

КРАВЧЕНКО ИГОРЬ ИГОРЕВИЧ
КРАВЧЕНКО ИВЕТА НИКОЛАЕВНА

ФИЗИКА

В ПРЕДСТАВЛЕНИИ



МЕХАНИКА

КИНЕМАТИКА

Вектор (\vec{v} [разл.]) – стрелка в чертежах, для описания **направления** физической характеристики. (рис.1)

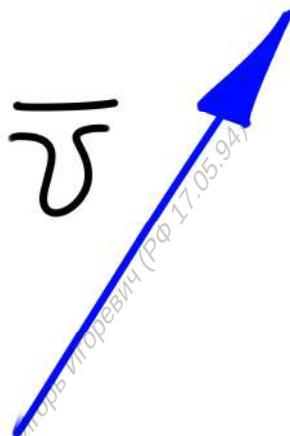


Рисунок 1 – Пример для **Вектор**: вправо и вверх

Величина вектора (модуль вектора) – длина вектора в единицах масштаба. (рис.2)

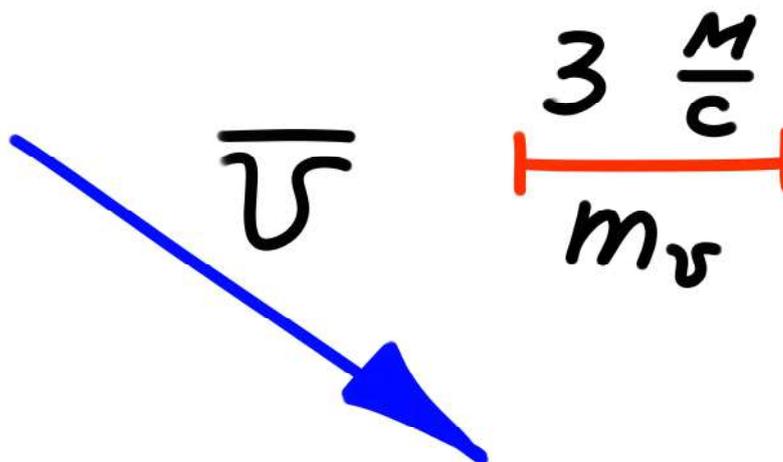


Рисунок 2 – Пример для **Величина вектора**: каков модуль??





Единицы измерения вектора – буквы после числа для величины вектора:

« Например, м/с; м/с²; м и т.д. »

Проекция точки ($x ; y ; z$) – «тень» точки на ось системы координат при освещении точки перпендикулярно выбранной оси. (рис.3)

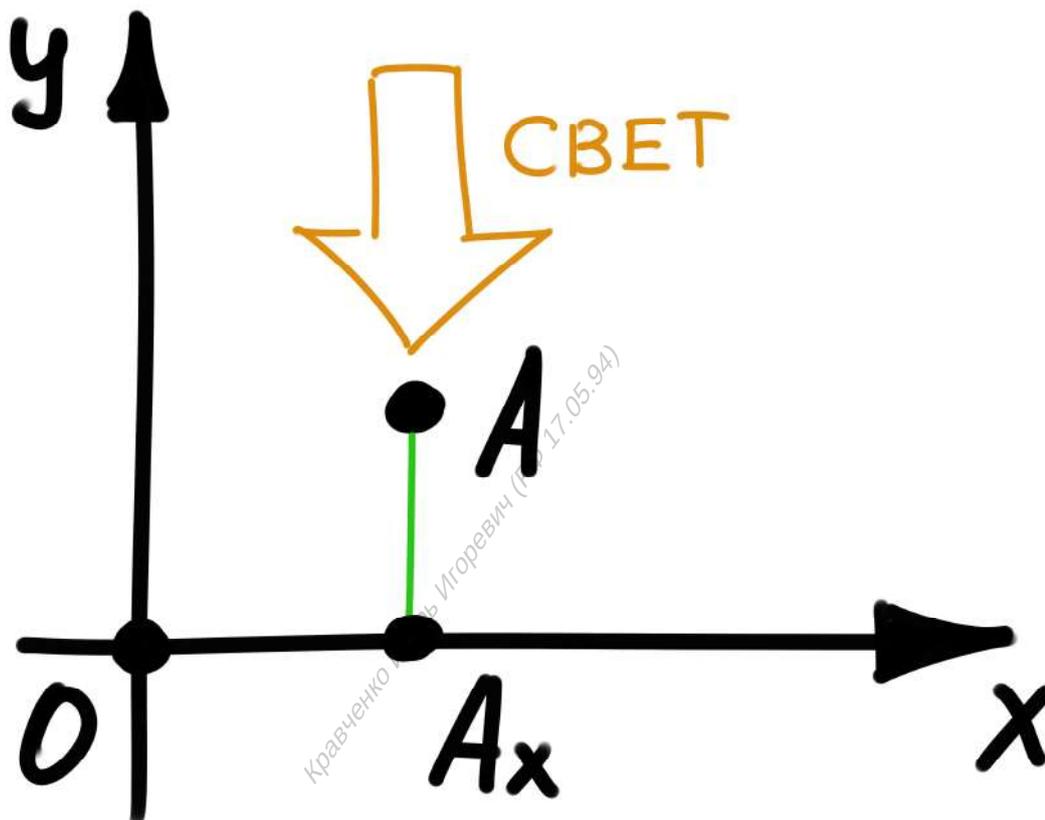


Рисунок 3 – Пример для **Проекция точки:** на Oх

Проекция вектора ($x ; y ; z$) – «тень» вектора на ось системы координат при освещении перпендикулярно выбранной оси. (рис.4-5)



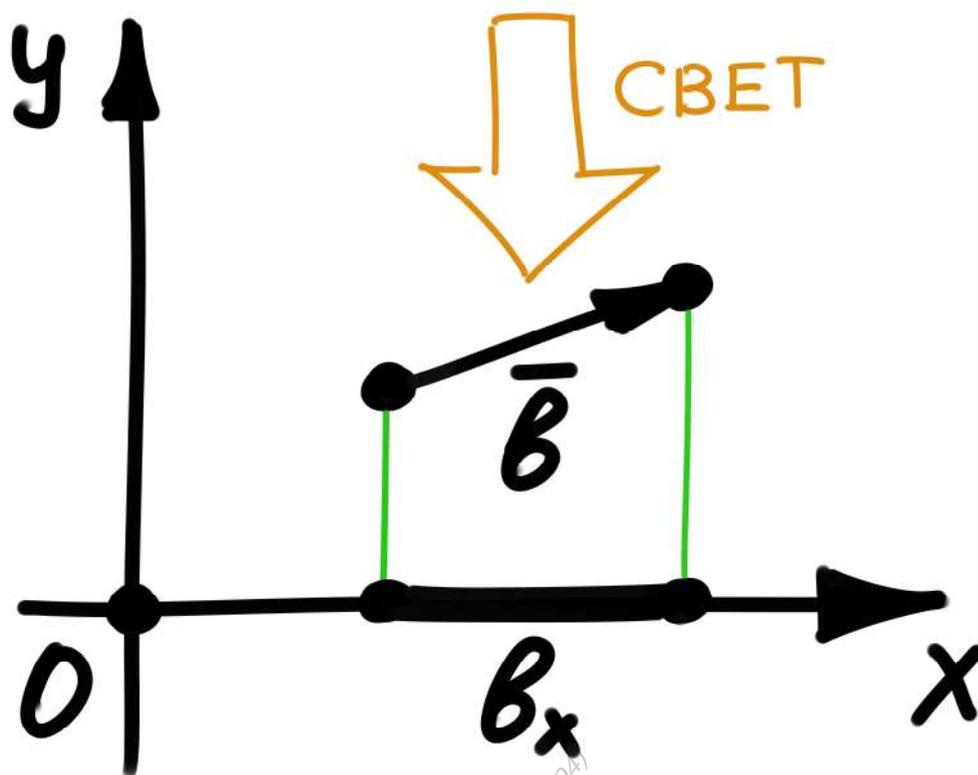


Рисунок 4 – Пример для **Проекция вектора:** на Oх

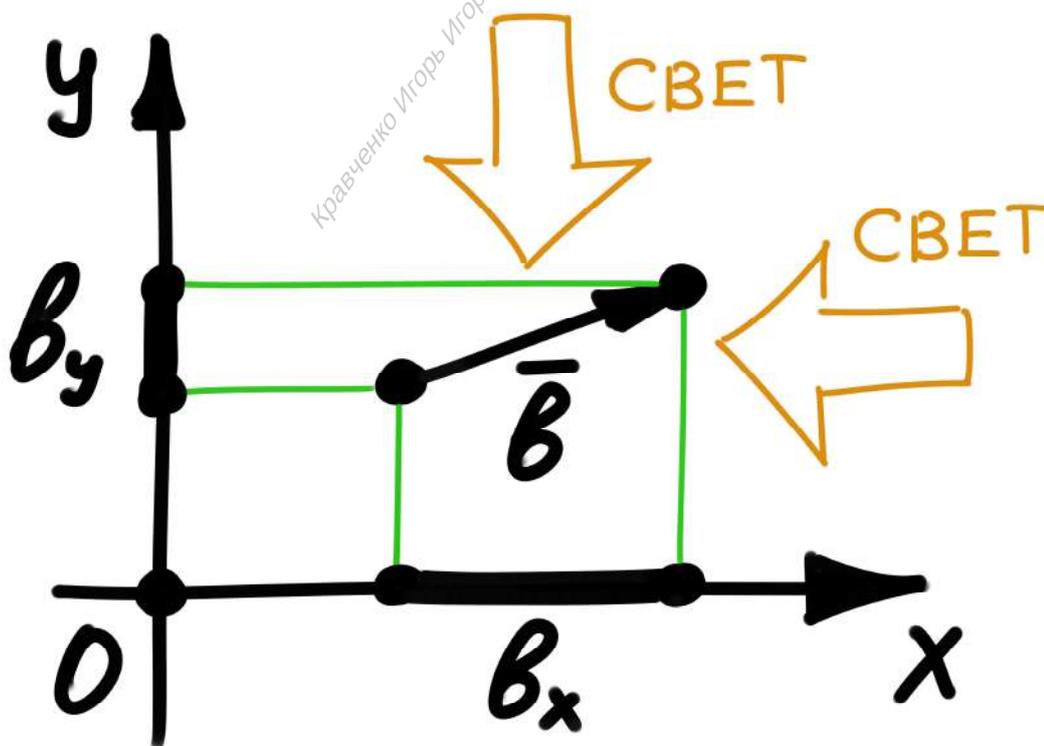


Рисунок 5 – Пример для **Проекция вектора:** на две оси





Проекция вектора (**математически**) – длина «тени» вектора на ось в единицах масштаба, со **знаком « + »** или « - » (рис.6).

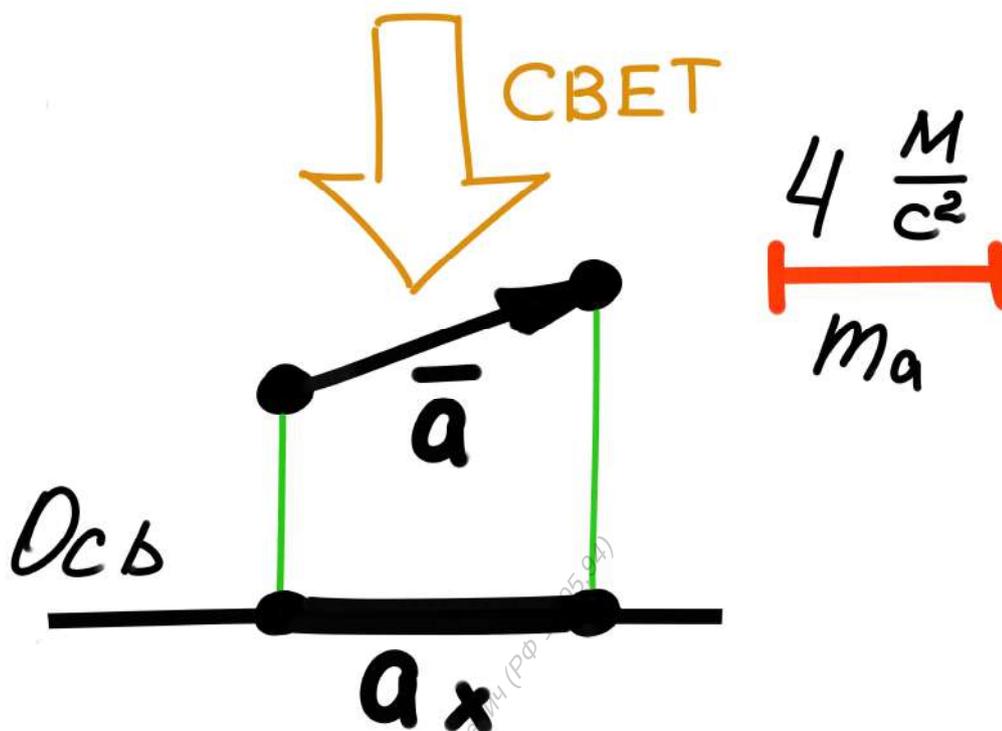


Рисунок 6 – Пример для **Проекция вектора** (**математически**): около $+6 \text{ м/с}^2$ или -6 м/с^2 (видно, масштабный отрезок меньше проекции)

Знак проекции вектора:

« + », если при «переходе взглядом» от **начала** вектора к **концу** вектора **координата точки** взгляда на выбранную ось **увеличивается** (рис.7).



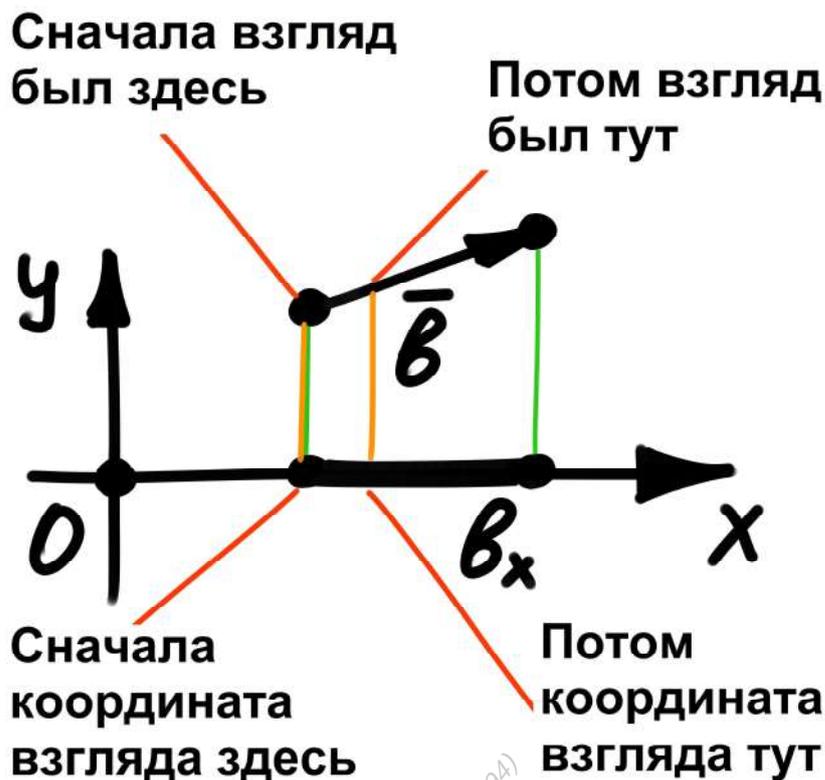


Рисунок 7 – Пример для Знак проекции вектора: «+»

«-», если при «переходе взглядом» от начала вектора к концу вектора координата точки взгляда на выбранную ось **уменьшается**.

Разложение вектора – превращение вектора в несколько векторов, которые направлены по отдельным осям (рис.8).

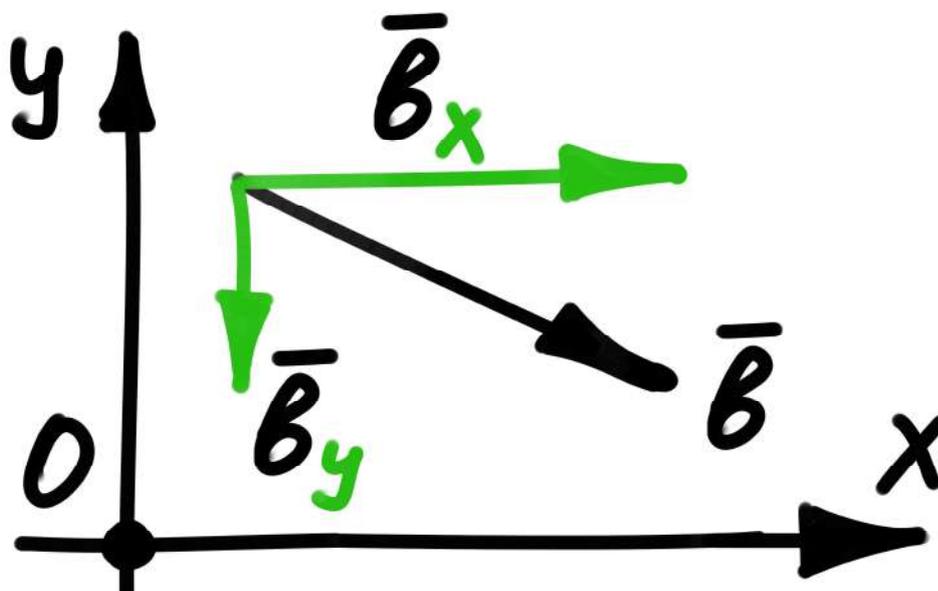


Рисунок 8 – Пример для Разложение вектора: $\vec{b}_x \leftarrow \vec{b} \rightarrow \vec{b}_y$





Сложение векторов – действие попарное с векторами, приводящее к получению одного вектора, включающего в себя складываемые. Полученный вектор = суммарный (Результирующий).

Случаи сложения векторов:

1. Параллельные **однонаправленные**, «правило добавления» (рис.9):

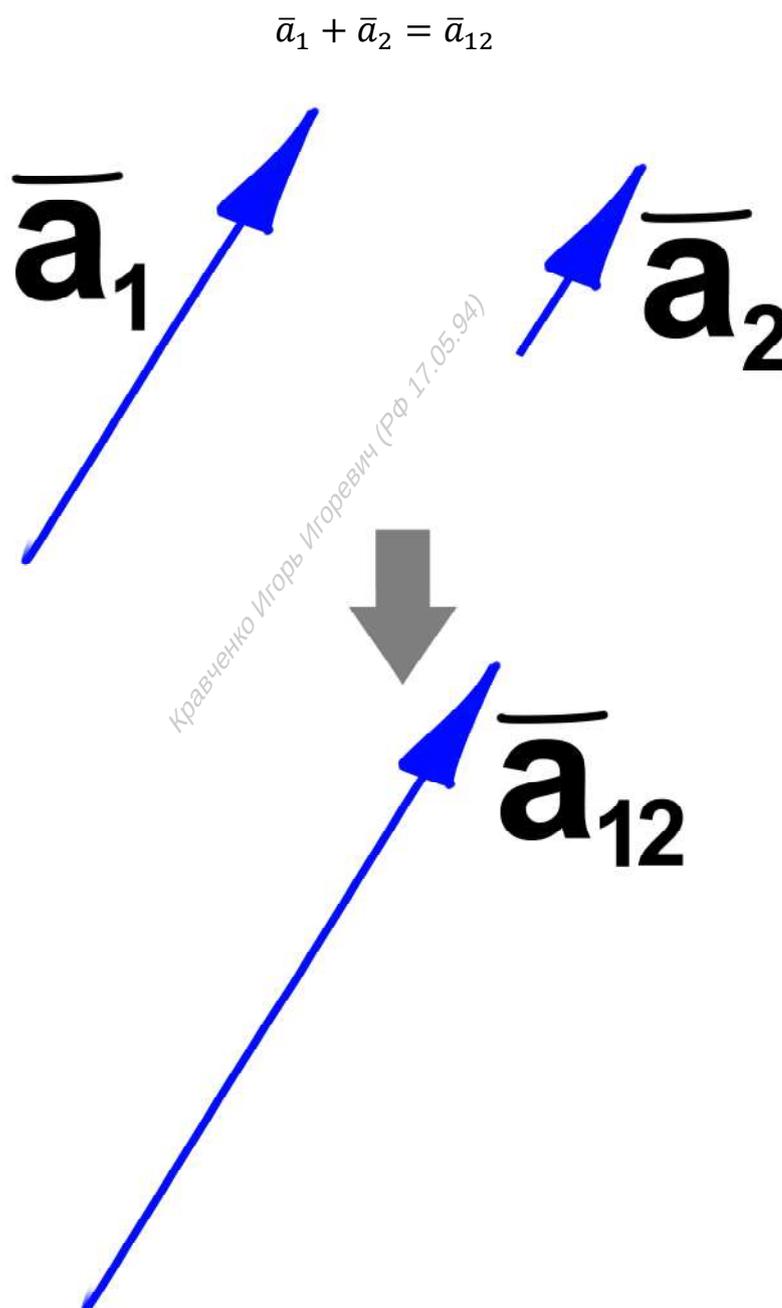


Рисунок 9 – Пример для **Параллельные однонаправленные**: дополняют друг друга



2. Параллельные **противонаправленные**, «правило убавления» (рис.10):

$$\bar{a}_1 + \bar{a}_2 = \bar{a}_{12}$$

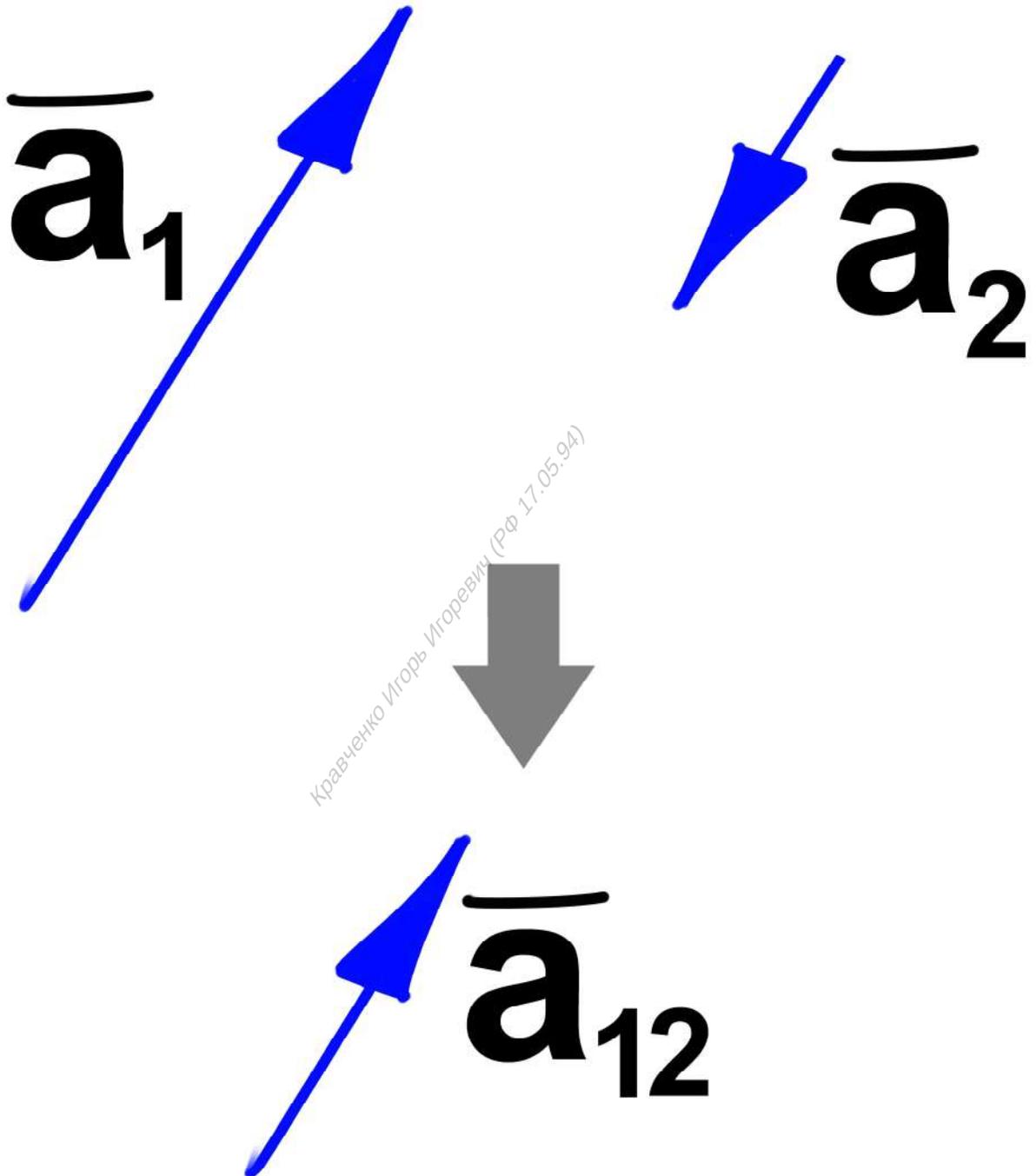
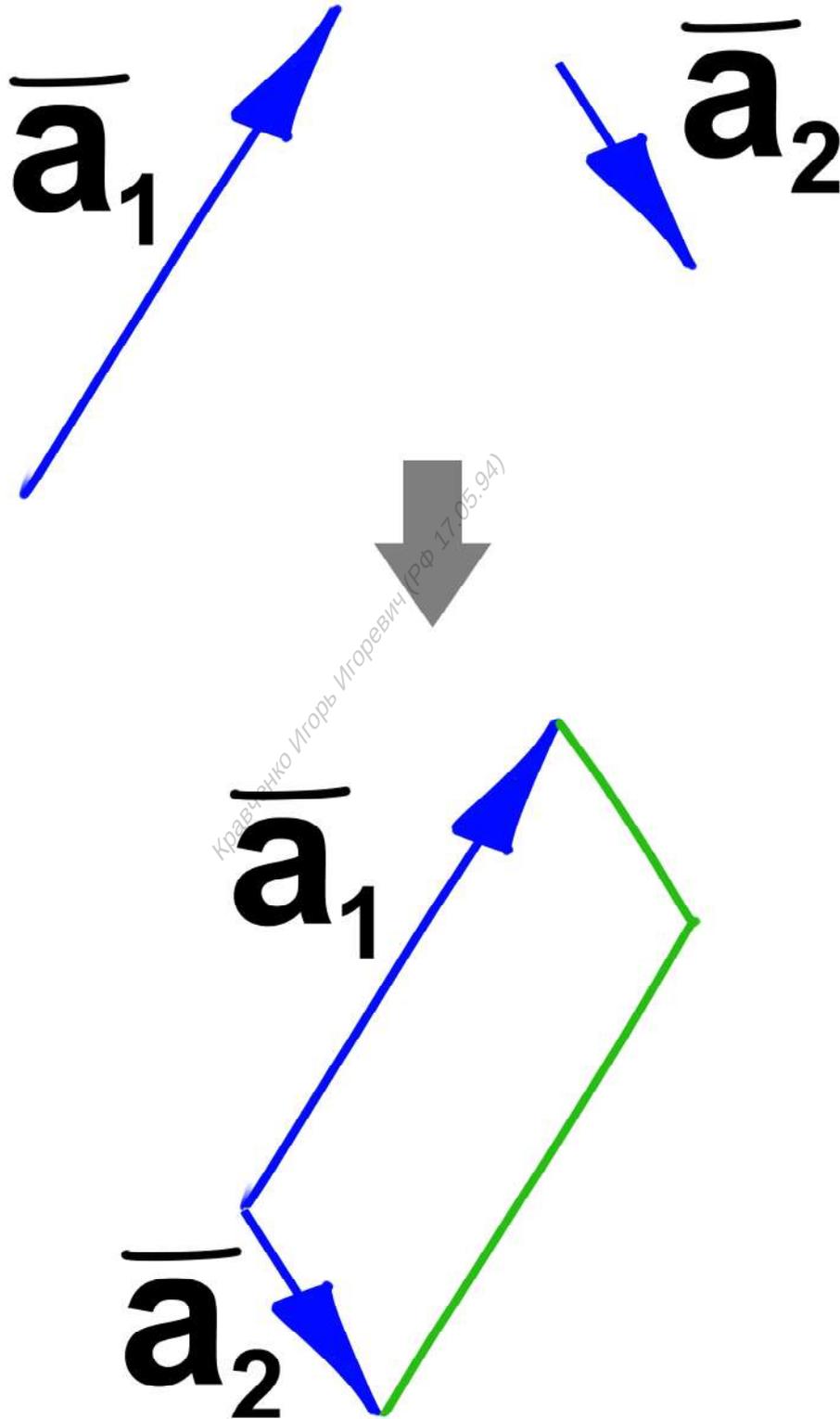


