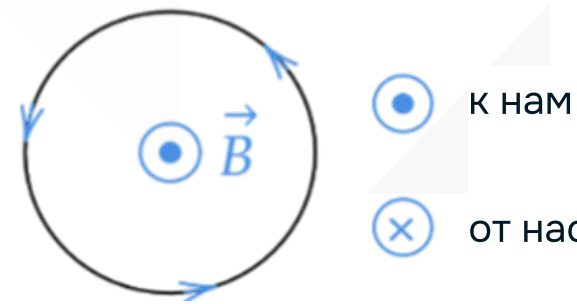
Правила правой руки

Если направление поступательного движения буравчика (винта) совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции поля, создаваемого этим током



Для замкнутого проводника с током

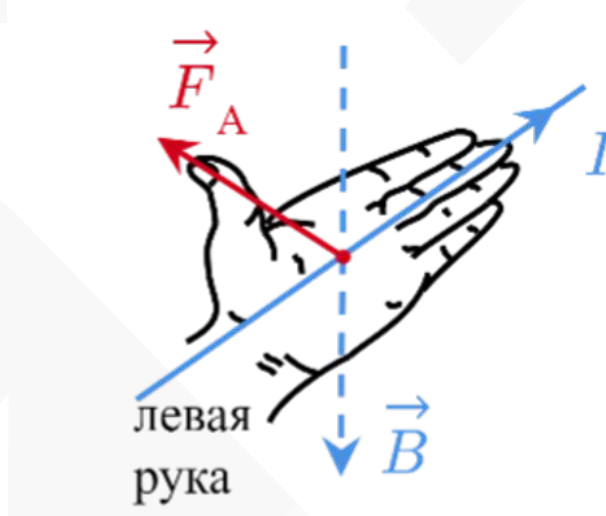
Если обхватить правой рукой контур, то отогнутый на 90 градусов большой палец покажет направление вектора магнитной индукции



Сила Ампера действует на проводник с током

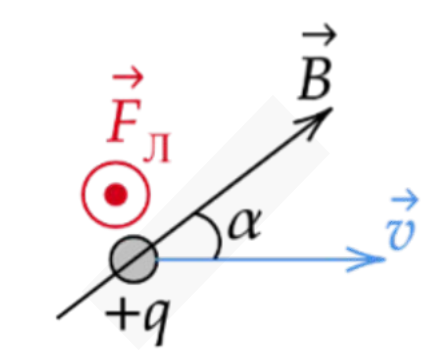
$F_A = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$

Правило левой руки



Сила Лоренца действует на заряд

$F_L = B \cdot v \cdot q \cdot \sin \alpha$



Правило левой руки



Электромагнитная индукция

Магнитный поток через замкнутый контур

$\Phi = BS \cos \alpha$ один виток
 $\Phi = NBS \cos \alpha$ N витков
 $[\Phi] = Bб$ (вебер)

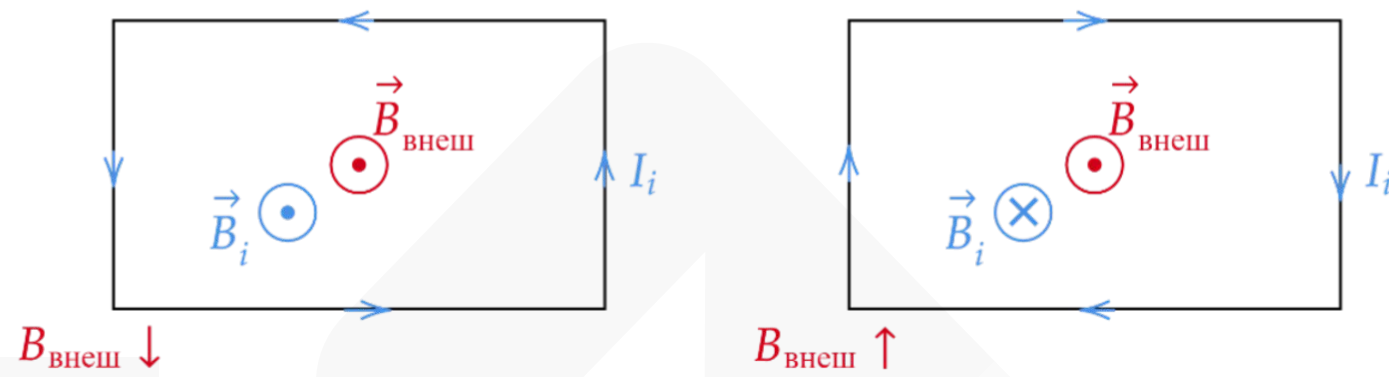
Закон Фарадея (закон э-м индукции): ЭДС индукции в замкнутом контуре равно по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром

$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ [В]

магнитный поток меняется равномерно с течением времени



Правило Ленца: индукционный ток имеет такое направление, при котором его собственное магнитное поле противодействует изменению магнитного потока, вызвавшему этот индукционный ток



Примеры возникновения ЭДС индукции:

- При внесении/вынесении катушки с током в катушку без тока
- При внесении/вынесении магнита в катушку
- Если две катушки расположены рядом, и в одной из них начинает протекать электрический ток (то есть изменяется магнитное поле), то во второй катушке возникает ЭДС индукции.



Закон преломления и отражения

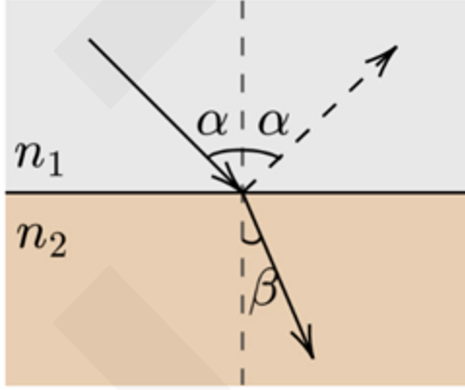
Закон прямолинейного распространения света:
в прозрачной однородной среде свет распространяется прямолинейно.

Закон отражения света:

- 1. Падающий луч, отраженный луч и перпендикуляр к отражающей поверхности, проведённый в точке падения, лежат в одной плоскости
- 2. Угол падения равен углу отражения

Закон преломления света:

- 1. Падающий луч, преломленный луч и нормаль к поверхности, проведённая в точке падения, лежат в одной плоскости
- 2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления равно отношению показателю преломления среды