Рисунок 10 – Пример для **Параллельные противонаправленные**: «один уменьшает другого»

3. **Разнонаправленные**, «правило параллелограмма» (рис.11):

$$\vec{a}_1 + \vec{a}_2 = \vec{a}_{12}$$



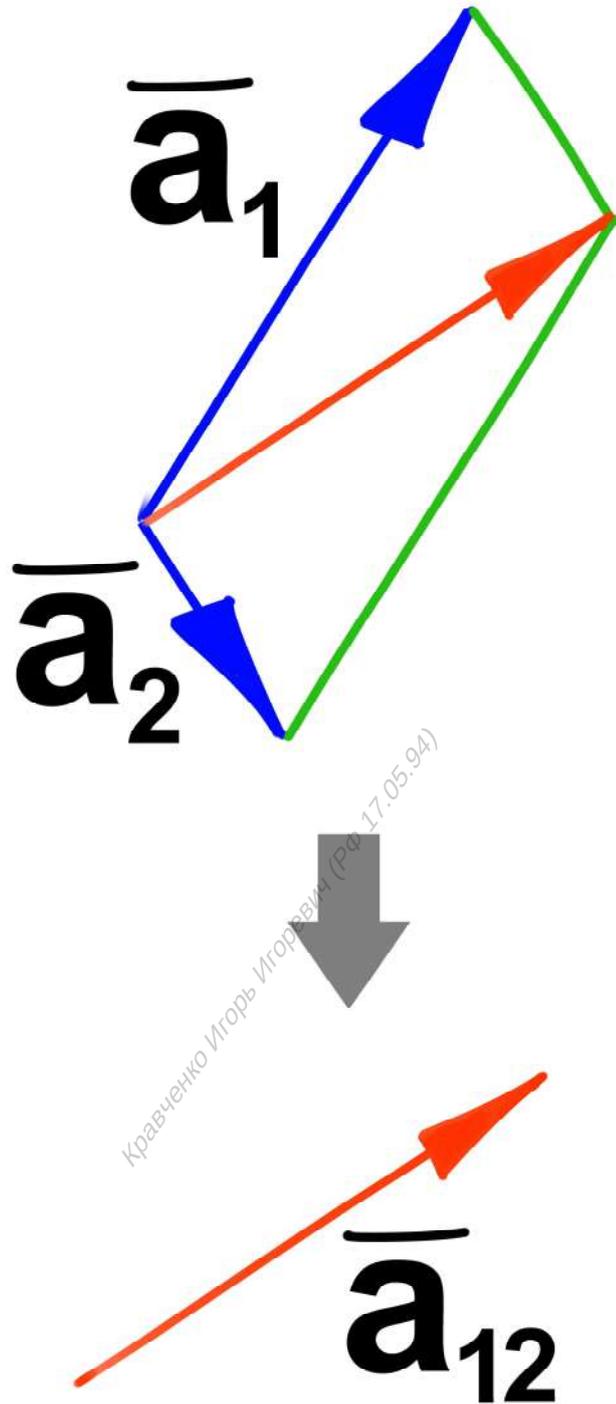


Рисунок 11 – Пример для **Разнонаправленные**: диагональ параллелограмма



Стандартная запись числа – компактная запись длинных десятичных чисел:

$$\text{"длинное число"} = A \cdot 10^n$$

Где $1 \leq A < 10$; $n=0, \pm 1, \pm 2 \dots$

Десятичные приставки – виды множителя « 10^n »:

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	мили	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Механическое движение – изменение расстояния / положения **от наблюдаемого** тела **до другого** тела (рис.12-13).



Рисунок 12 – Пример для Механическое движение: **наблюдаемое** тело = мотоциклист на мотоцикле снизу; **другое** тело = дерево



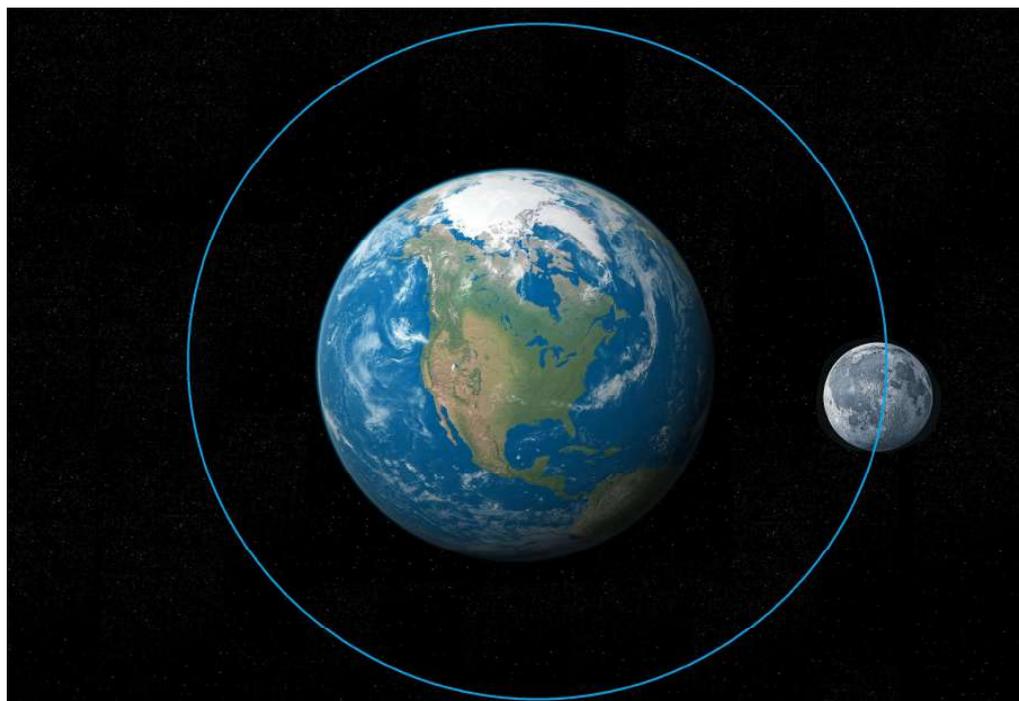


Рисунок 13 – Пример для **Механическое движение**: **наблюдаемое** тело = Луна; **другое** тело = Планета Земля

Относительность механического движения – необходимость выбирать «другое» тело, относительно которого проверяется наличие механического движения наблюдаемого тела. (рис.14)



Рисунок 14 – Пример для **Относительность механического движения**: этот камень движется? Под камнем меняется картина поверхности Земли \Rightarrow меняется положение относительно Земли \Rightarrow движется относительно Земли



Тело отсчёта – дополнительное тело для проверки наличия механического движения. (рис.15)



Рисунок 15 – Пример для **Тело отсчёта**: его здесь нет

Система отсчёта (СО) (в теории) – это **1)** тело отсчёта вместе с жёстко связанной с ним («прикреплённой» к нему) **2)** системой координат и **3)** часами. (рис.16)

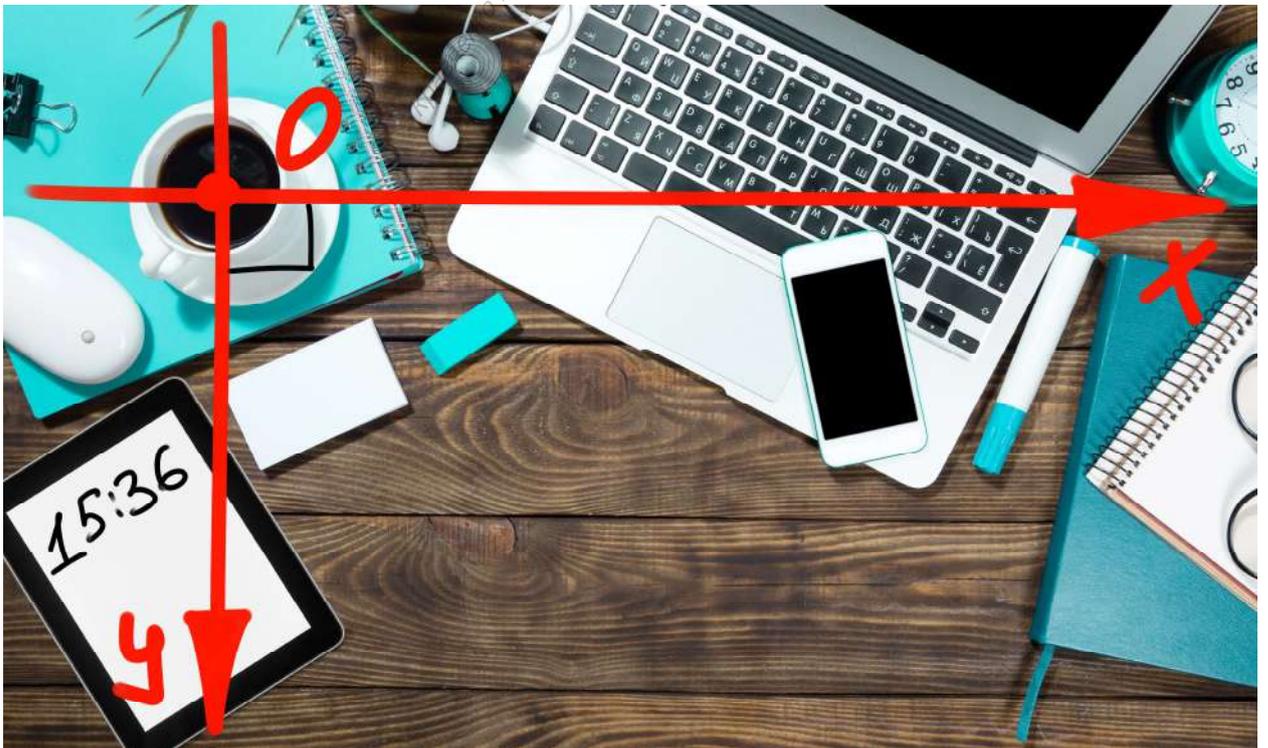


Рисунок 16 – Пример для СО (в теории): **1)** = чашка; **2)** = красные нити (оси); **3)** = электронные (слева внизу)



Система отсчёта (СО) (в задачах) = Тело отсчёта.

Наблюдатель – лицо / человек, который смотрит на наблюдаемое тело.

Это в задачах мысленная процедура, при которой **мы сами** можем стать **наблюдателями** и перенести себя в любое место/масштаб. (рис.17)



Рисунок 17 – Пример для **Наблюдатель**: взгляд наблюдателя (вид в глазу) на самолеты около планеты

Внимание. Наблюдатель может быть сам СО, а может прикрепляться к какой-либо СО. При прикреплении наблюдателя к этой СО наблюдатель становится частью этой СО. (рис.18-19)





Рисунок 18 – Пример для **Наблюдатель=СО**: взгляд наблюдателя, не прикрепленного в пустом пространстве

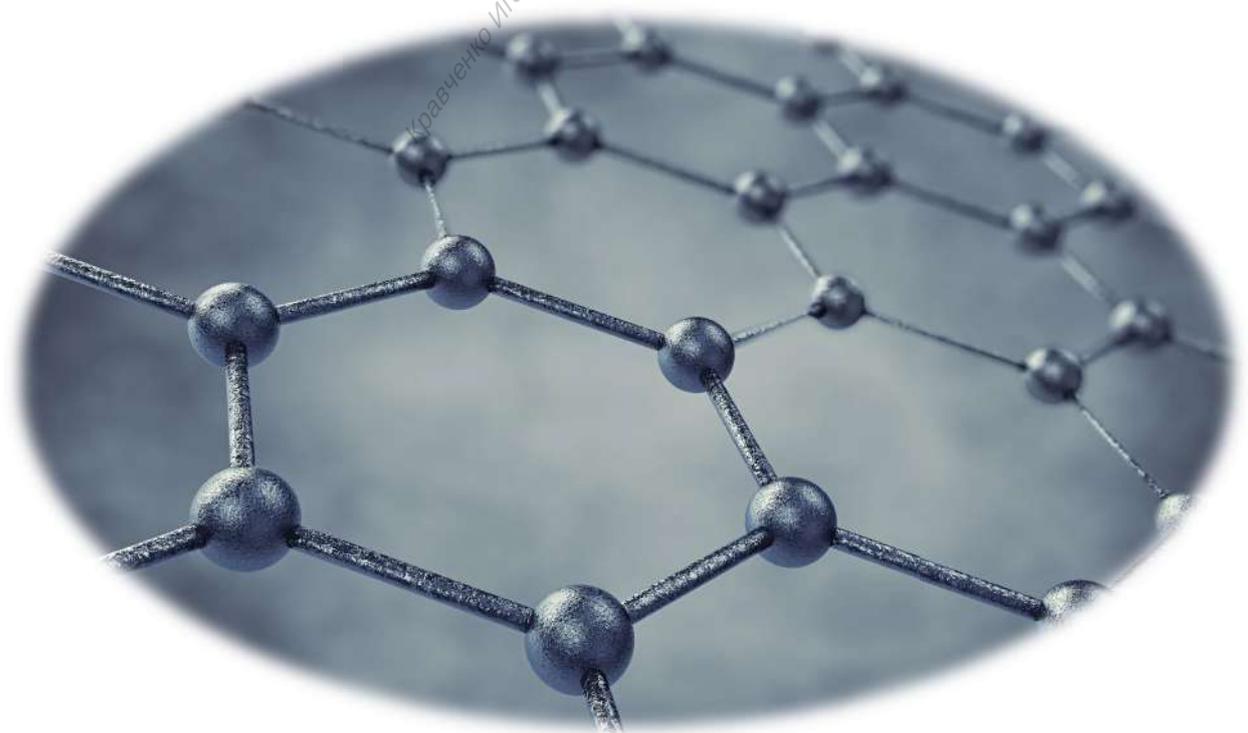


Рисунок 19 – Пример для **Наблюдатель+СО**: взгляд наблюдателя, прикрепленного к СО «атомы» (наблюдатель = часть СО, взгляд наблюдателя = взгляд СО)

**Материальная точка (•) – тело, размеры которого можно не учитывать.
Имеет массу. (рис.20-21)**

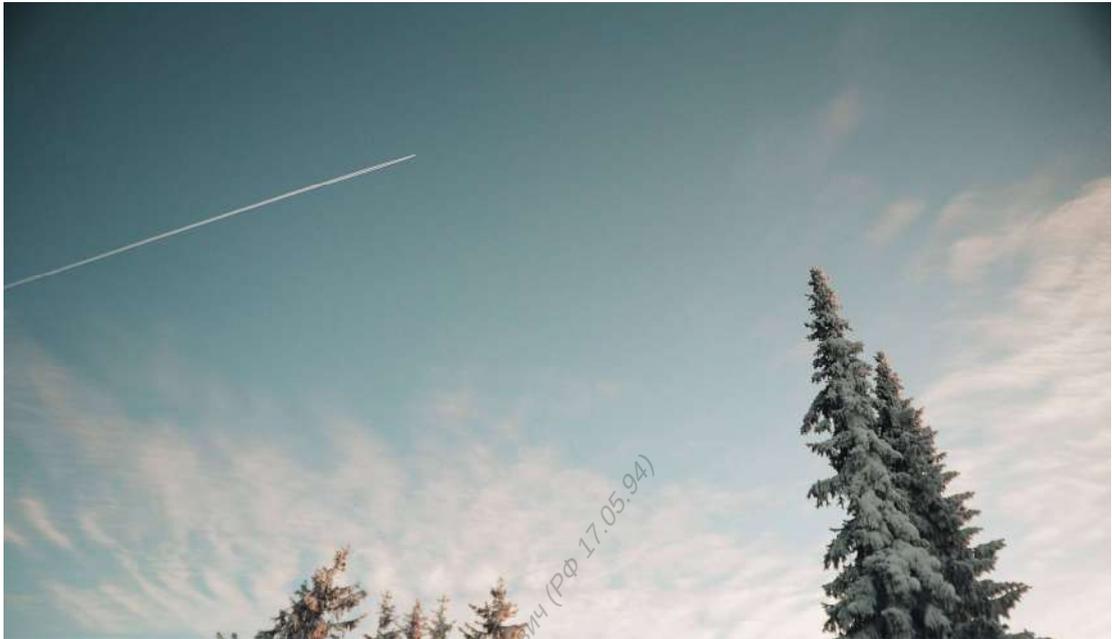


Рисунок 20 – Пример для **Материальная точка**: тут размеры тела не важны



Рисунок 21 – Пример для **Материальная точка**: тут самолет **нельзя** считать материальной точкой (материальной точке дорога казалась бы огромной)

Траектория (\sim) – линия / след, по которому движется тело. (рис.22-23)



Рисунок 22 – Пример для **Траектория**: черная дорога

Перемещение (\vec{r} [м]) – вектор, соединяющий **начальное** и **конечное** положения тела. (рис.23)

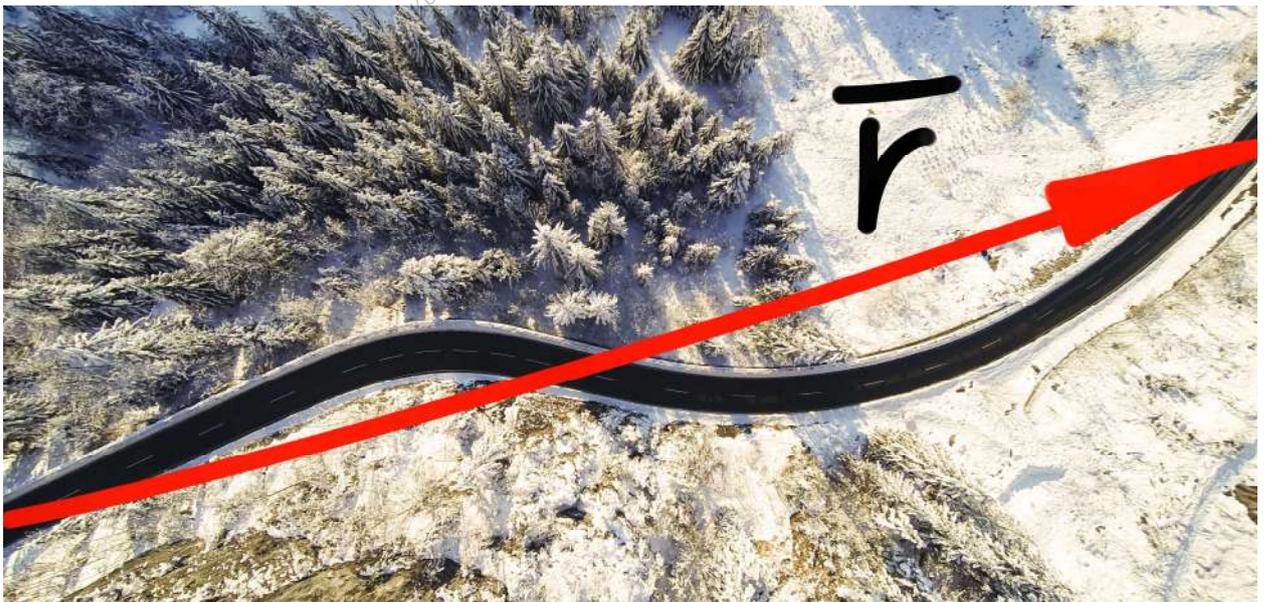


Рисунок 23 – Пример для **Перемещение**: прямое соединение (конечное положение справа)

Время (t [с]) – длительность процесса / превращения. (рис.24)



Рисунок 24 – Пример для **время**: способность человеческого мышления

Путь (S ; L ; l [м]) – длина траектории, которую тело прошло за определенное время. (рис. 25)



Рисунок 25 – Пример для **Путь**: по дороге

Скорость (\bar{v} [м/с]) – характеристика движения, показывающая: какой путь пройдёт за одну секунду. (рис.26)



Рисунок 26 – Пример для **Скорость**: скорости показывают, где будет находиться тело в ближайшее время

Координата ($x ; y ; z$ [м]) – характеристика местонахождения тела в системе координат. (рис.27)



Рисунок 27 – Пример для **Координата**: указание координат **точки**

Ускорение (\bar{a} [м/с²]) – характеристика, показывающая: на сколько скорость меняется за одну секунду. Вектор ускорения показывает: в каком направлении **меняется скорость** / куда **стремиться** направление скорости. (рис.28)

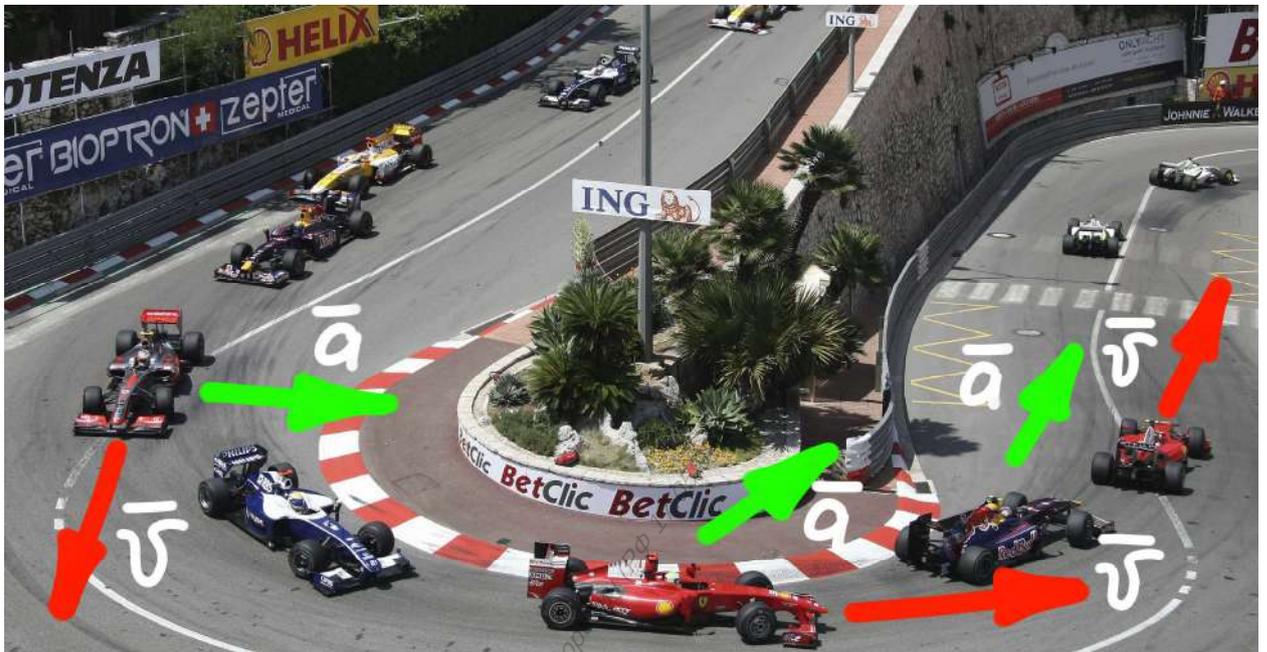


Рисунок 28 – Пример для Ускорение: авто



Виды механического движения материальной точки:

1. Равномерное прямолинейное ($\bar{v} = const; \bar{a} = 0$). (рис.1)



Рисунок 1 – Пример для **Равномерное прямолинейное**: водитель поддерживает **скорость постоянной по прямой дороге**

2. Равнопеременное прямолинейное ($\bar{v} = var; \bar{a} = const$). (рис.2)



Рисунок 2 – Пример для **Равнопеременное прямолинейное**: водитель **увеличивает скорость с постоянной интенсивностью**



3. Неравномерное ($\bar{v} = var$; $\bar{a} = var$ или 0). (рис.3)



Рисунок 3 – Пример для **Неравномерное**: водитель меняет скорость сначала с **одной** интенсивностью, потом с **другой** интенсивностью

4. Движение по окружности ($|v| = const$; $\bar{a} \neq 0$). (рис.4)

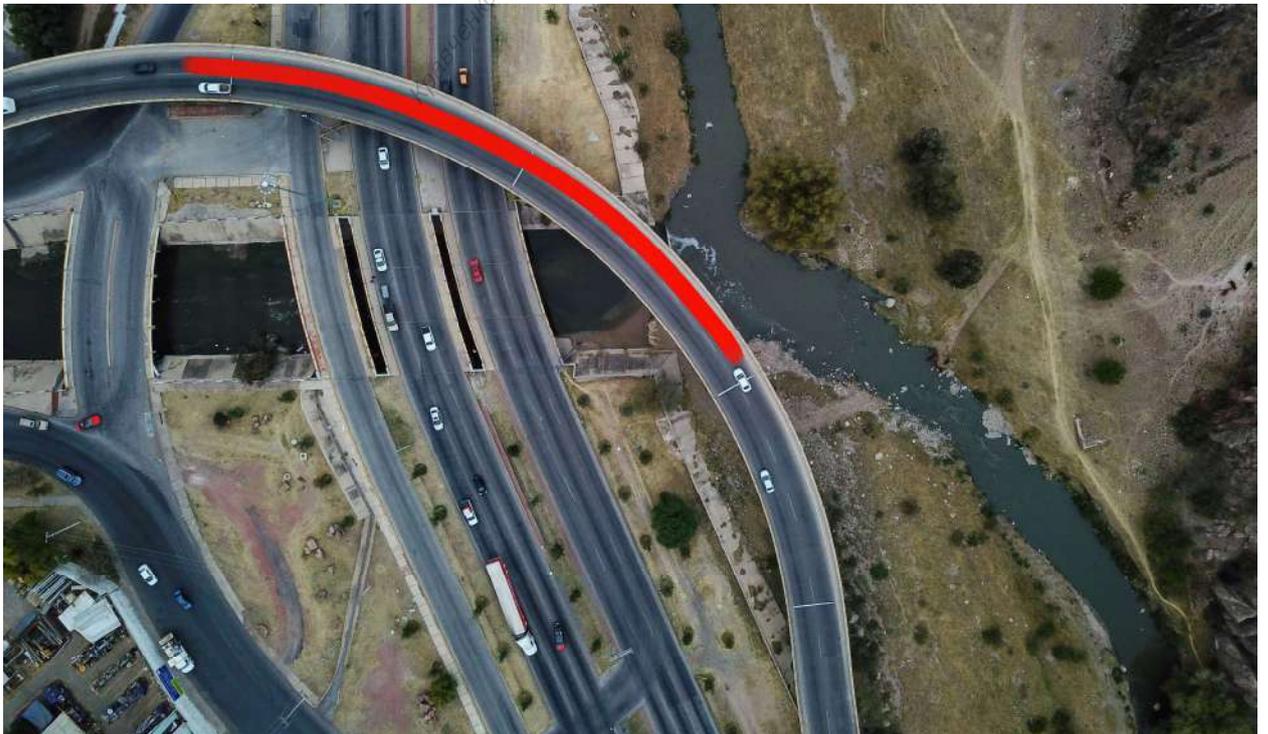


Рисунок 4 – Пример для **По окружности**: на круглом повороте, сохраняя скорость постоянной



Характер механического движения в зависимости от траектории:

1. **Прямолинейное** (/): траектория = **прямая**. (рис.5)

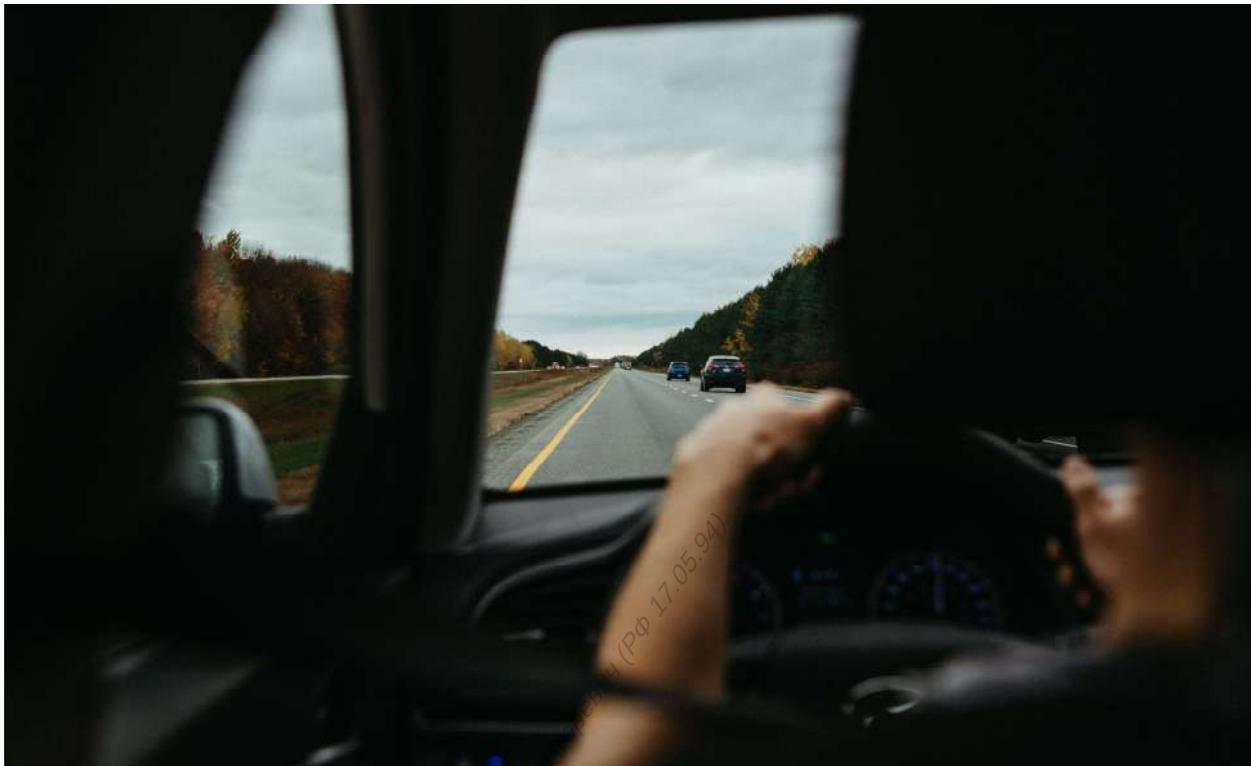


Рисунок 5 – Пример для **Прямолинейное**: **не нужно** поворачивать руль

2. **Криволинейное** (∩): траектория = **не прямая**. (рис.6)



Рисунок 6 – Пример для **Криволинейное**: **нужно** поворачивать руль





Виды механического движения тела (с учетом размеров в задаче):

1. **Непоступательное**: прямая, проведенная через две точки тела, **не остается параллельной** сама себе в прошлых и будущих положениях.

(рис.7)



Рисунок 7 – Пример для **Непоступательное: нога**

2. **Поступательное**: прямая, проведенная через две точки тела, **остается параллельной** сама себе в прошлых и будущих положениях. (рис.8)



Рисунок 8 – Пример для **Поступательное: голова**

Скорость перемещения (\bar{v}_r [м/с]) – скорость по прямой в конечную точку за такое же время, за которое тело прошло по кривой. (рис.9-10)





Рисунок 9 – Пример для **Скорость перемещения**: извилистая дорога



Рисунок 10 – Пример для **Скорость перемещения**: «проложили» дорогу

Закон сложения скоростей – правило, помогающее определить, скорость «тела №1», если «тело №1» в другом движущемся «теле №2». (рис.11, 12)



Рисунок 11 – Пример для **Закон сложения скоростей**: человек, не двигаясь, перемещается (на верхний этаж)

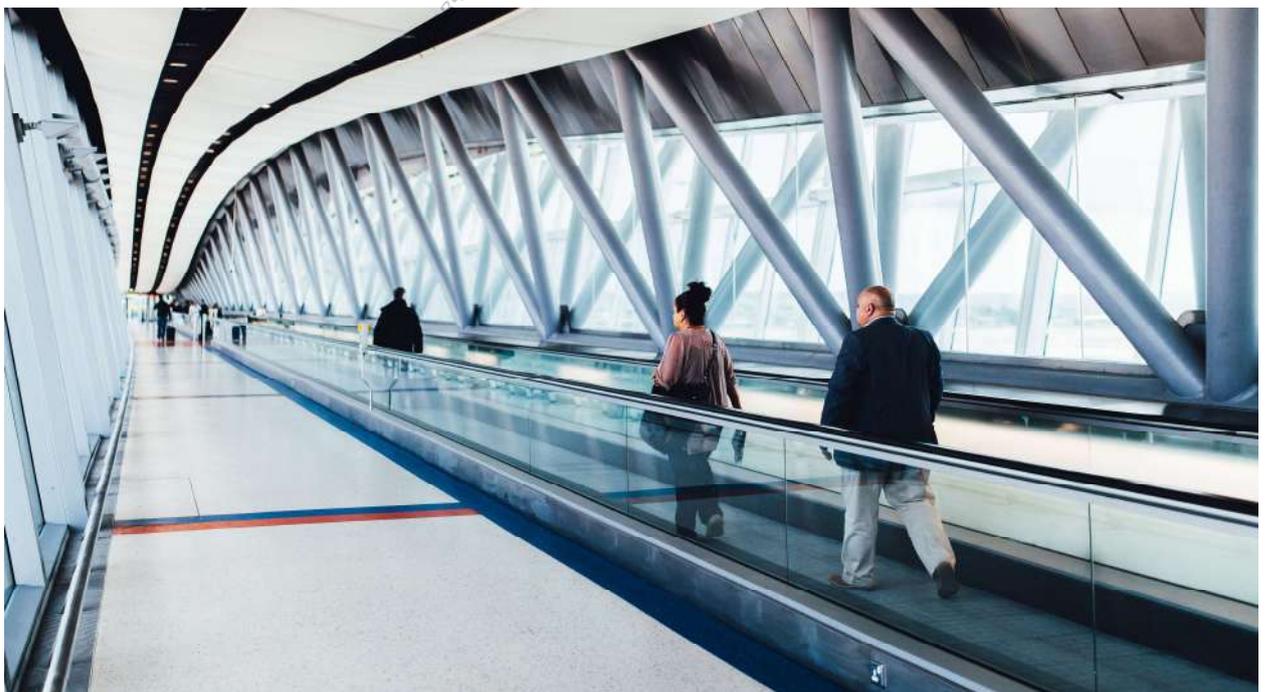


Рисунок 12 – Пример для **Закон сложения скоростей**: человек двигается по эскалатору туда, куда и сам эскалатор движется (на верхний этаж)

Закон относительной скорости (скорость тела №1 относительно тела №2) – правило, помогающее определить, скорость «тела №1», которую измеряет наблюдатель, находящийся в «теле №2». (рис.13а)

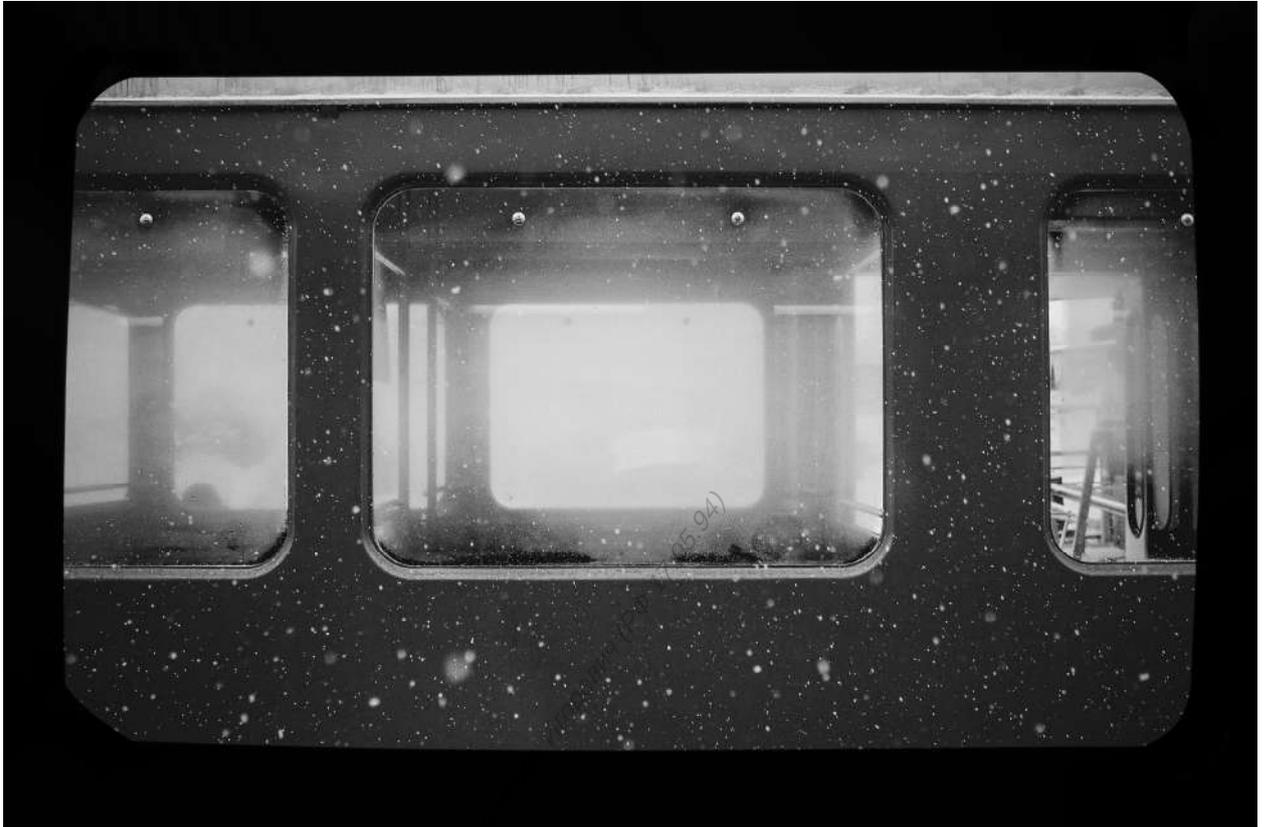


Рисунок 13а – Пример для **Закон относительной скорости**: непонятно, какой поезд едет

Внимание. Нужно постоянно представлять себя наблюдателем в разных местах / телах, даже которые сложно двигаются. (рис.13б-14)



Рисунок 13б – Пример для **Закон относительной скорости**: тут человек не двигается по эскалатору; наблюдатель сзади на эскалаторе!!!



Рисунок 14 – Пример для **Закон относительной скорости**: тут человек не двигается по эскалатору; наблюдатель стоит на этаже здания!!!



Средняя скорость ($v_{\text{ср}}$ [м/с]) – **постоянная скорость**, с которой за **такое же время**, как и при каком-нибудь сложном движении, можно пройти **тот же путь**, который был пройден этим сложным движением (рис.15).

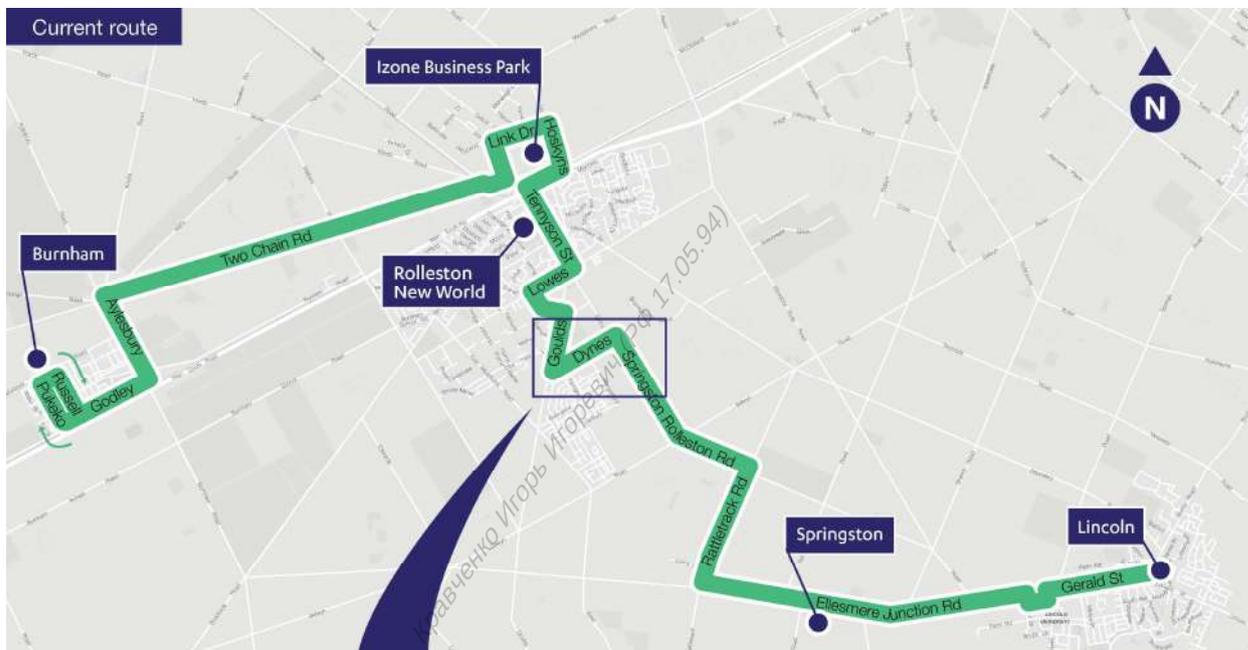


Рисунок 15 – Пример для **Средняя скорость**: проехать все **без остановок** **равномерно** за «привычное» время





График механического движения – линия в системе координат (обычно из двух осей Y и X), где « Y ось» обычно берет название физ. величины Кинематики: v ; v_x ; x ; S и т.д. « X ось» обычно берет название времени: t . (рис.1)

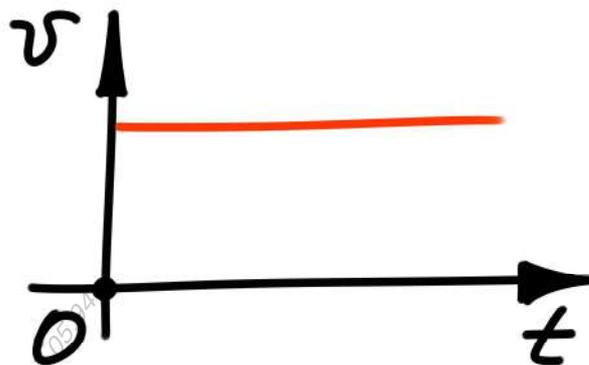


Рисунок 1– Пример для **График механического движения**: тут человек стоит, но его тянет эскалатор. Движение равномерно относительно планеты. Это движение можно описать, например, таким графиком (справа от фото). Жирная **линия** – график. « Y ось» - скорость тела. « X ось» - время наблюдения. Тут видно, что любой точке графика соответствует одна и та ж скорость. Все соответствует действительному движению.

Внимание. Для ситуации рис.1 можно составить много графиков, которые будут описывать движения по-разному. Какие-то графики описывают скорость тела, другие – пути / координаты / ускорения и т.д.

Виды графиков (основные):

(буква перед скобками = вертикальная ось; буква в скобках = горизонтальная ось)

1. **График пути** (от времени): $S(t)$;
2. **График скорости** (от времени): $v(t)$;
3. **График координаты** (от времени): $x(t)$;
4. **График ускорения** (от времени): $a(t)$;





Характерные графики движения для **Равномерное прямолинейное (РМП)**:

1. График пути: $S(t)$; (рис.2)

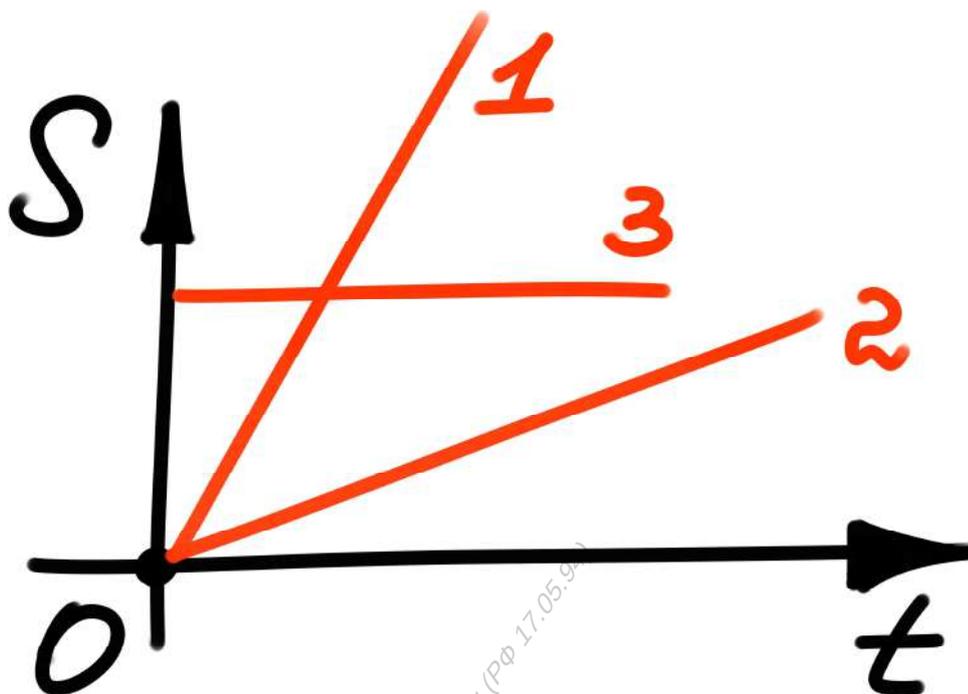


Рисунок 2– Пример для **График пути (РМП): скорость первого тела > второго.**

Третье тело **стоит**, но у него сразу есть пройденный путь вначале

2. График скорости: $v(t)$; (рис.3)

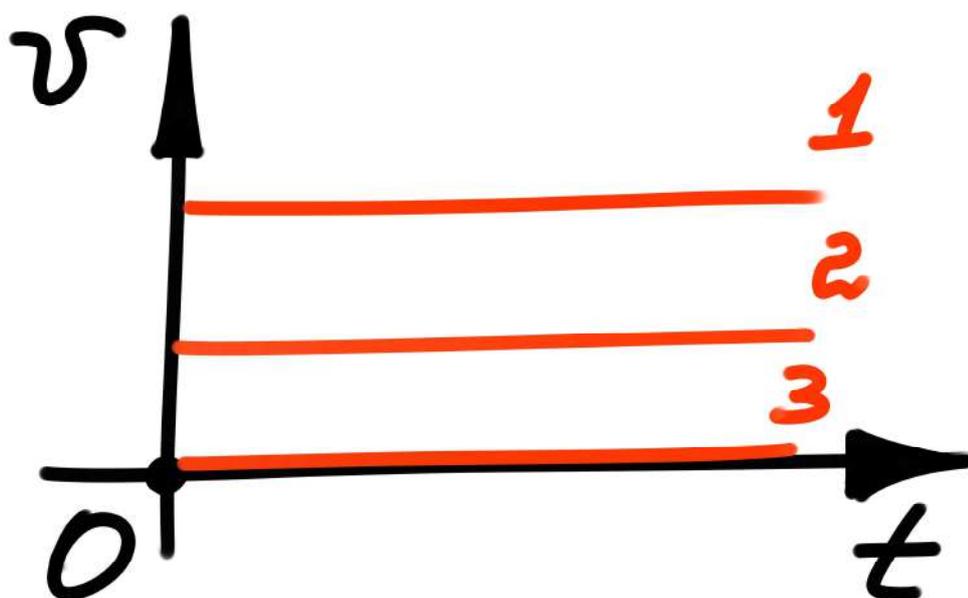


Рисунок 3– Пример для **График скорости (РМП): скорость первого тела больше второго (она выше).** Скорости тел сохраняются. График 3: скорость равна нулю (покой).