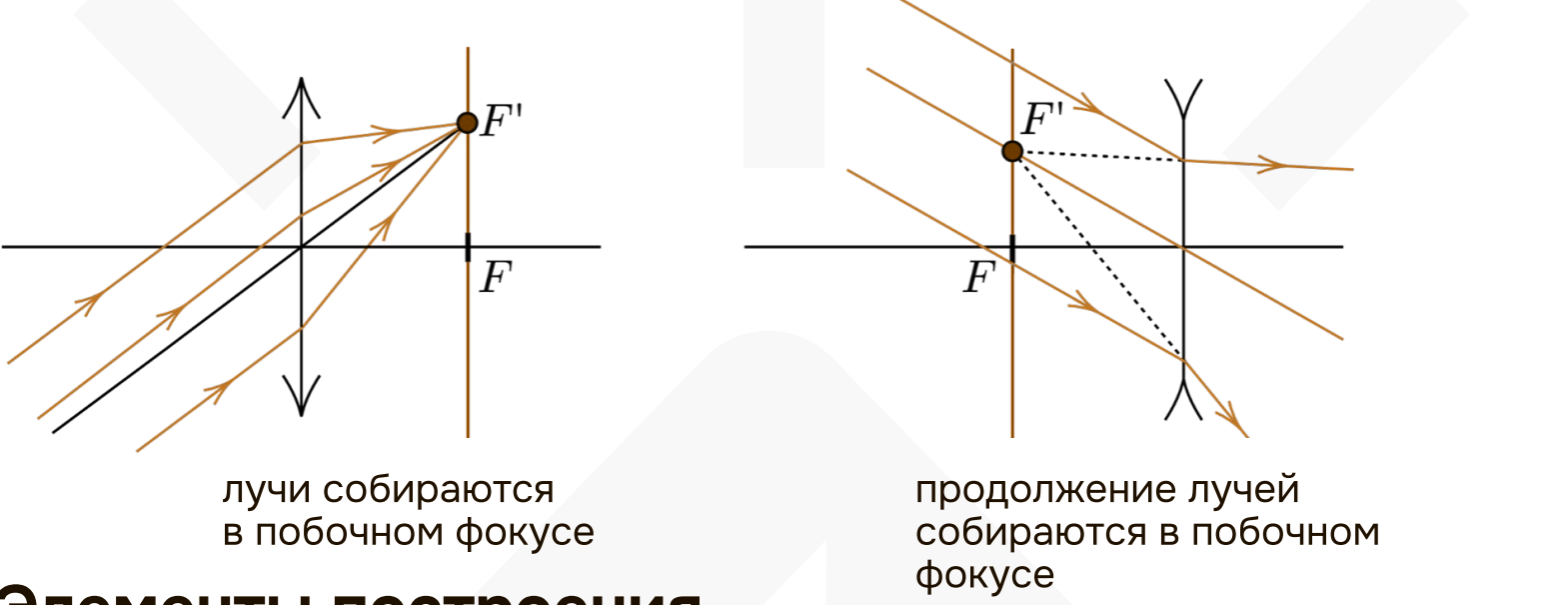


$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{отн}$$
$$n_{абс} = \frac{c}{v}$$

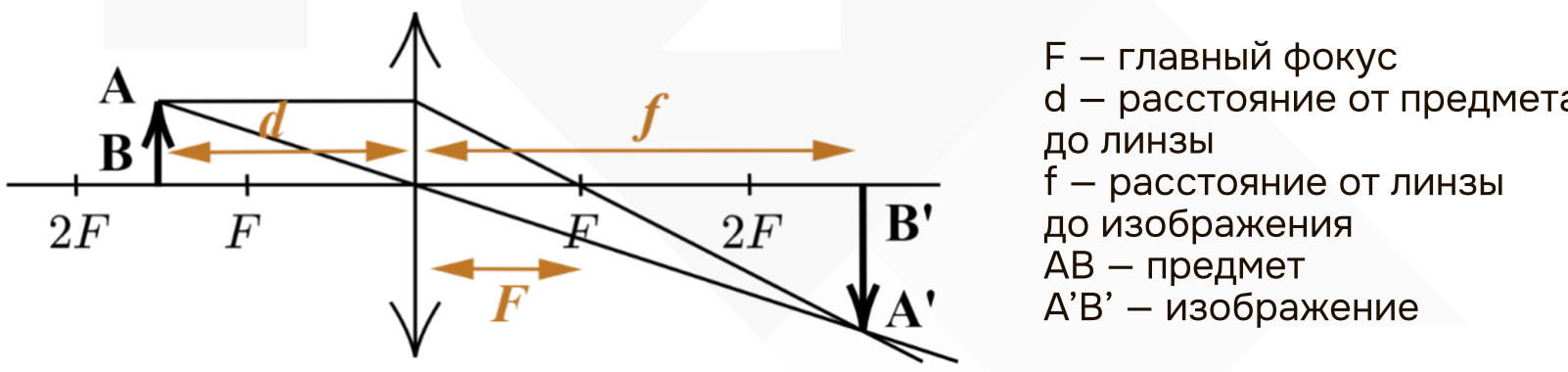
c – скорость света в вакууме
v – скорость света в среде
α – угол падения
β – угол преломления
n₁ – абсолютный показатель преломления 1 среды
n₂ – абсолютный показатель преломления 2 среды
n_{отн} – относительный показатель преломления