3. График координаты: $x(t)$; (рис.4-5)

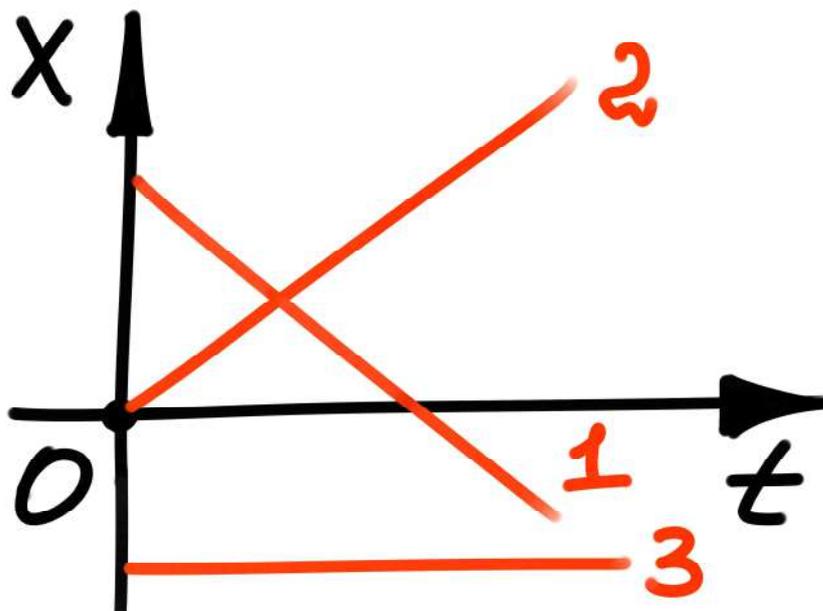


Рисунок 4 – Пример для **График координаты (РМП)**: первое тело в 0 сек. в области положительных координат; далее двигается в сторону области отрицательных координат.

Второе тело в 0 сек. в точке 0; далее двигается в область положительных координат.

Третье тело в 0 сек. в области отрицательных координат; далее остается в том же месте.



Рисунок 5 – Пример для **График координаты (РМП)**: какие номера можно дать этим людям по рис.4?



4. График ускорения: $a(t)$; (рис.6)

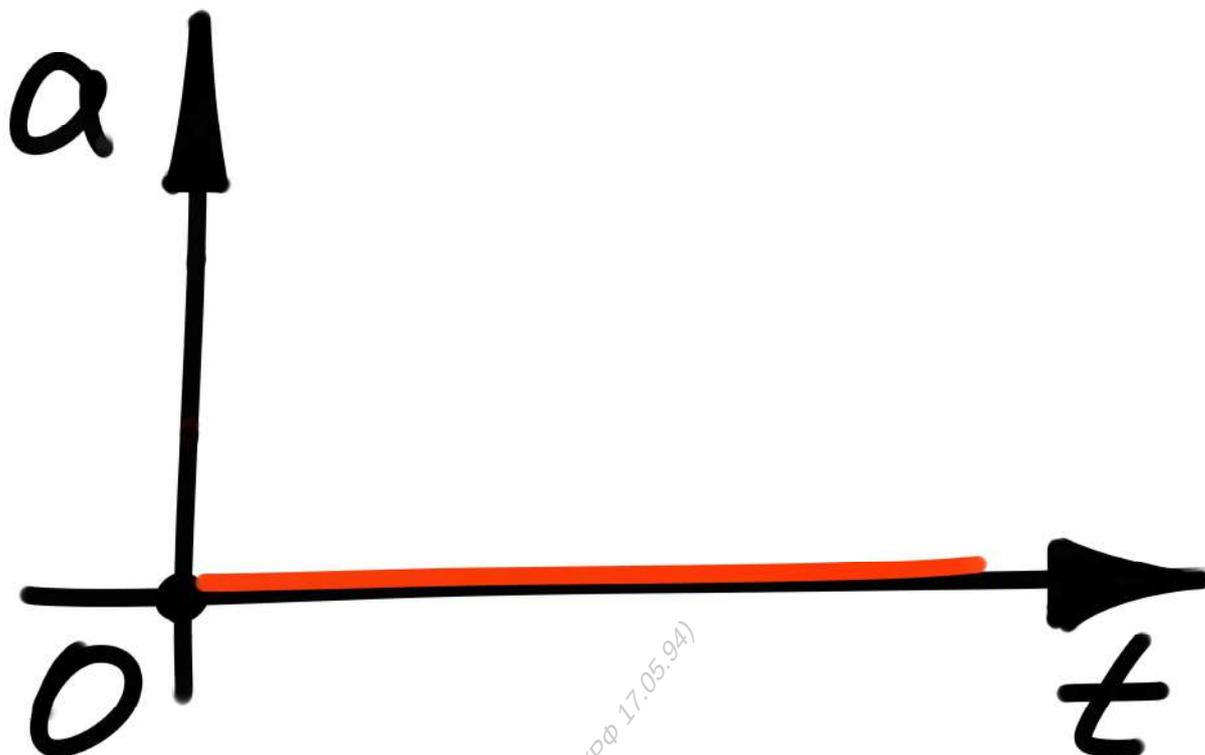


Рисунок 6– Пример для **График ускорения (РМП):** ускорения нет



Характерные графики для **Равнопеременное прямолинейное (РПП)**:

Внимание. График пути **НЕ** может обычно снижаться. Как можно уменьшать пройденный путь во времени?

1. График пути: $S(t)$. (рис.7)

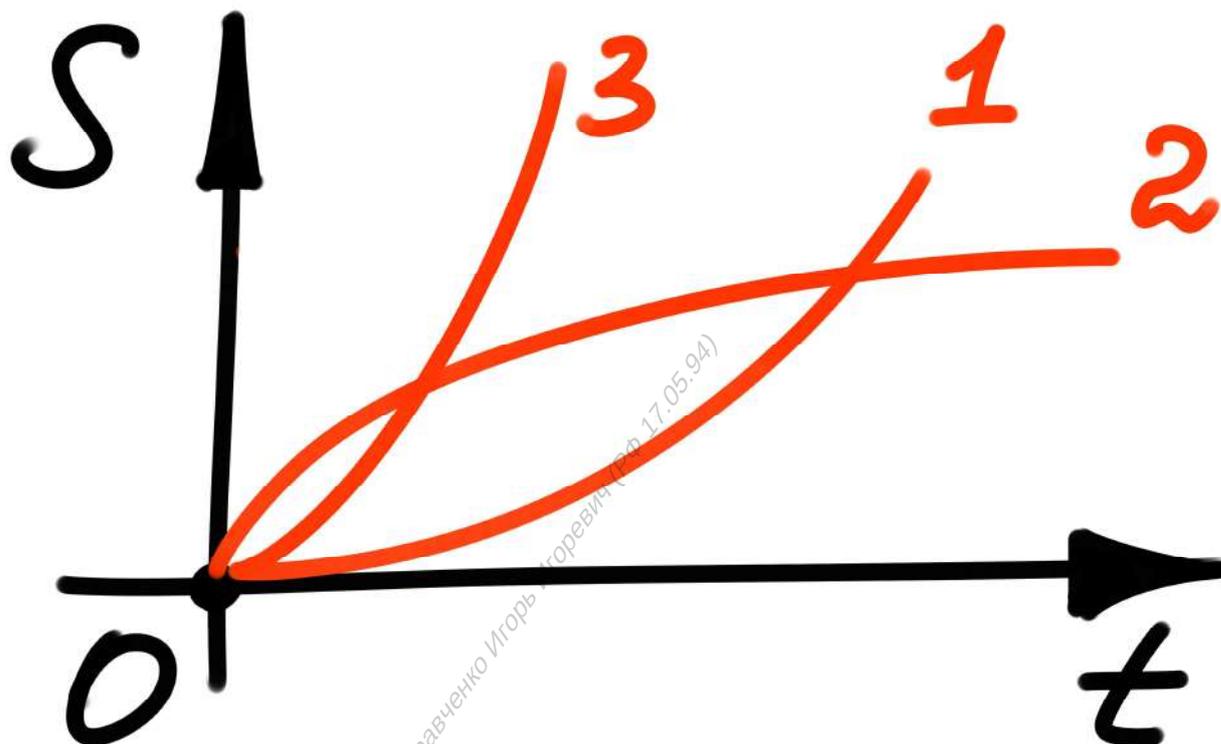


Рисунок 7 – Пример для **График пути (РПП):** графики **изогнутые**. Тело №1: сначала «неохотно» путь проходится, а потом все больше и больше путь проходится (это признак того что скорость «сначала» меньше, чем скорость «потом»; ускорение разгоняет тело). Тело №2 наоборот: сначала «охотно» путь проходится (можно сравнить с телом №1), а потом все меньше и меньше путь проходится (это признак того что скорость «сначала» больше, чем скорость «потом»; ускорение замедляет тело). Тело №3: похож на тело №1 (однако скорость вначале больше (не равна нулю) и Тело №3 проходит путь быстрее)





2. График скорости: $v(t)$. (рис.8)

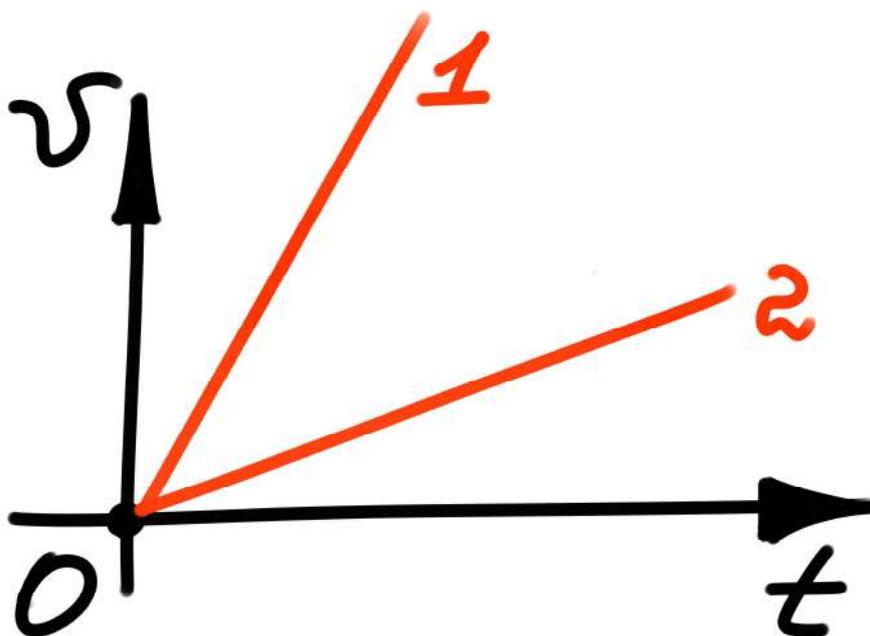


Рисунок 8 – Пример для **График скорости (РПП)**: кстати, **ускорение первого тела больше ускорения второго** (скорость меняется лучше/быстрее). Видно, ускорения каждого графика постоянны для любого промежутка времени (за любой одинаковый промежуток времени скорость меняется одинаково): то, что нужно для РПП.

3. График координаты: $x(t)$. (рис.9-10)

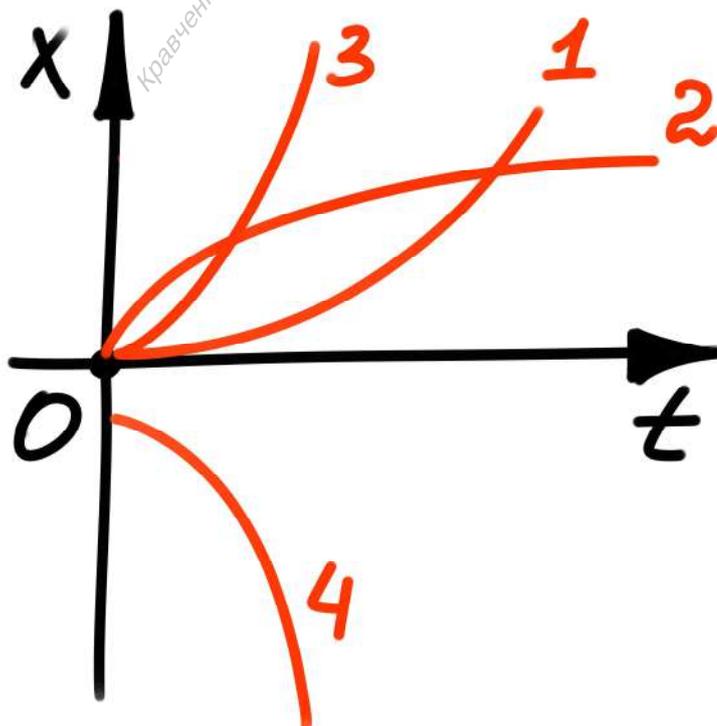


Рисунок 9– Пример для **График координаты (РПП)**: итак, **тела №1, №2, №3 начинают из координаты «0»**





Рисунок 10 – Пример для **График координаты (РПП):** какие номера можно дать машинам по рис. 9?

4. График ускорения: $a(t)$. (рис.11)

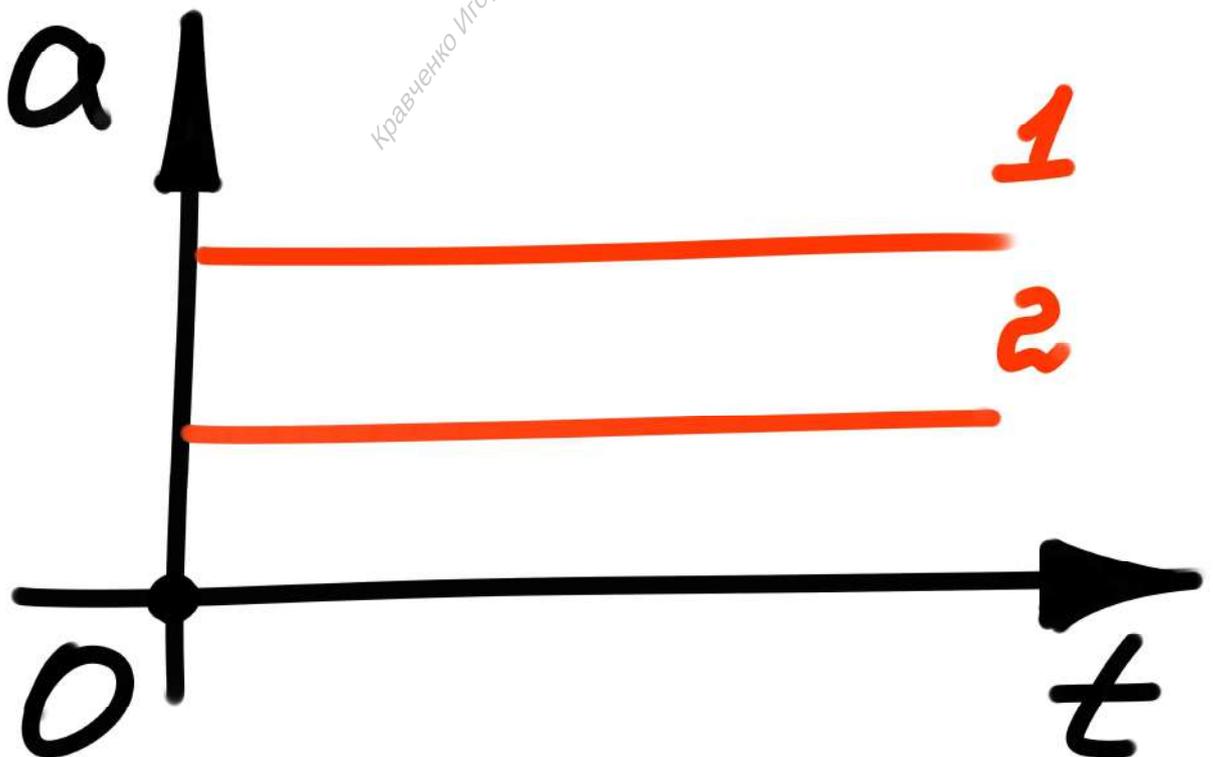


Рисунок 11– Пример для **График ускорения (РПП):** тело «1» лучше меняет скорость

Графическое определение пути – нахождения пути в графике $v(t)$. (рис.12)

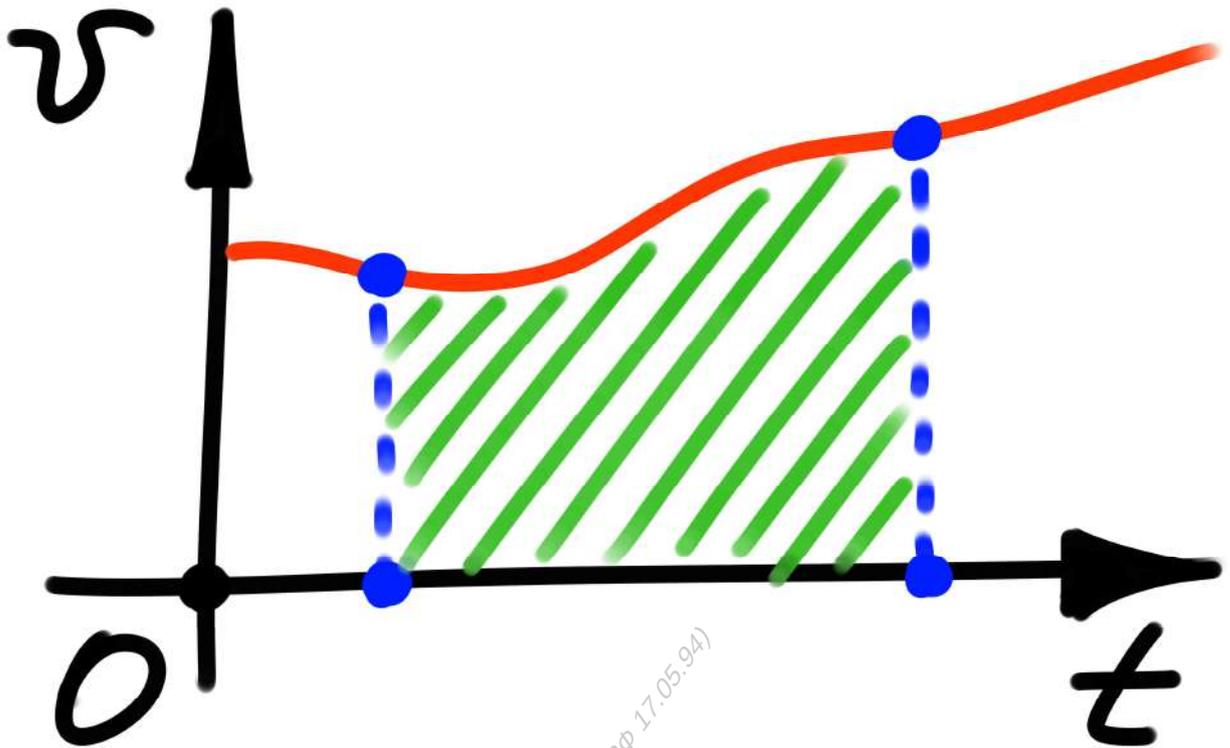


Рисунок 12– Пример для **Графическое определение пути**:
на любом промежутке **путь = площадь** фигуры **между графиком и осью «t»**



Свободное падение – движение тела **возле поверхности планеты**, где на тело **влияет только планета**. (рис.1)

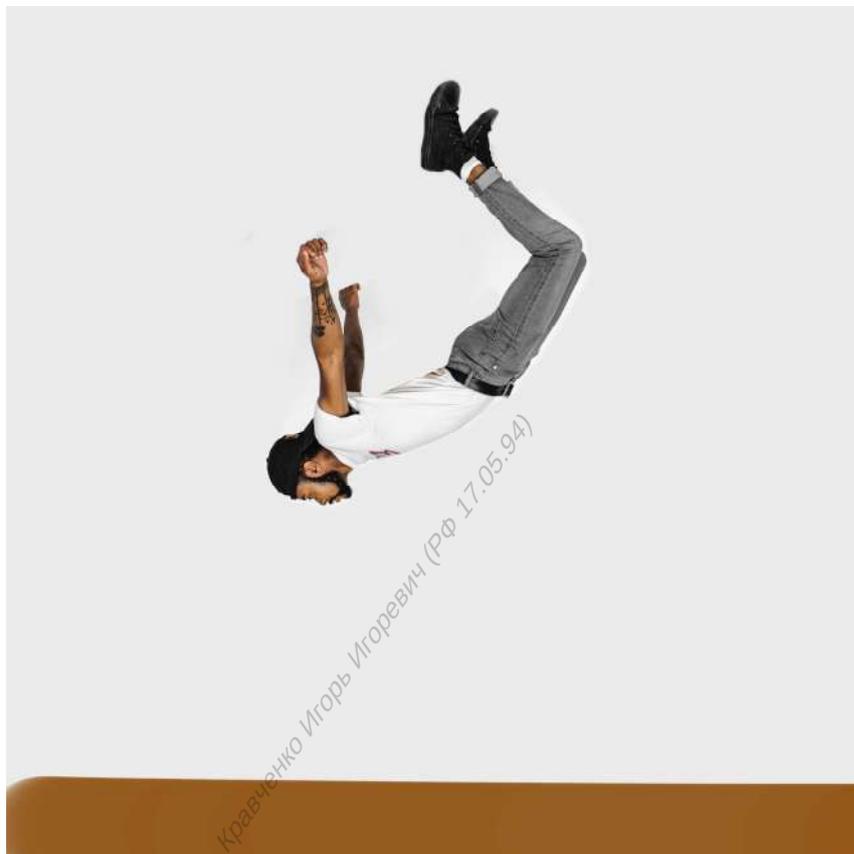


Рисунок 1 – Пример для **Свободное падение**: поверхность земли близко; **только планета влияет** на человека

Ускорение свободного падения (\bar{g} [м/с²]) – ускорение, которое **имеют все тела в Свободном падении**. (рис.2)





Рисунок 2 – Пример для **Ускорение свободного падения**: все тела в Свободном падении; ускорение у них одинаковое

Движение тела, брошенного под углом к горизонту – движение тела в Свободном падении с невертикальной начальной скоростью. (рис.3-4)

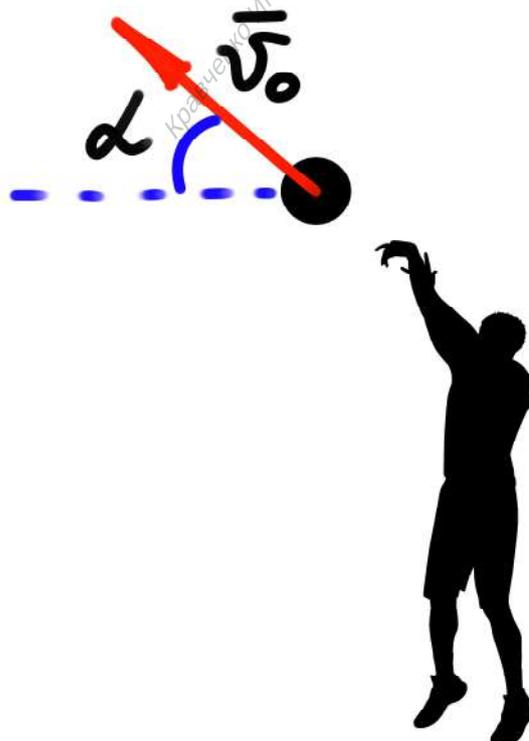


Рисунок 3 – Пример для **Движение тела, брошенного под углом к горизонту**: кинул мяч

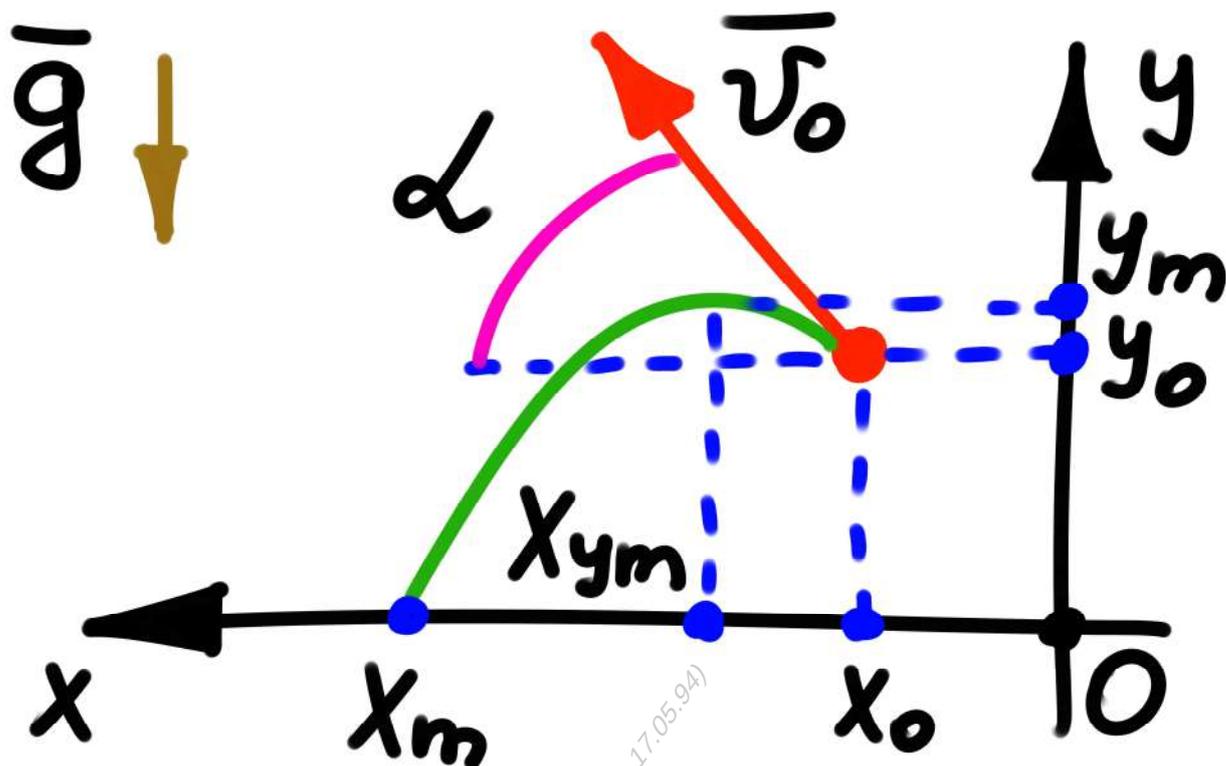


Рисунок 4 – Пример для Движение тела, брошенного под углом к горизонту:

траектория движения камня

Движение материальной точки по окружности – движение, при котором траектория – часть / целая окружности. Считаем: $|v| = const.$ (рис.5)

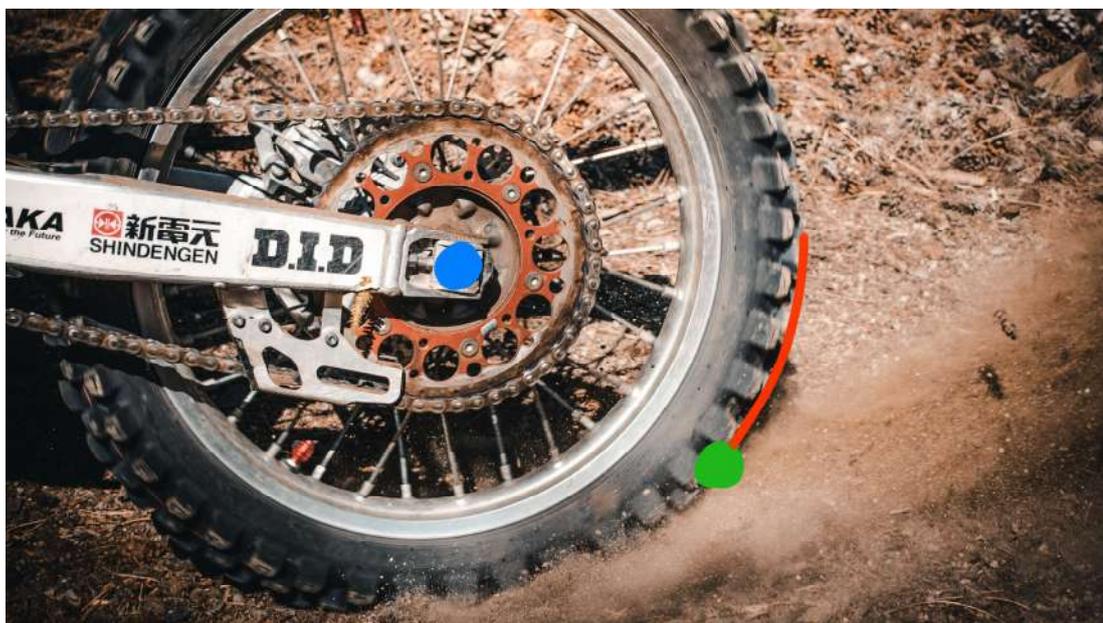


Рисунок 5 – Пример для Движение материальной точки по окружности: траектория

движения точки колеса, относительно неврещающего центра колеса



Угловая скорость (ω [$\frac{\text{рад}}{\text{с}}$]) – характеристика движения по окружности, показывающая: на какой угол поворачивается материальная точка за одну секунду. Указывает вращение (\odot / \ominus часовой стрелки). (рис.6)



Рисунок 6 – Пример для Угловая скорость: по часовой стрелке

Касательная (линейная) скорость (\vec{v} [м/с]) – скорость движения по окружности. (рис.7)

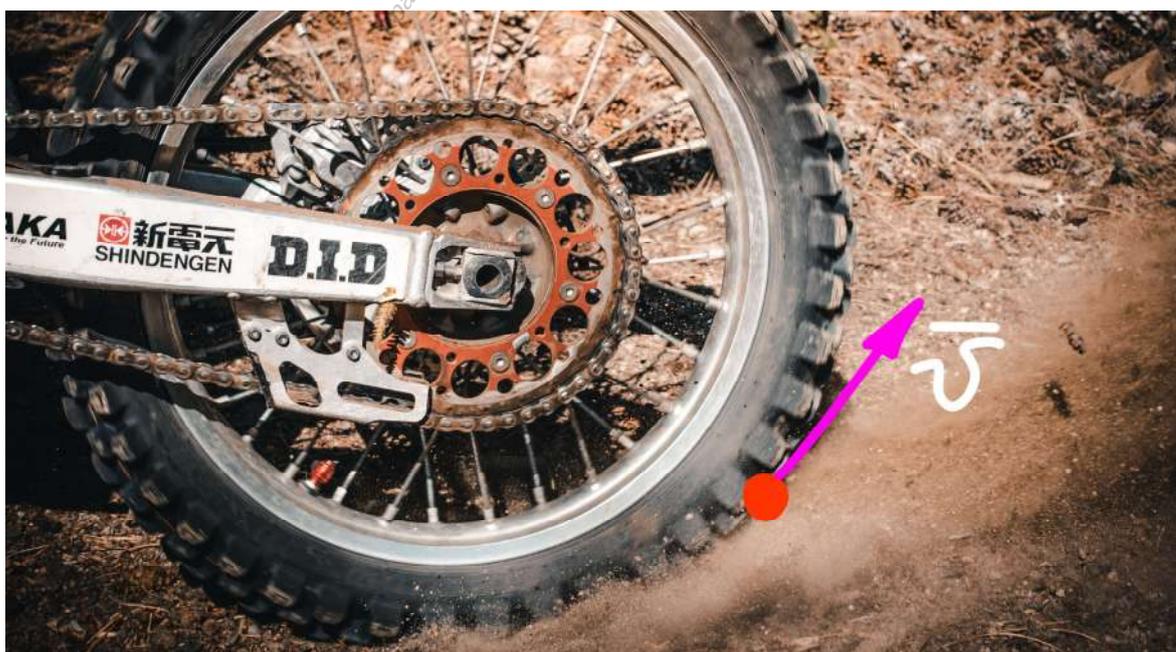


Рисунок 7 – Пример для Касательная (линейная) скорость: точка вращается по часовой стрелке. Скорость направлена туда, куда стремится двигаться точка

Частота (ν [Гц]) – характеристика движения по окружности, показывающая число **оборотов** точки за одну секунду. **Оборот** – движение после которого точка **возвращается** в начальное место. (рис.8)



Рисунок 8 – Пример для **Частота**: **точка** минутной стрелки делает за одну секунду **1/3600 оборота**. Какова ее частота « ν »?

Период (T [с]) – время, за которое тело делает **1 оборот**. (рис.9)

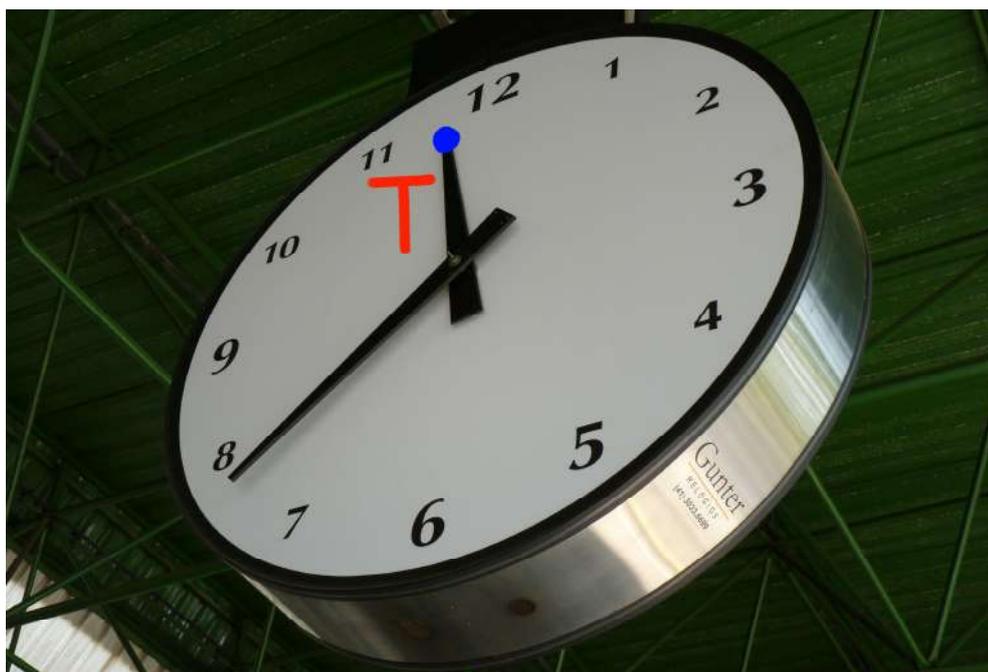


Рисунок 9 – Пример для **Период**: **часовая** стрелка медленно движется. Каков ее « T »?

Центростремительное ускорение (\bar{a}_c [м/с²]) – ускорение движения по окружности, которое **поворачивает тело** по окружности. Направлено **всегда в центр** окружности. (рис.10)

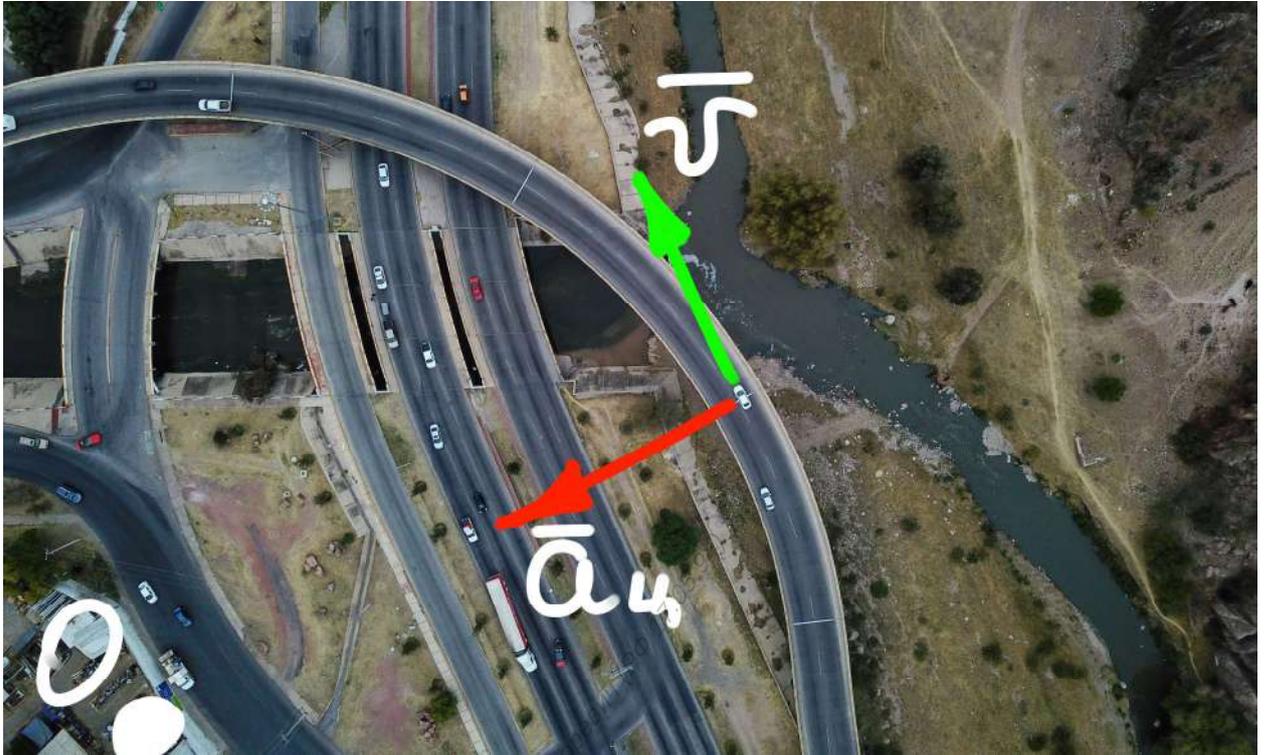


Рисунок 10 – Пример для **Центростремительное ускорение**: авто движется примерно по окружности; **центростремительное ускорение** «смотрит» в центр

Основы механических передач:

1. Ременная передача. (рис.11-12)



Рисунок 11 – Пример для **Ременная передача**: одно колесо заставляет двигаться другое

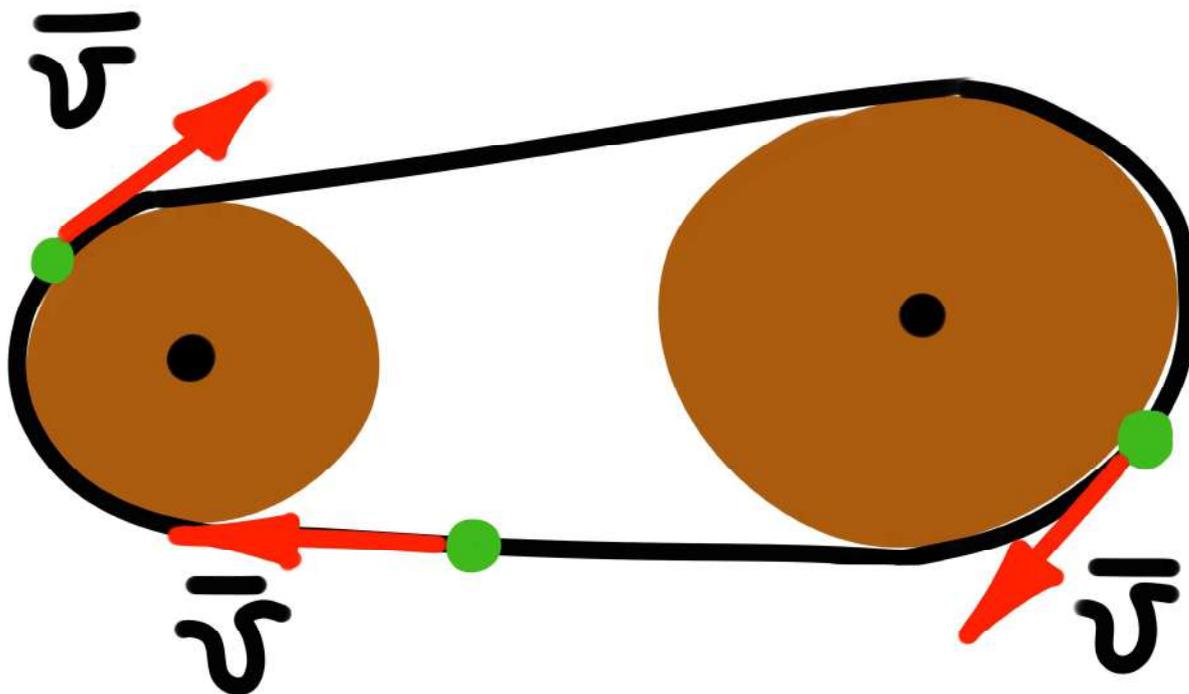


Рисунок 12 – Пример для **Ременная передача**: «**колеса**» связаны «**ремнем**»; все **точки ремня** движутся с **одной скоростью**, иначе ремень с одной стороны растягивался, а с другой «собирался»; поэтому **скорости вращения внешних точек колес одинаковы**.

2. Зубчатая передача. (рис.13-14)



Рисунок 13 – Пример для **Зубчатая передача**: одно **колесо** заставляет двигаться другое **колесо**



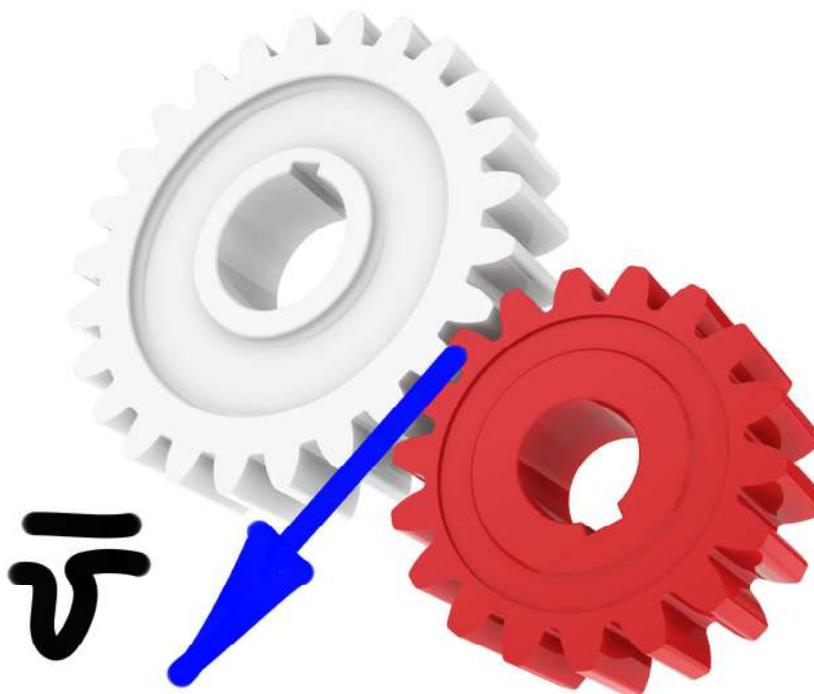


Рисунок 14 – Пример для **Зубчатая передача: «колеса» связаны просто**; соприкасающиеся **внешние точки колес** движутся с **одной скоростью**, иначе в месте соприкосновения они бы «проламывали» друг друга; поэтому **скорости вращения внешних точек колес одинаковы**.

3. Передача на одном валу. (рис.15-16)



Рисунок 15 – Пример для **Передача на одном валу: одно колесо заставляет двигаться другое колесо, но они склеены**



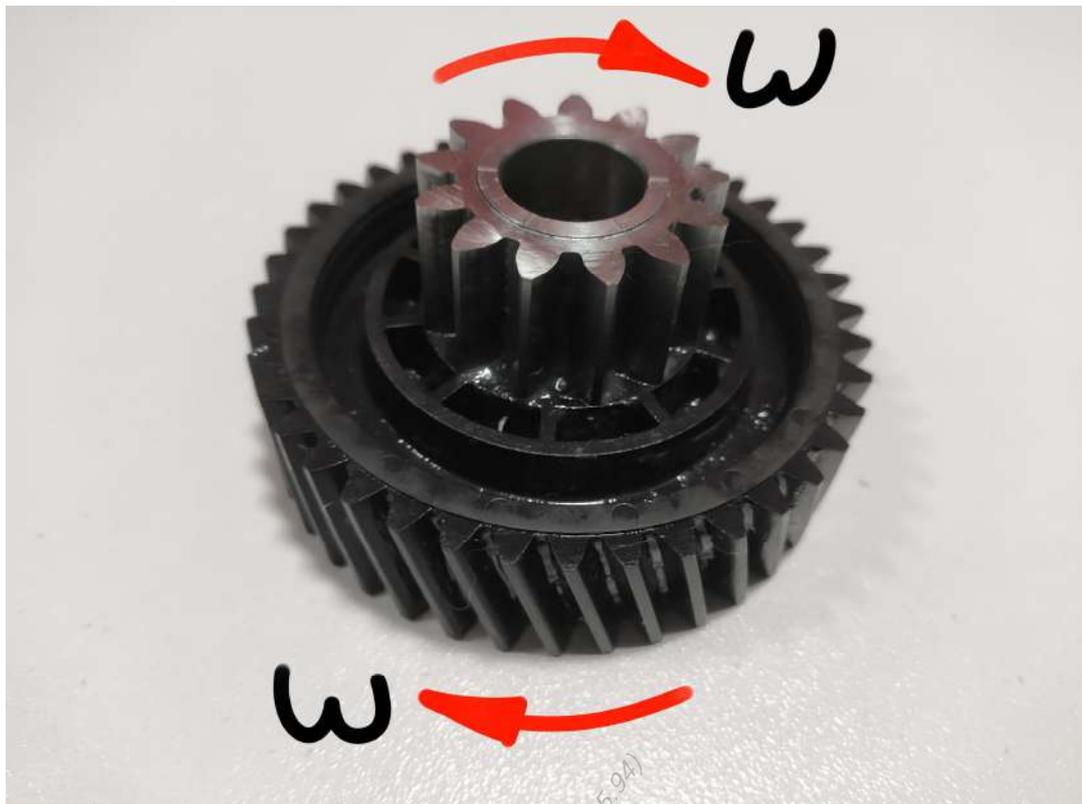


Рисунок 16 – Пример для **Передача на одном валу**: **«колеса» склеены**; **внешние точки колес** движутся с **одинаковой угловой!!!** скоростью, иначе они бы оторвались друг от друга



ДИНАМИКА

Система отсчета (СО) – **тело №2**, к которому прикреплен наблюдатель, рассматривающий механическое движение **тела №1**. (рис.1-3)

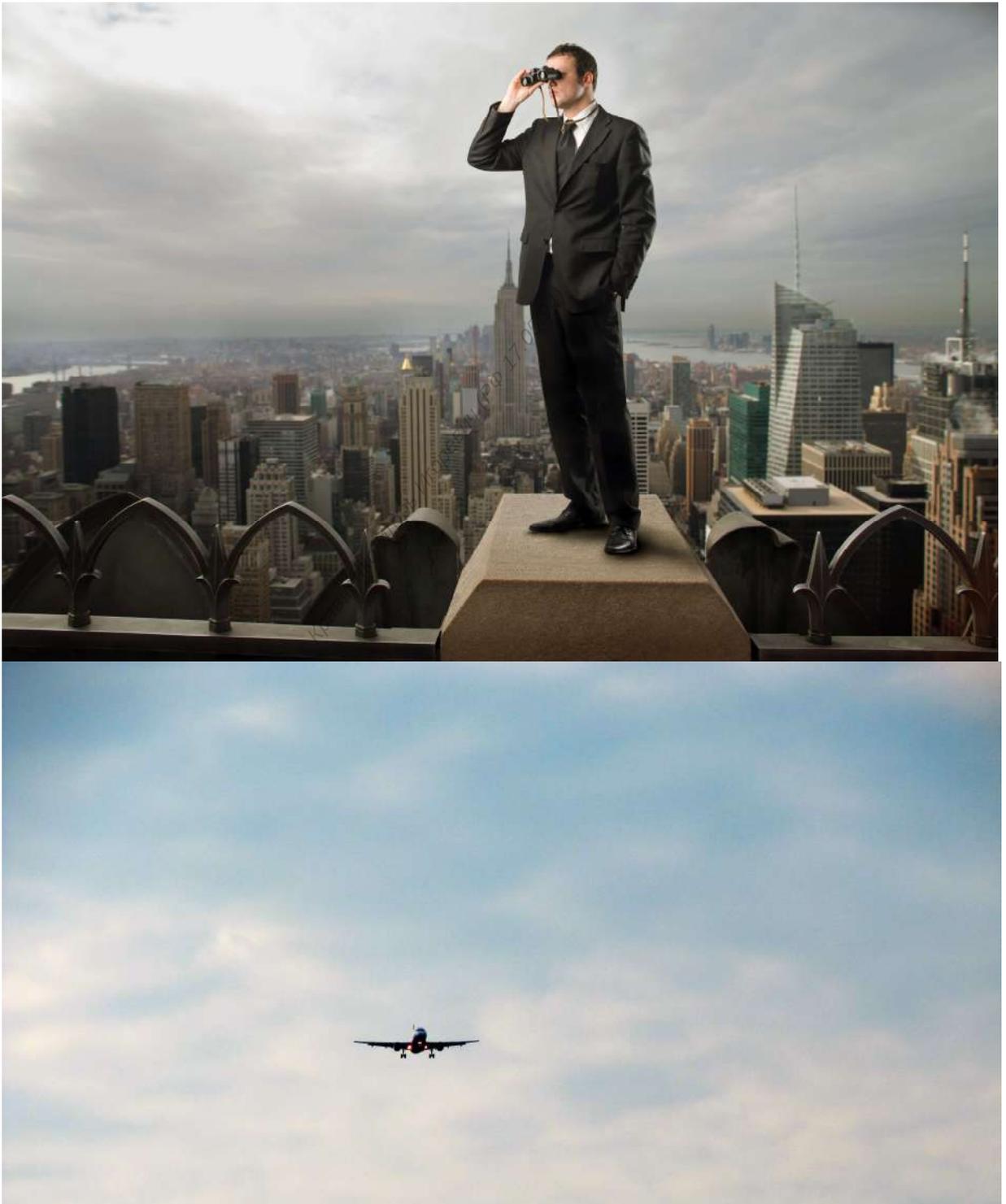


Рисунок 1 – Пример для СО: наблюдатель прикреплен к дому, смотрит на самолет



Рисунок 2 – Пример для СО: это также **наблюдатель** (он за чем-то следит), он **прикреплен к дому** (дом прикреплен к планете, тогда **наблюдатель прикреплен к планете** также)



Рисунок 3 – Пример для СО: наблюдатель смотрит на **тело**

Внимание. Тело №1 – тело, которое **интересует нас больше всего** в задаче или ситуации (**на которое мы бы смотрели**). **Тело №2** – тело, которое приходится учитывать в задаче или ситуации (то место, где мы стоим или где стоит прибор наблюдения, например, камера-видео)

Движение – состояние тела, характеризуемое **определенной скоростью**.
(рис.4а)



Рисунок 4а – Пример для Движение: различно



Внимание.