Ход лучей, не параллельных главной оптической оси

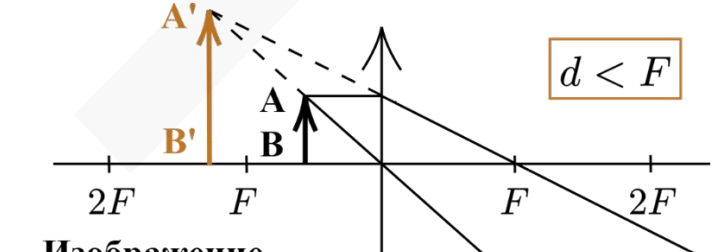


Элементы построения



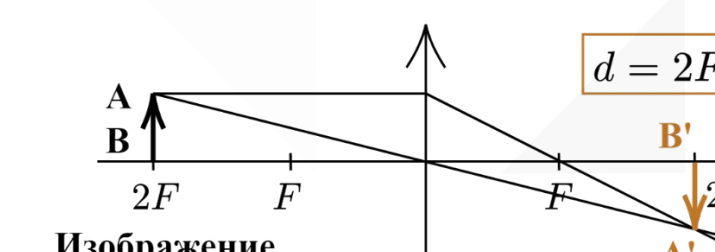
Построение изображения в линзах

$d < F$



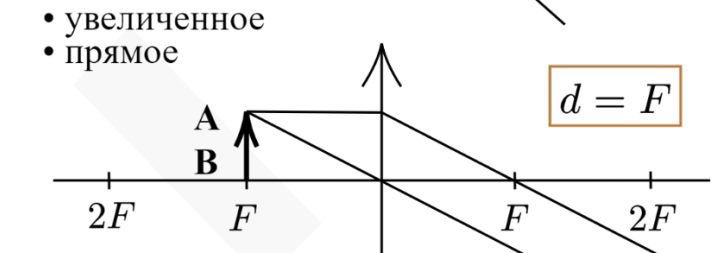
Изображение
• мнимое
• увеличенное
• прямое

$d = 2F$



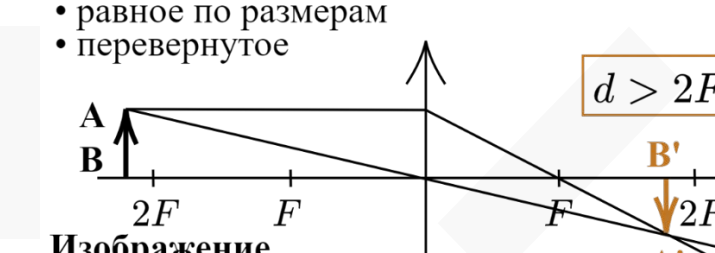
Изображение
• действительное
• равное по размерам
• перевернутое

$d = F$



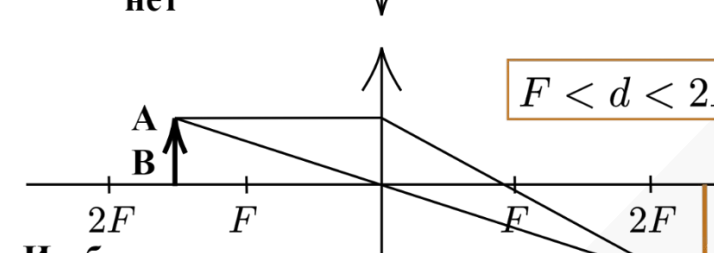
Изображения нет

$d > 2F$



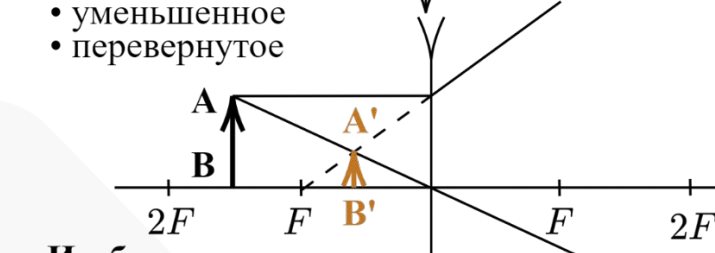
Изображение
• действительное
• уменьшенное
• перевернутое