« **Меняется** скорость = **Меняется** движение »

(рис.4б)



Рисунок 4б – Пример для Движение: машина **меняет** движение, так как **меняется** скорость (или по направлению/или по модулю)

Действие – влияние **одного** тела, приводящее к изменению движения **другого** тела. (рис.5)



Рисунок 5 – Пример для Действие: **газ** влияет на **ракету** ⇒ **ракета** изменяет движение



Первый закон Ньютона (I з.Н.) – правило, показывающее, как **влияние других тел** связано с движением данного тела:

« Существуют такие системы отсчёта, относительно которых тело движется **равномерно прямолинейно** или **покоится**, **если** действия других тел **скомпенсированы** или **нет действия других тел** »

Скомпенсированные действия – влияния других тел, которые совместно уничтожают действия друг друга. (рис.6)



Рисунок 6 – Пример для **Скомпенсированные действия**: веревка не двигается; кажется, никто на нее не влияет



Виды СО:

1. **Инерциальная СО (ИСО):** выполняется I закон Ньютона. (рис.7)



Рисунок 7 – Пример для **Инерциальная СО**: **Машина едет**, тела притягиваются↓ планетой и отталкиваются↑ сидением **скомпенсированно**. Тела покоятся в машине

2. **НЕ**инерциальная СО (НСО): **НЕ** выполняется I закон Ньютона. (рис.8)



Рисунок 8 – Пример для **НЕ**инерциальная СО: **Машина едет**, тела притягиваются↓ планетой и отталкиваются↑ сидением, **скомпенсированно**. **НО** что-то тянет тела.



Внимание. Можно определить вид СО по ее движению:

□ **Инерциальная СО:**

« СО, движущаяся равномерно / прямолинейно относительно планеты »

(рис.10)



Рисунок 10 – Пример для ИСО: Хочешь стоять на месте? Можно не держаться

□ **НЕ**инерциальная СО:

« СО, движущаяся **не** равномерно / прямолинейно относительно планеты »

(рис.11)



Рисунок 11 – Пример для НСО: Хочешь сидеть на месте? Надо держаться

Инерция - свойство тела «сохранять скорость», **если** действия других тел скомпенсированы или нет действия других тел. (рис.12)



Рисунок 12 – Пример для **Инерция**: Просто человек **сохраняет скорость**,
которая была





Принцип относительности Галилея – правило, предсказывающее поведение тела в разных ИСО:

« Движение **при одинаковых условиях** протекает **одинаково** в любой ИСО »

(рис.13)

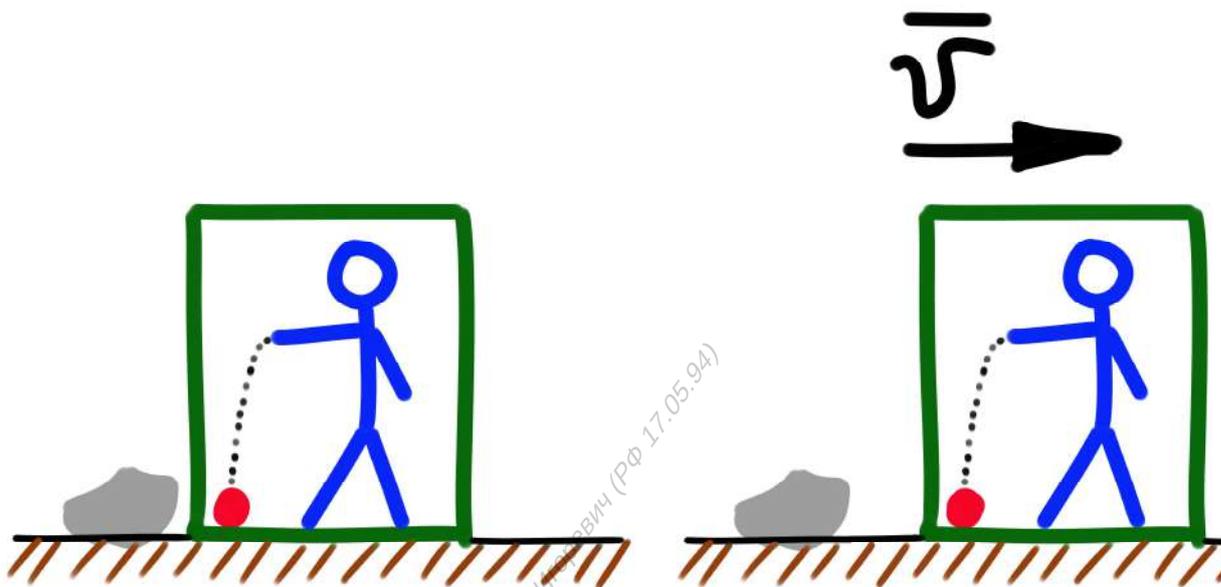


Рисунок 13 – Пример для **Принцип относительности Галилея**: Падение ● в движущейся **равномерно прямолинейно** коробке **не отличить** от Падения ● в стоящей коробке

Инертность – способность тела «сохранять скорость» при внешнем действии на него. (рис.14)



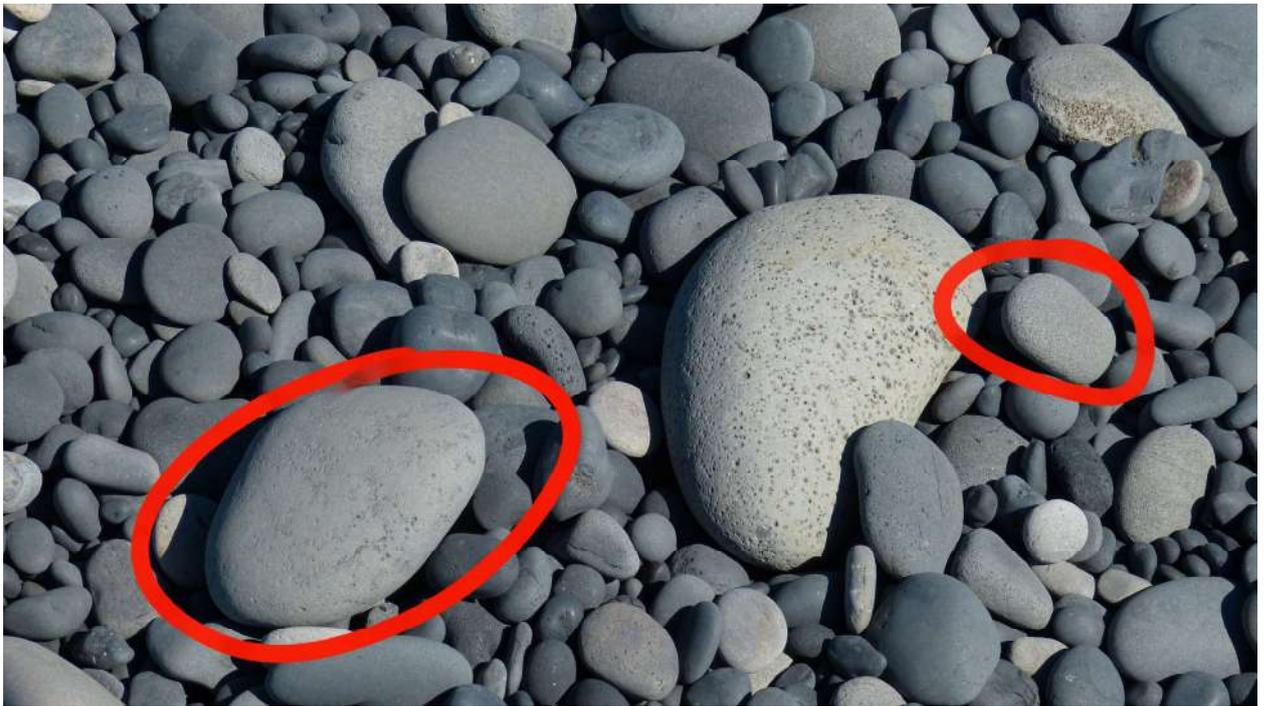


Рисунок 14 – Пример для **Инертность**: «сохранять скорость» = **«сопротивляться изменению скорости»** ⇒ левое большое тело имеет больше инертности, чем правое.

Масса тела (m [кг]):

1) характеристика, показывающая **количество вещества** в теле; (рис.15)

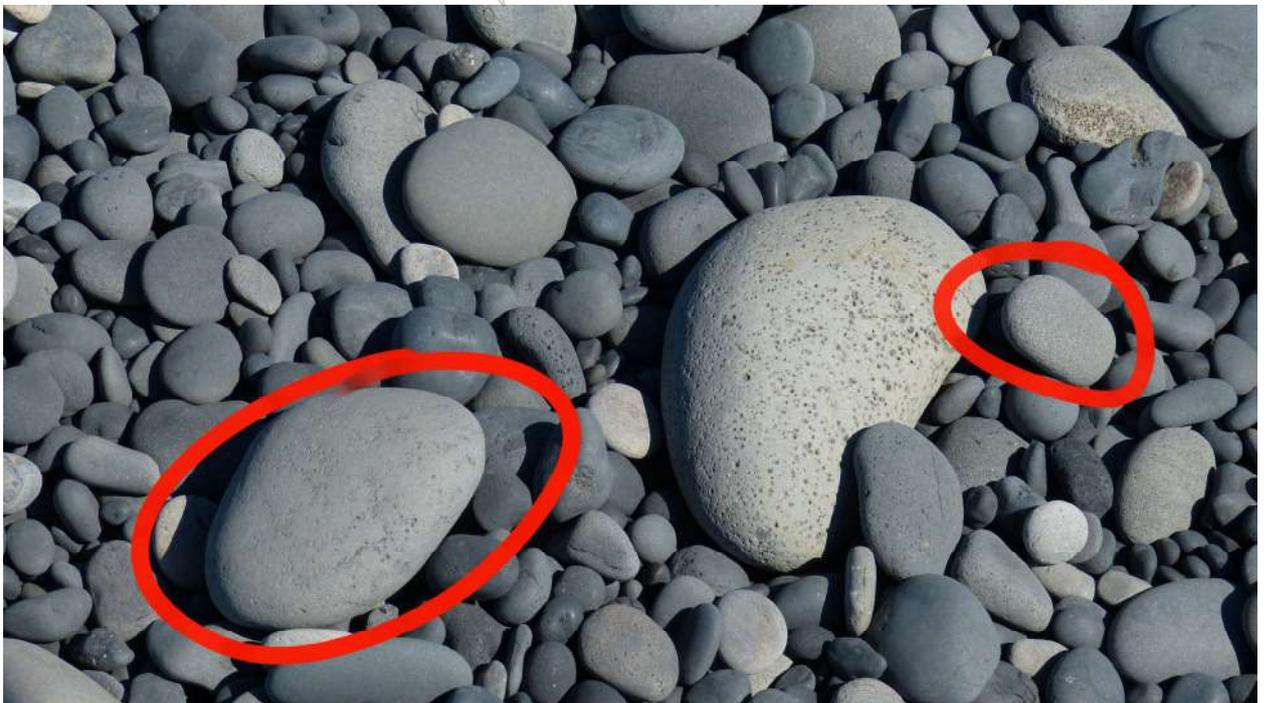


Рисунок 15 – Пример для **Масса(1)**: говоря, что тела одного вещества имеют **разную массу**, мы имеем ввиду, что в них **есть разное количество** этого вещества.



2) характеристика, показывающая « как велика **инертность** » тела; (рис.16)



Рисунок 16 – Пример для **Масса(2)**: **Масса = Инертность**: кубики одинаковой массы, потому что имеют **одинаковую инертность**

Плотность вещества (ρ [кг/м³]) – характеристика, показывающая массу в единице объема. (рис.17)

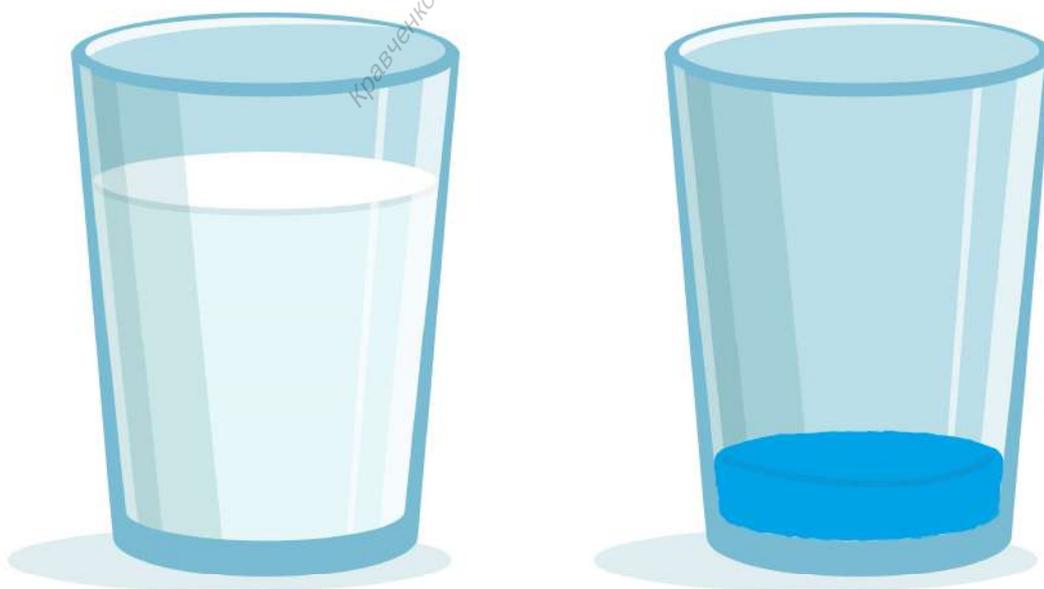


Рисунок 17 – Пример для **Плотность вещества**: слева снег, справа вода из этого снега. **Справа** плотность вещества **больше**: **справа хорошо заполнено пространство**.





Взаимодействие – влияние тел друг на друга, приводящее к изменению движения обоих тел. Представляем только **два тела**. (рис.19)

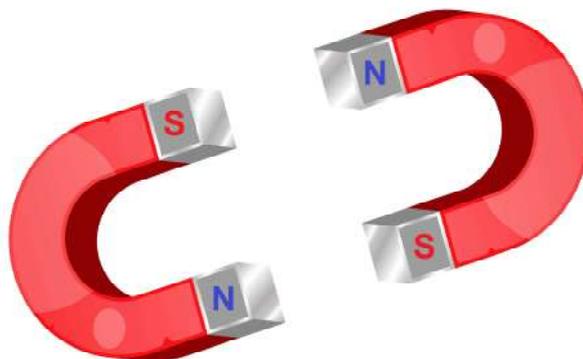


Рисунок 19 – Пример для **Взаимодействие**: Магниты **вливают** на «соседа» ⇒
оба магнита **отползают** от «соседа»

Виды Взаимодействия:

1. Гравитационное: массы **взаимно притягивают** друг друга. (рис.20)

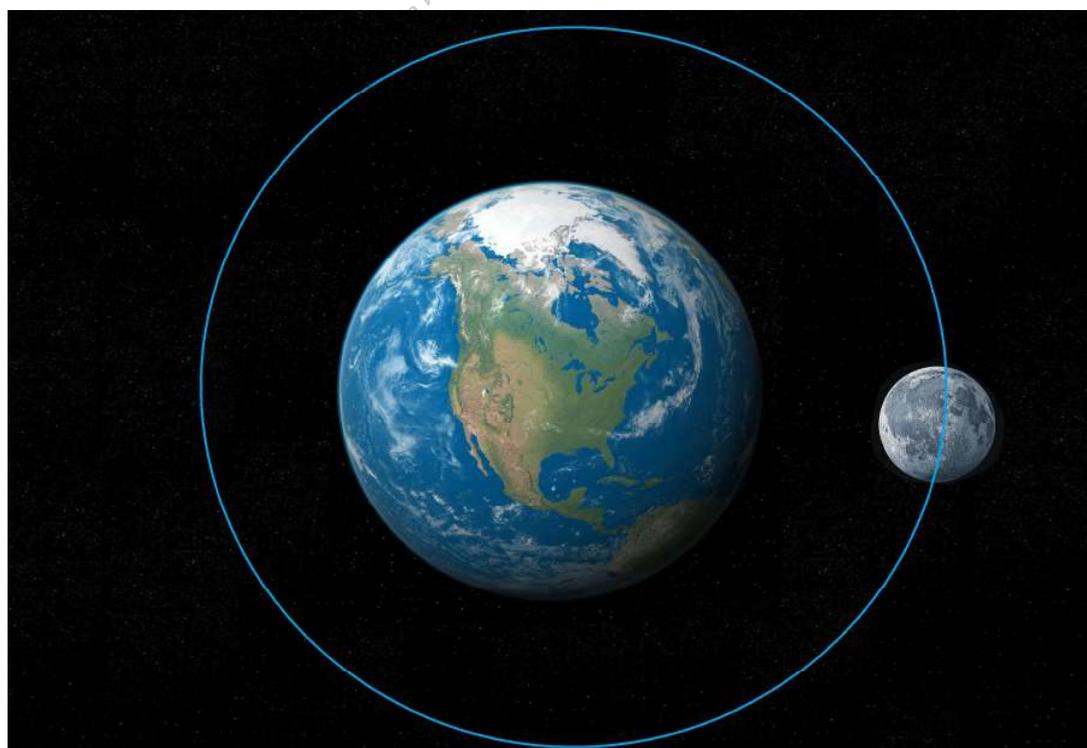


Рисунок 20 – Пример для **Гравитационное**: Планета и спутник удерживаются вместе силами Гравитационного Взаимодействия





2. Электромагнитное: «заряды» / «магниты» взаимно [притягивают / отталкивают] друг друга. (рис.21)

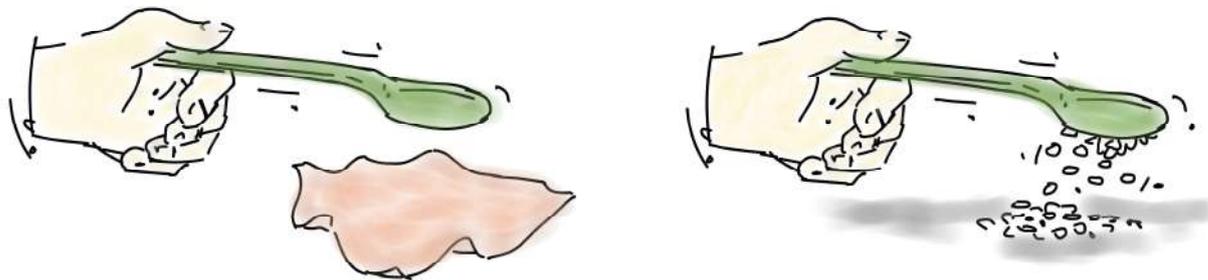


Рисунок 21 – Пример для Электромагнитное: ложку натирают о ткань, далее ложка притягивает куски бумаги

3. Сильное. (рис.22)

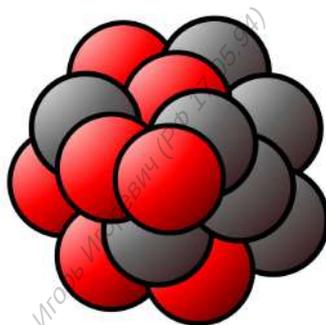


Рисунок 22 – Пример для Сильное: держит части ядра

4. Слабое. (рис.23)

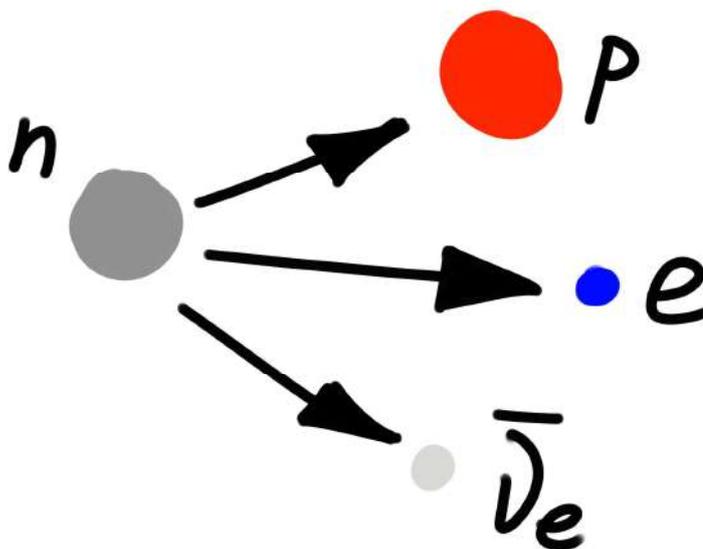


Рисунок 23 – Пример для Слабое: между малыми и большими частицами атома





Сила (\vec{F} [Н]) – характеристика, показывающая «как велико взаимодействие» / «интенсивность взаимодействия». (рис.24-25)



Рисунок 24 – Пример для Сила: **каждый авто взаимодействует с планетой по-разному; большое авто** планета тянет сильно \Rightarrow взаимодействие «**большое авто** и планета» сильное \Rightarrow Сила действует на **большое авто** большая

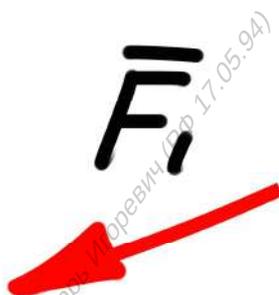


Рисунок 25 – Пример для Сила: Вектор силы для рисунка

Принцип суперпозиции сил – правило, упрощающее много действий:

« **Много действий** \rightarrow **Одно действие** »

(рис.26-27)

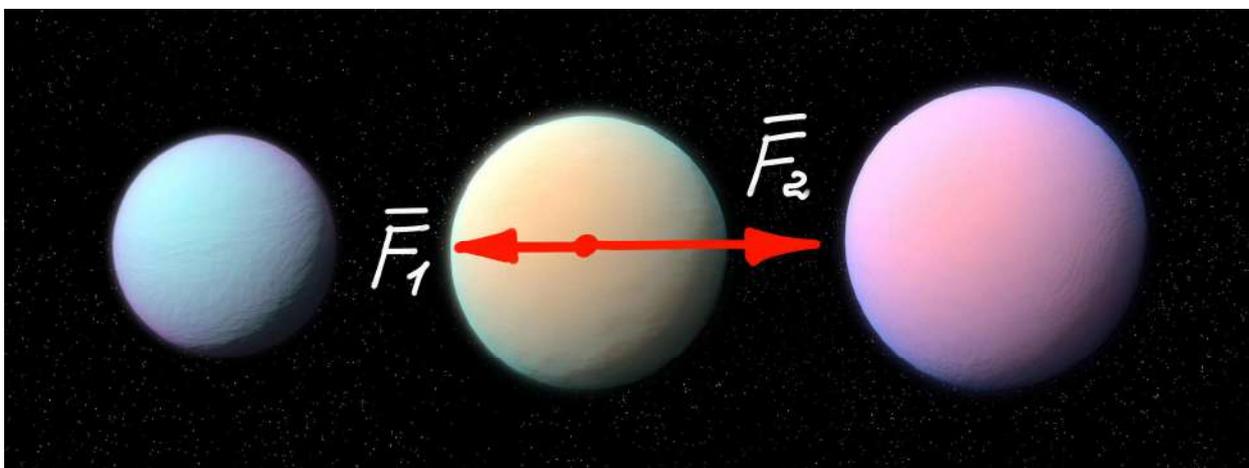


Рисунок 26 – Пример для **Принцип суперпозиции сил**: **два** влияния на Центральное тело



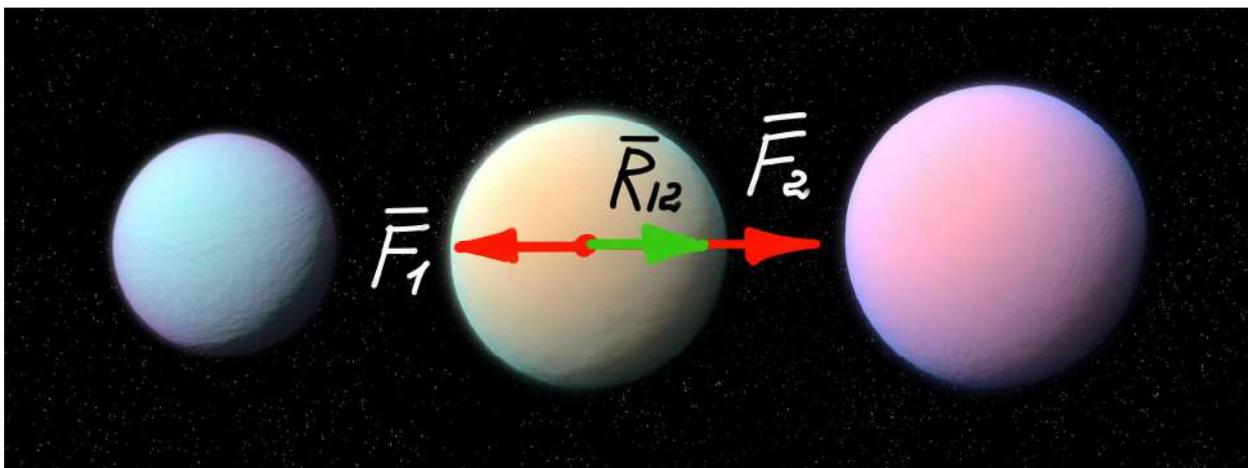


Рисунок 27 – Пример для Принцип суперпозиции сил: **две силы** → **в одну**

Внимание. После превращения нескольких сил в одну: **старые** превращаемые силы **пропадают** (не учитываются в расчетах).

Результирующая сила (\bar{R} [Н]) – сила, в которую превращаются нескольких сил (по Принцип суперпозиции сил). (рис.28)

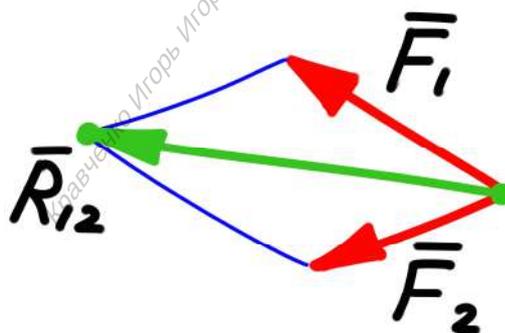


Рисунок 28 – Пример для Результирующая сила: \bar{R}_{12} - результирующая сила

Равнодействующая сила = **Суммарная сила** = **Результирующая сила.**

Второй закон Ньютона (II з.Н.) – правило для ИСО, показывающее, что «сила на тело **прямо** зависит от ускорения тела, где $\bar{R} \uparrow \uparrow \bar{a}$. (рис.29)



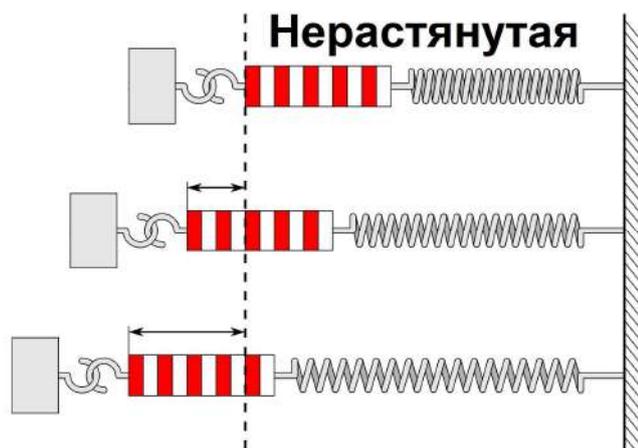


Рисунок 29 – Пример для **Второй закон Ньютона**: **нижнюю** пружину растянули много
 ⇒ пружина действует «сильно» на шар ⇒ сила на шар **большая** ⇒ ускорение шара **большое**. **Среднюю** пружину растянули **НЕ**много ⇒...⇒ ускорение шара **НЕ**большое.

Третий закон Ньютона – правило, показывающее, что **если тело №1 действует** на тело **№2**, то тело **№2 так же** (только в другую сторону) **действует** на тело **№1**:

« Два тела взаимодействуют с силами **равными** по модулю, **противоположными** по направлению, направленными **вдоль прямой**, **соединяющей** их точки приложения »

(рис.30)

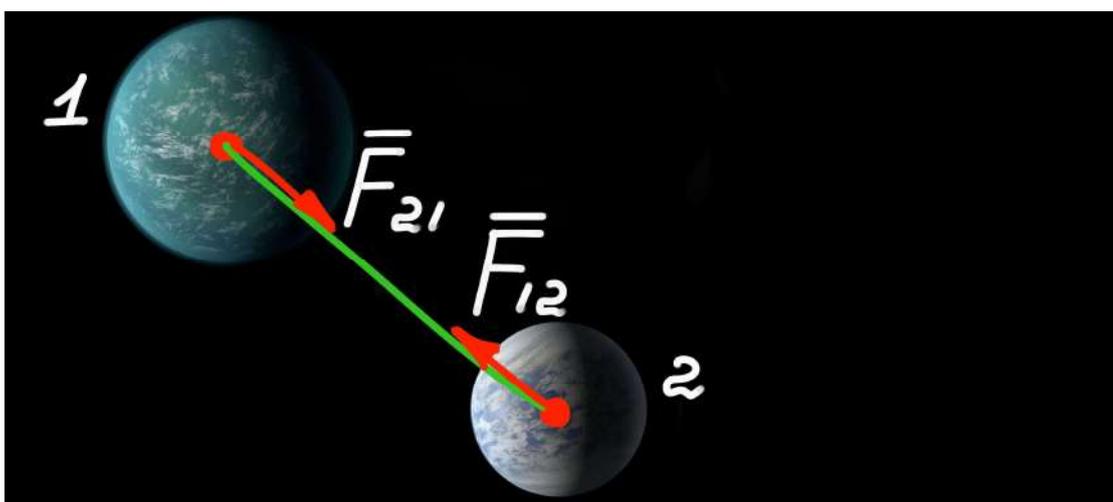


Рисунок 30 – Пример для **Третий закон Ньютона**: $F_{12} = F_{21}$



Закон всемирного тяготения – правило, показывающее от чего зависит сила взаимодействия гравитационного. (рис.31-32)

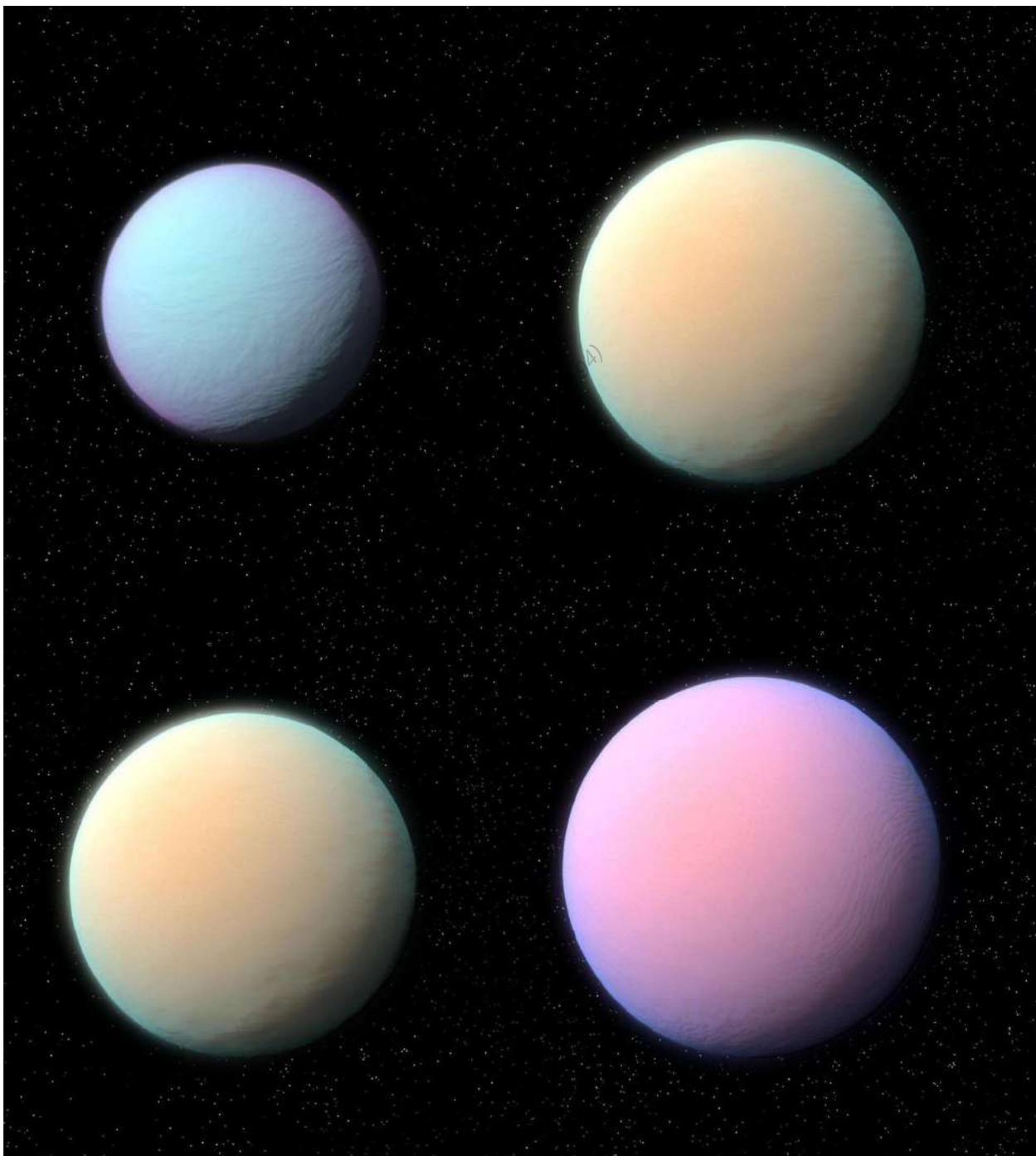


Рисунок 31 – Пример для Закон всемирного тяготения: нижняя пара притягивается **сильнее** из-за масс

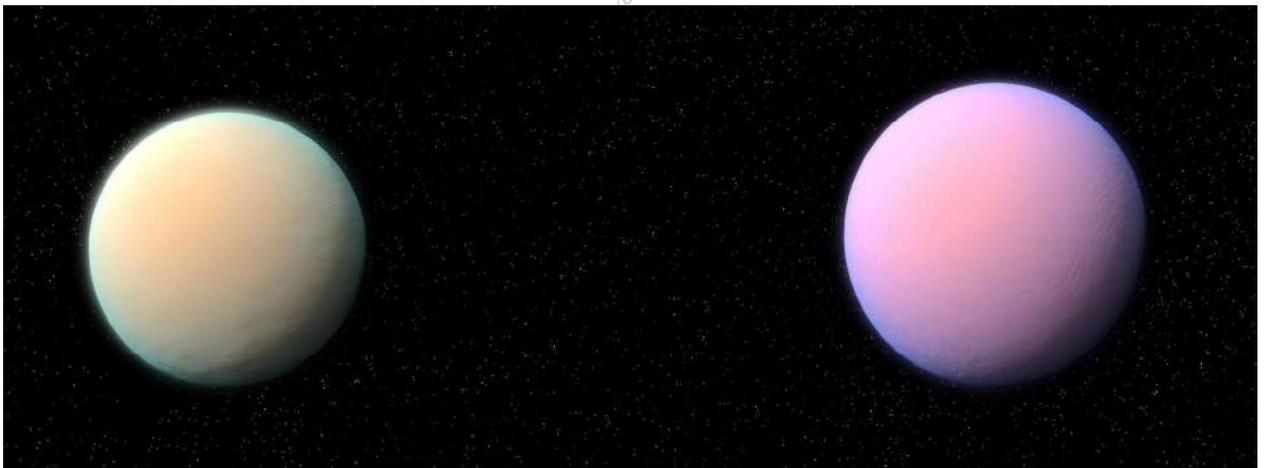
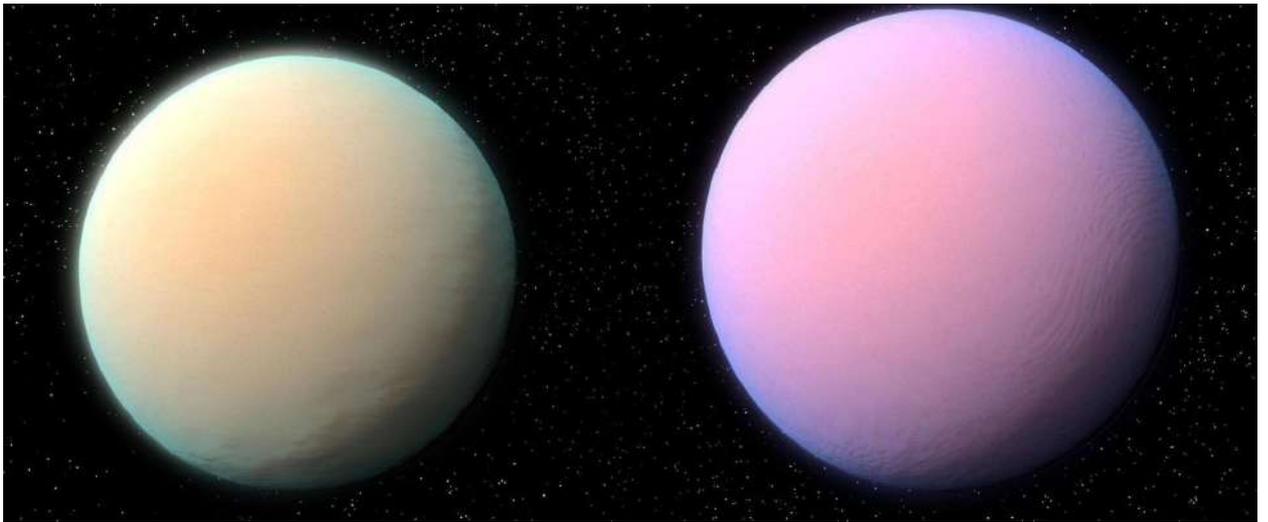


Рисунок 32 – Пример для **Закон всемирного тяготения**: нижняя пара притягивается **слабее** из-за расстояния

Сила тяготения (\vec{F}_T [Н]) – сила, которой гравитационно взаимодействуют тела. (рис.33)



Рисунок 33 – Пример для **Сила тяготения**: в таком рисунке обычно **показывают силы тяготения**

Сила тяжести (\vec{F}_T [Н]) – сила, которой **большое** тело гравитационно притягивает **малое** тело. (рис.34)



Рисунок 34 – Пример для **Сила тяжести**: в таком рисунке обычно **показывают силы тяжести**

Внимание. Сила тяжести = Сила тяготения. **Одно и то же.**

Вес (\bar{P} [Н]) – сила, которой тело давит на поверхность или тянет «подвес». «Подвес» = крючок; нить; пружина и т.д. (рис.35-36)



Рисунок 35 – Пример для **Вес**: колесо давит на дорогу там, где касаются они



Рисунок 36 – Пример для **Вес**: кот тянет веревку там, где они касаются

Сила реакции (опоры / подвеса) (\bar{N} [Н]) - сила, которой поверхность от себя отталкивает тело или которой «подвес» к себе придерживает тело.
(рис.37-38)



Рисунок 37 – Пример для **Сила реакции опоры**: грунт отталкивает мяч там, где они касаются



Рисунок 38 – Пример для **Сила реакции подвеса**: шнур придерживает лампу там, где они касаются



Внимание. Вес, Сила реакции в паре тел связаны по III з.Н:

«**Вес** создается **телом №1** = **Сила реакции** создается **телом №2**»

(рис.39)

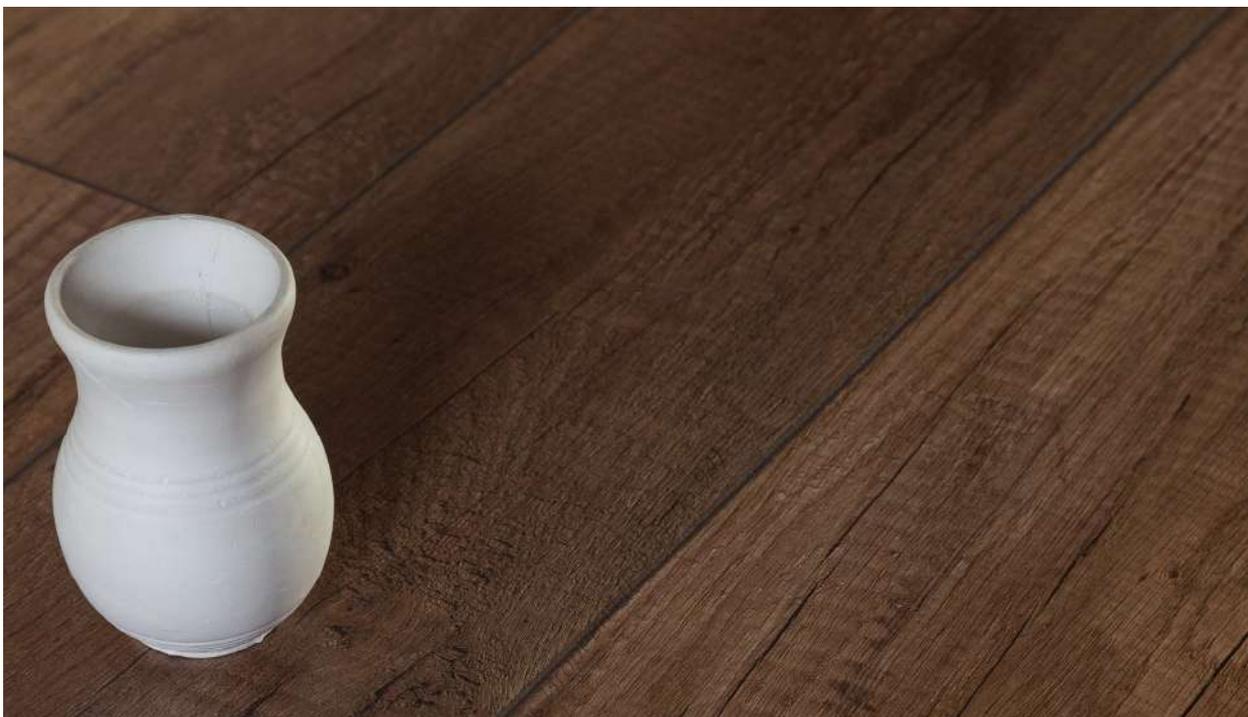


Рисунок 39 – Пример для **Вес** и **Сила реакции связаны**: кувшин давит↓ на пол, а пол толкает↑ кувшин



Спутник – космическое тело, вращающееся **вокруг другого** космического тела.

Внимание. **Планеты / звезды / «куски»** в космосе обычно двигаются **вокруг других Планет / звезд** и т.д. (рис.1-3)

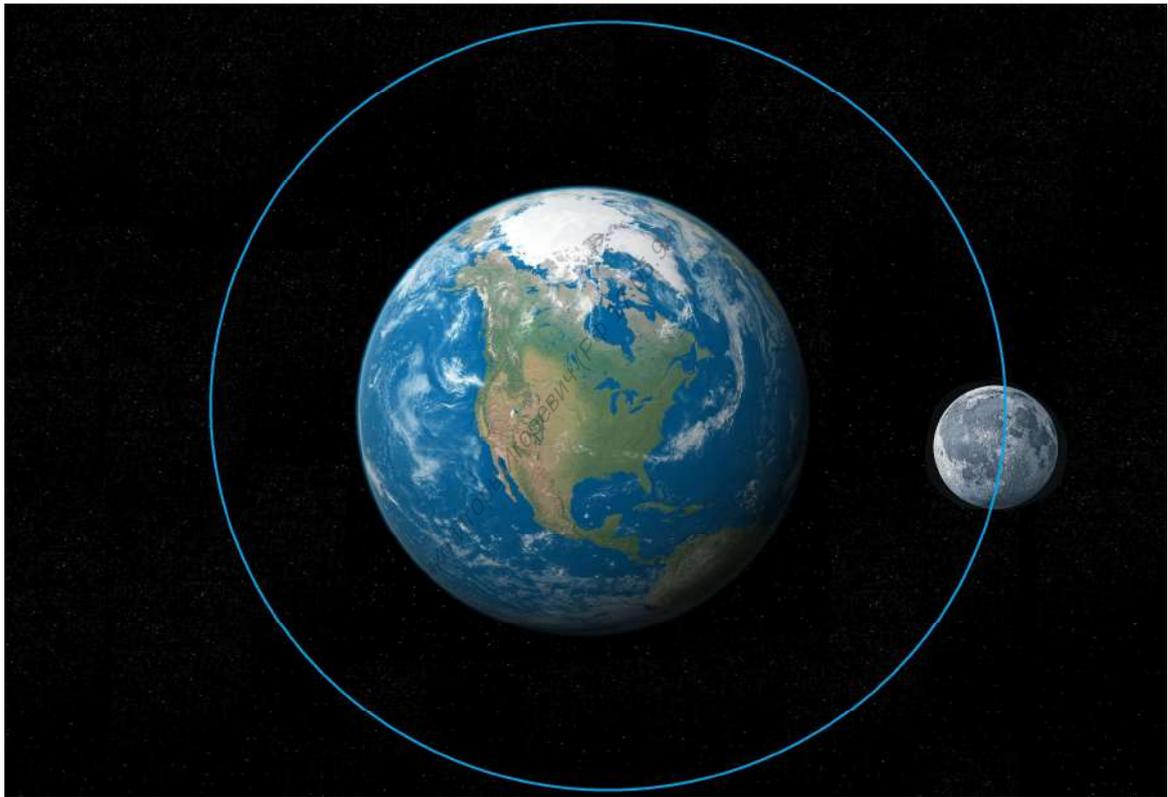


Рисунок 1 – Пример для **Планеты / звезды / «куски»** двигаются: естественный Спутник «Луна» **обходит** Планету «Земля» (дорисована траектория)

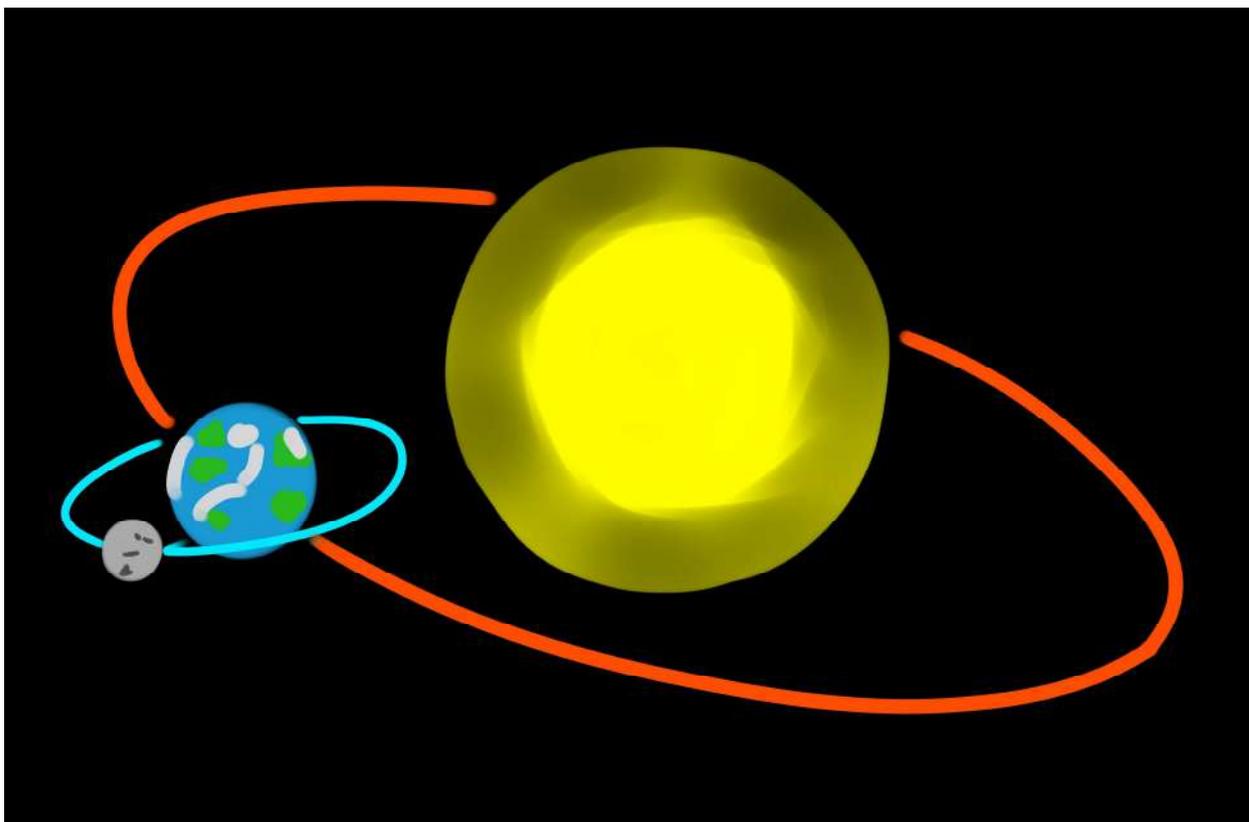


Рисунок 2 – Пример для Планеты / звезды / «куски» двигаются: Планета «Земля» обходит большую Звезду «Солнце» (дорисована траектория)