$F < d < 2F$



Изображение
• действительное
• увеличенное
• перевернутое

$d = 2F$



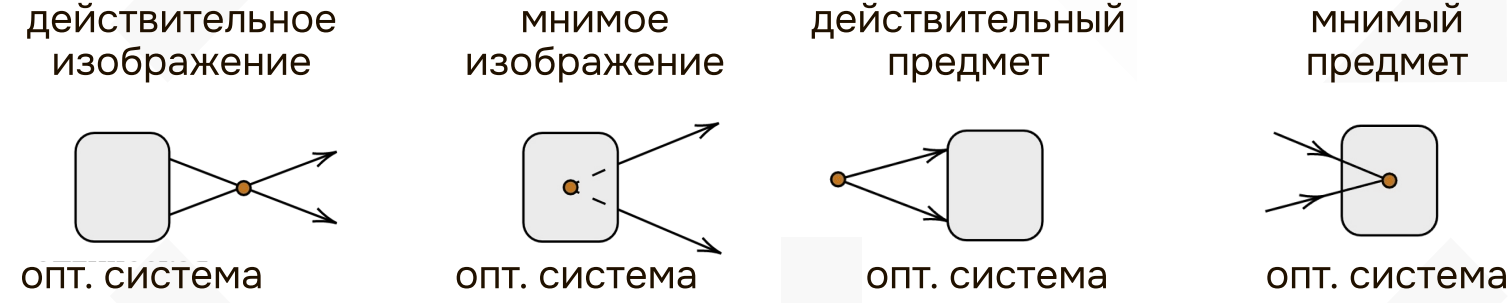
Изображение
• мнимое
• уменьшенное
• прямое

Формула тонкой линзы

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

(1) "+" собирающая линза, "-" рассеивающая линза
(2) "+" действительный предмет, "-" мнимый предмет
(3) "+" действительное изображение, "-" мнимое изображение

- 1. Если на оптическую систему попадают расходящиеся лучи, то точка, которая их испускает действительный предмет.
- 2. Если на оптическую систему попадают продолжения сходящихся лучей, то точка, в которой они собираются, называется мнимым предметом.
- 3. Если лучи, выходящие после оптической системы, пересекаются (образуют сходящийся пучок), то изображение действительное.
- 4. Если лучи расходятся после прохождения оптической системы, то есть пересекаются продолжения лучей, то изображение называется мнимым.



Параметры тонкой линзы

- 1. Оптическая сила линзы D, [дптр]
- 2. Поперечное увеличение Г, даваемое линзой

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

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

H – высота изображения
h – высота предмета

Построение в линзах

Свойство оптического центра: луч, идущий через оптический центр линзы, не преломляется

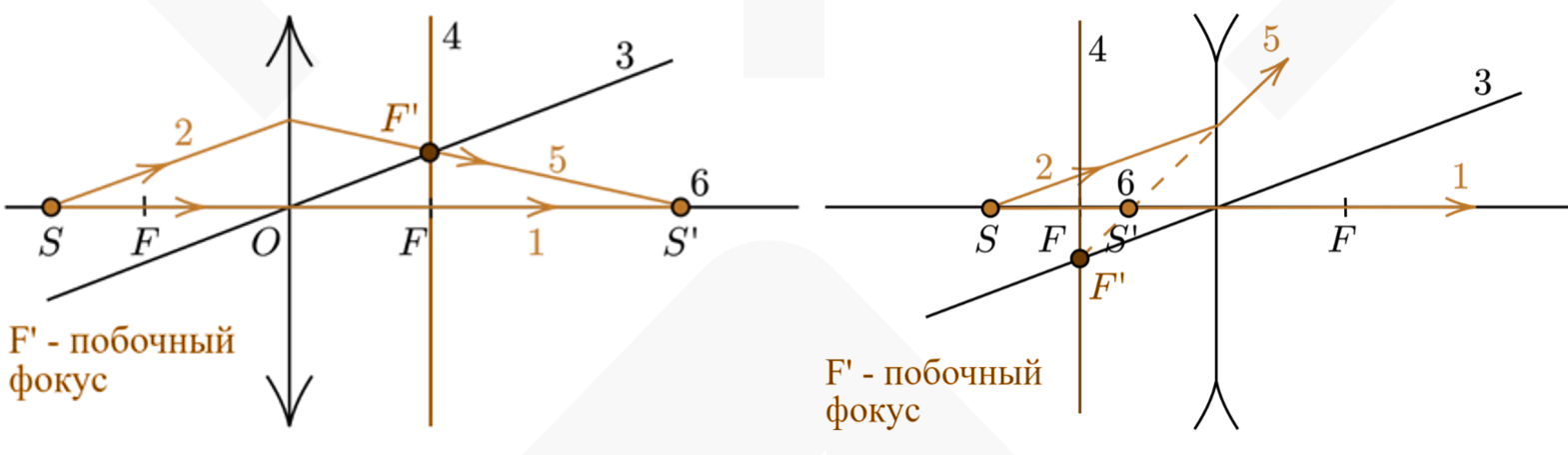


Главный фокус F линзы – точка, в которой собирается пучок параллельных главной оптической оси лучей после прохождения через линзу

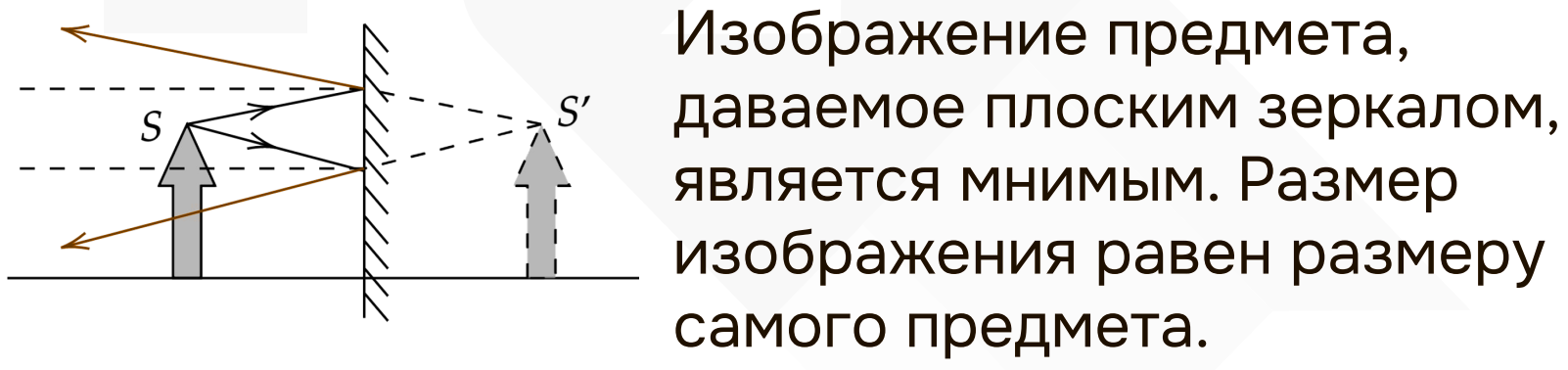


Построение изображения точки, лежащей на глав. оптической оси

- 1. строим луч 1, параллельный главной оптической оси
- 2. произвольный луч 2, падающий от точки на линзу
- 3. побочную оптическую ось 3, параллельную лучу 2
- 4. фокальную плоскость 4
- 5. ход 5 преломленного луча 2 через побочный фокус
- 6. изображение S' точки S



Построение в зеркале



Волновая оптика

В любой среде скорость света и длина его волны уменьшаются, при этом **частота света не меняется**

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

Отношение скорости света в вакууме к скорости света в оптической среде:

$$\frac{c}{v_1} = \frac{\lambda \nu}{\lambda_1 \nu} \Rightarrow \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{c}{v} = n$$

В оптической среде длина волны уменьшается:

$$\lambda = n \lambda_1$$