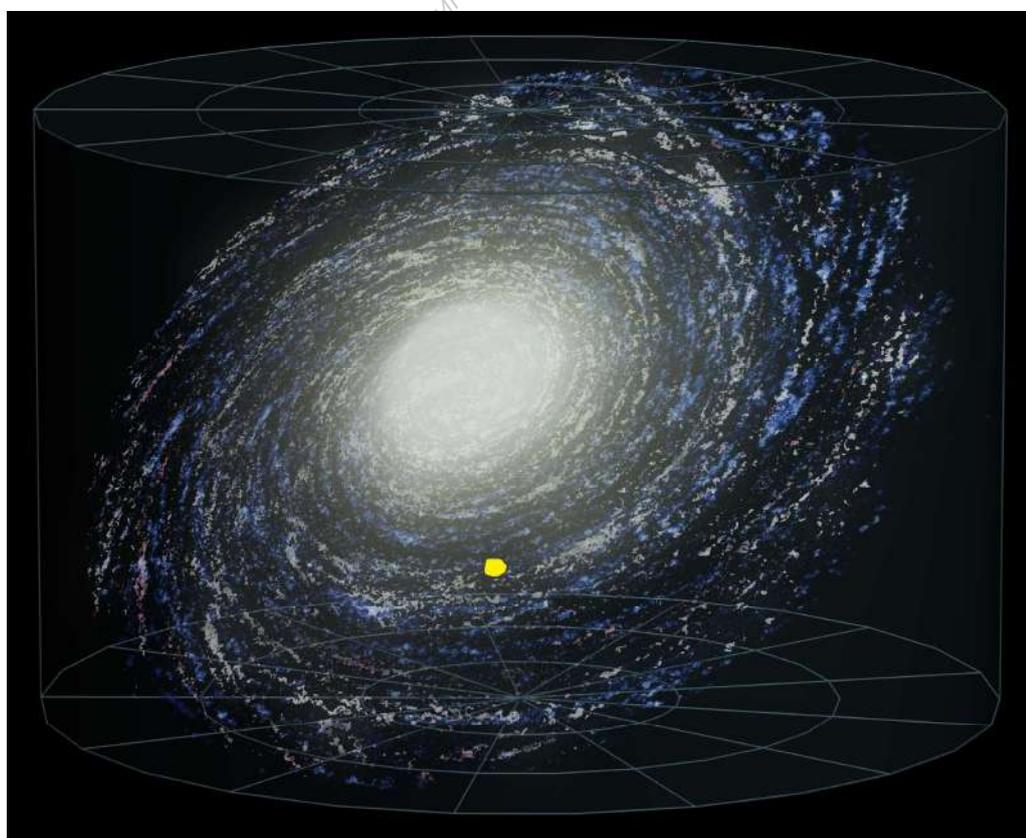


Рисунок 3 – Пример для Планеты / звезды / «куски» двигаются: Звезда «Солнце» обходит еще бóльшую «сверхмассивную массу центра»

Внимание. Планеты / звезды / «куски» в космосе **реально** двигаются по траектории эллипс. Это – настоящая траектория. (рис.4)

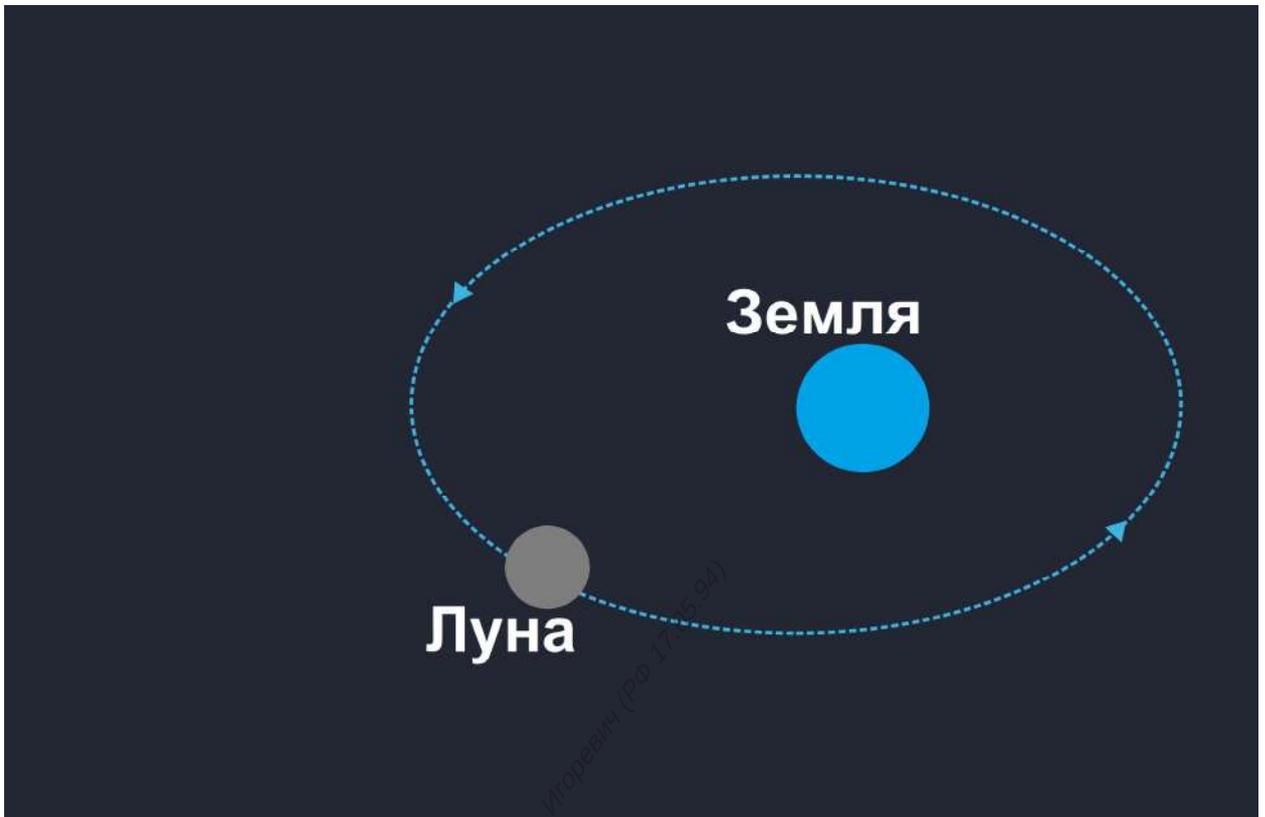


Рисунок 4 – Пример для Планеты / звезды / «куски» двигаются **реально:**
по эллипсам (траектории дорисованы)

Искусственный спутник – созданное **человеком** тело, вращающееся вокруг естественного **Планета / звезда / «кусочек»**. (рис.5)



Рисунок 5 – Пример для **Искусственный спутник: создан человеком**

Внимание. **Искусственный спутник** в космосе движется также по эллипсам / почти кругам. (рис.6)



Рисунок 6 – Пример для **Искусственный спутник по эллипсам / почти кругам: спутник вращается вокруг «планеты Земля»; спутник также может вращаться ближе к планете или в другой плоскости, например, в которой лежит ось вращения планеты**



Внимание. Центростремительное Ускорение спутника имеется из-за силы тяготения, которая направлена всегда к «центральному телу». (рис.7-8)

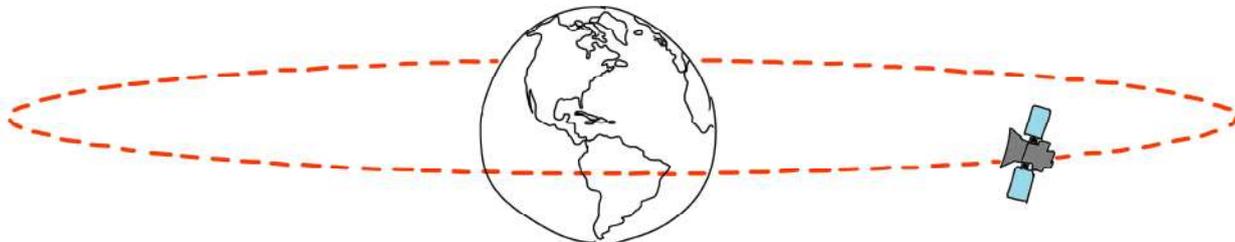


Рисунок 7 – Пример для Центростремительное Ускорение из-за Силы Тяготения: спутник притягивается все время к центру \Rightarrow ускорение к центру все время \Rightarrow вращательное движение

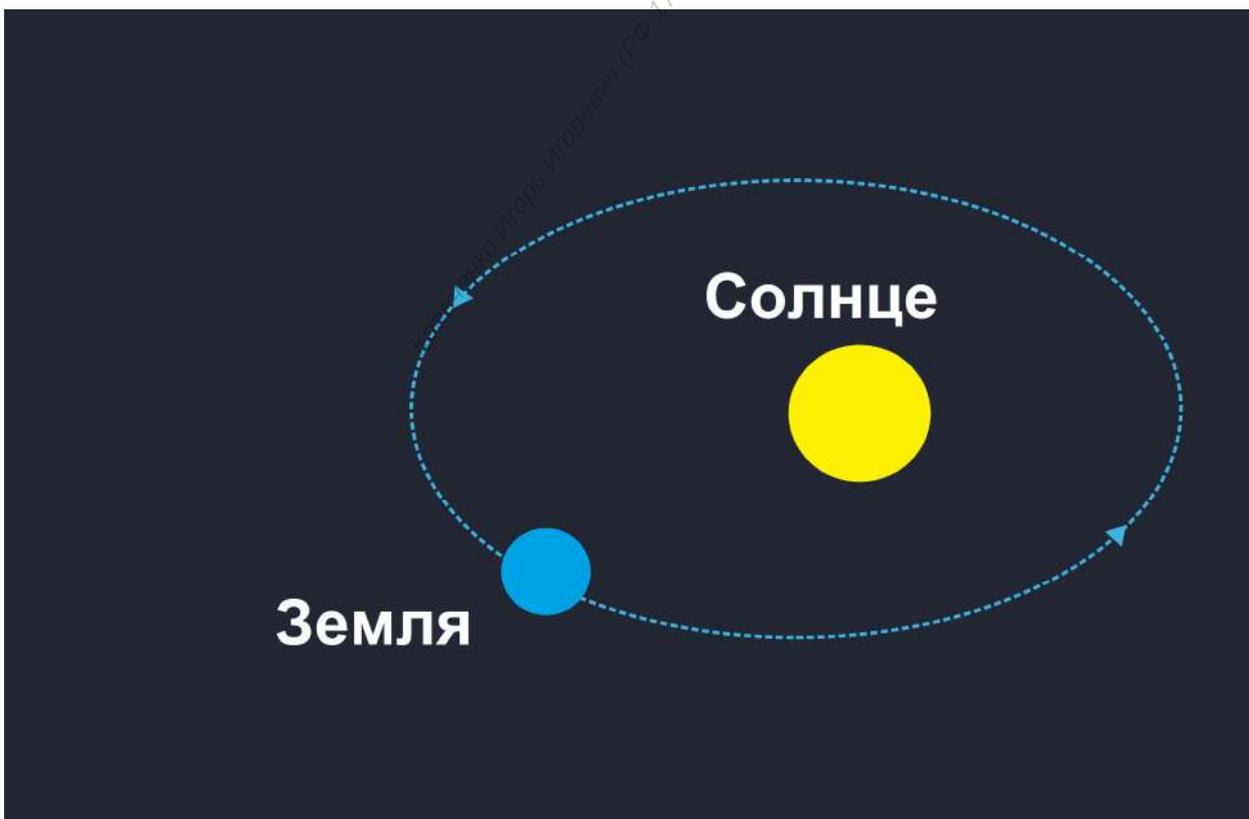


Рисунок 8 – Пример для Центростремительное Ускорение из-за Силы Тяготения: планета притягивается все время к центру эллипса \Rightarrow ускорение к центру эллипса все время \Rightarrow вращательное движение



Первая космическая скорость ($\bar{v}_{1к}$ [м/с]) – минимальная скорость, с которой тело **может вращаться** по кругу над планетой. (рис.9-10)



Рисунок 9 – Пример для **Первая космическая скорость**: мяч упадет на планету из-за малой скорости

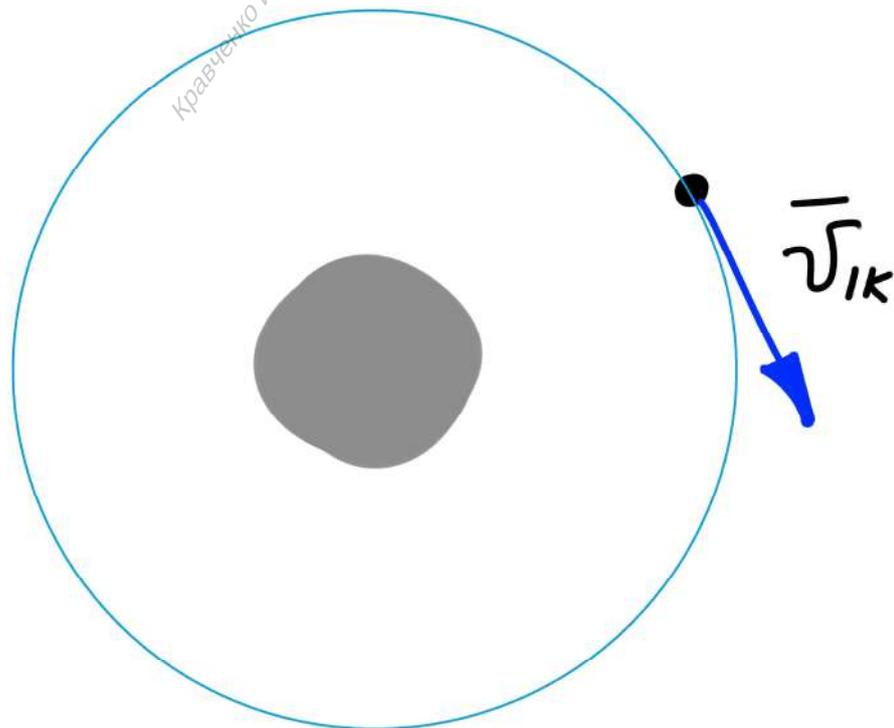


Рисунок 10 – Пример для **Первая космическая скорость**: тело **не** упадет на планету из-за большой скорости \Rightarrow « тело = спутник »

Деформация – изменение **формы** или **размера** тела. (рис.11-12)



Рисунок 11 – Пример для Деформация: изменяем **форму** тела оранжевого



Рисунок 12 – Пример для Деформация: изменяем **размер** тела серого

Виды Деформации:

1. Упругая. (рис.13)



Рисунок 13 – Пример для **Упругая: после деформации тело «восстанавливается»**

2. НЕупругая. (рис.14)



Рисунок 14 – Пример для НЕупругая: после деформации **не** « восстанавливается »

Сила упругости (\bar{F}_y [Н]) – сила **при упругой деформации** тела, направленная против смещения частиц тела. (рис.15, 16)



Рисунок 15 – Пример для Сила упругости: мяч создает (из-за деформации) силу, которая человека **вверх поддерживает / толкает**



Рисунок 16 – Пример для **Сила упругости**: лента создает (из-за деформации) силу, которая серое тело вниз **придавливает / тянет**

Внимание. Сила упругости относится к « Электромагнитному типу взаимодействий ». (рис.17)



Рисунок 17 – Пример для **Сила упругости** относится к « Электромагнитному типу взаимодействий »: пружина старается принять обычное состояние, потому что **внутри пружины невидимые заряды, которые притягиваются / отталкиваются.**





Закон Гука – правило, помогающее найти Силу упругости:

« **изменение** Силы упругости \Rightarrow **изменение** длины тела »

(рис.18)

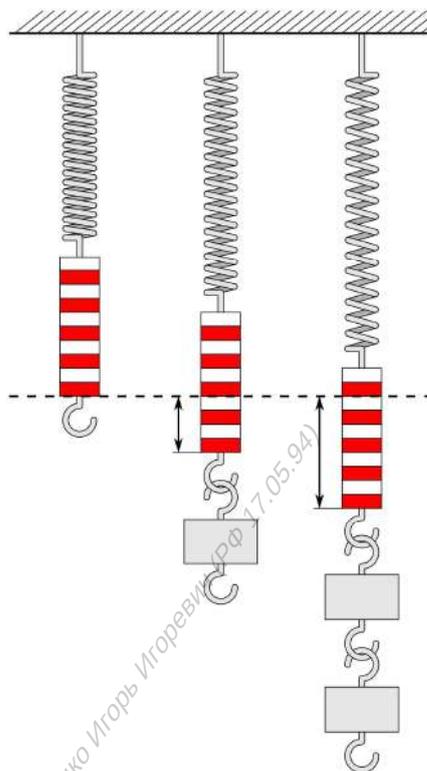


Рисунок 18 – Пример для **Закон Гука**: средняя пружина создает меньше силы упругости, чем правая

Внимание. Сила реакции – Сила упругости, где не видно деформации опоры или подвеса.



Трение – взаимодействие в соприкосновении при относительном движении / стремлении к движению. (рис.1, 2)



Рисунок 1 – Пример для **Трение**: нога давит / толкает обувь, подошва трется об асфальт

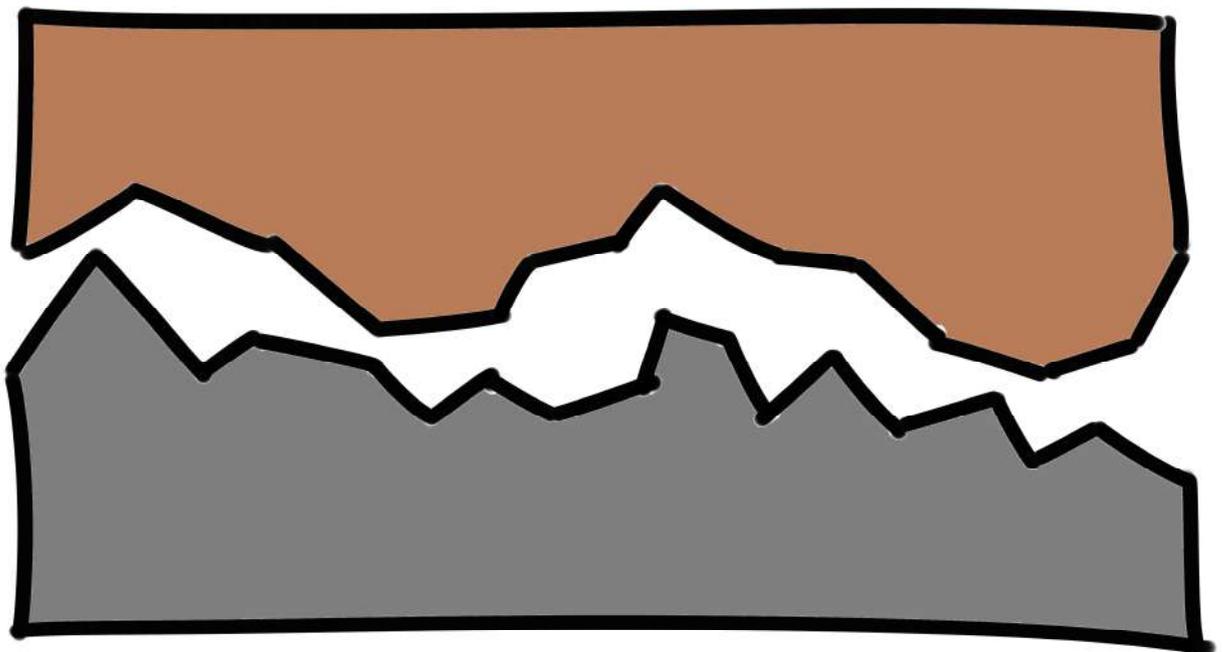


Рисунок 2 – Пример для **Трение**: (под микроскопом) поверхности, кажущиеся гладкими

Сила трения ($\bar{F}_{\text{тр}}$ [Н]) – сила, препятствующая относительному движению при трении. (рис.3)



Рисунок 3 – Пример для Сила трения: хочет скользить, но «что-то» останавливает

Внимание. Сила трения относится к «Электромагнитному типу взаимодействий». (рис.4)



Рисунок 4 – Пример для Сила трения относится к «Эл.магн. типу взаимодействий»: колеса останавливаются, так в поверхностях колес и дороги невидимые заряды, которые притягиваются / отталкиваются.

Сухое Трение – трение **без жидкости** или **газа** между телами. (рис.5)



Рисунок 5 – Пример для Сухое Трение: инструмент трется о стену **без жидкости** и **газа** между телами

Виды сухого трения:

1. **Трение покоя** – трение, когда одно тело **стремиться** (но не двигается) **двигаться** относительно другого. (рис.6)



Рисунок 6 – Пример для **Трение покоя**: диван скользил бы, но не «может» скользить

2. **Трение скольжения** – трение, когда одно тело **движется относительно** другого. (рис.7)



Рисунок 7 – Пример для **Трение скольжения**: шкафу «что-то» постоянно мешает двигаться относительно пола

3. **Трение качения** – трение, когда одно тело **катится по** другому телу. (рис.8)



Рисунок 8 – Пример для **Трение качения**: колесу мешает катиться по дороге «что-то» постоянно, останавливается

Сопrotивление движению – **влияние жидкости** или **газа** на тело при **движении** тела в жидкости или газе. (рис.9)



Рисунок 9 – Пример для **Сопrotивление движению**: рыбе мешает «что-то» двигаться

Сила Сопrotивления движению (\bar{F}_c [Н]) – сила, которая **препятствует** движению одного тела относительно другого **при сопротивлении движению**. (рис.10)



Рисунок 10 – Пример для **Сила Сопrotивления движению**: парашюту мешает «что-то» двигаться вниз, **сила сопротивления вверх**

Коэффициент трения (μ [..]) – «шероховатость» трущихся тел. (рис.11, 12)



Рисунок 11 – Пример для **Коэффициент трения**: здесь интенсивность трения мала \Rightarrow **Коэффициент трения мал**



Рисунок 12 – Пример для **Коэффициент трения**: здесь интенсивность трения высока \Rightarrow **Коэффициент трения высок**

Давление (P [Па]) – количество **силы на единице **площади**. (рис.13)**

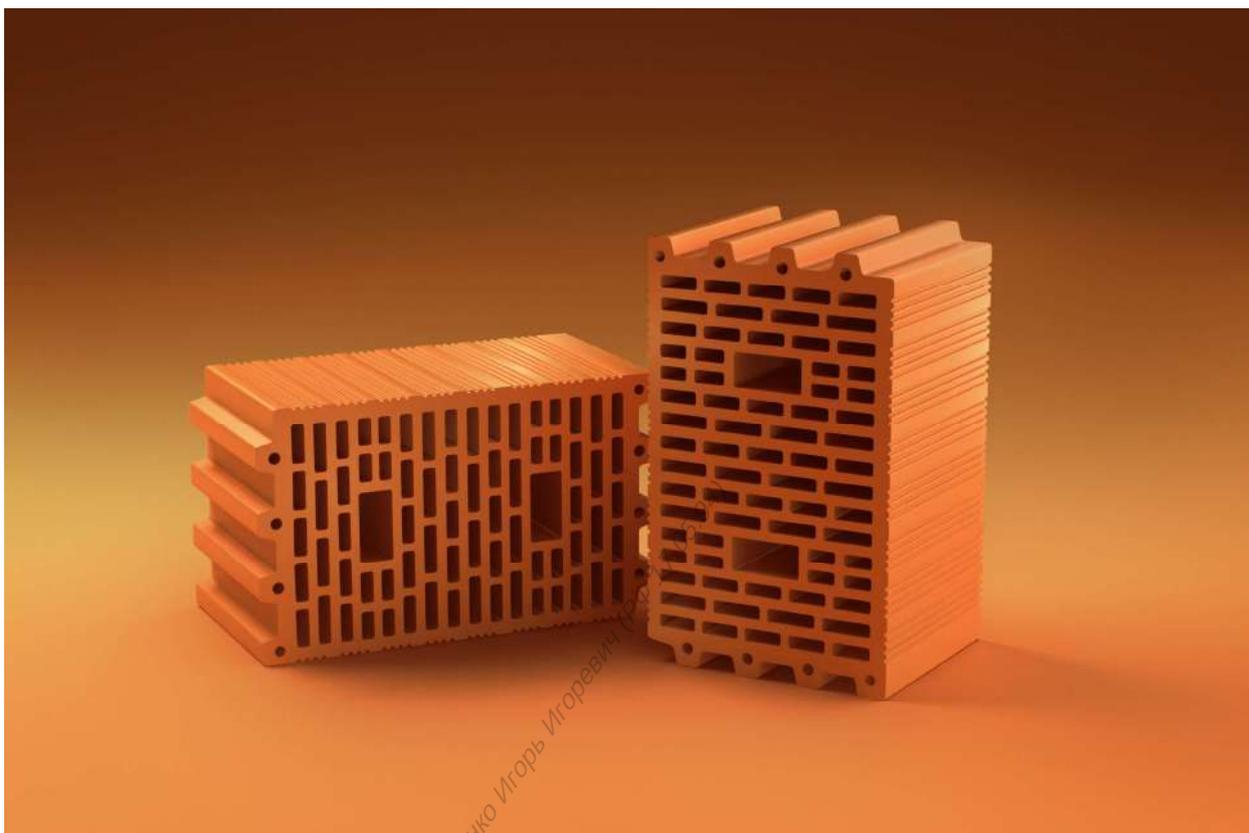


Рисунок 13 – Пример для **Давление: справа** давление на пол **больше**, чем слева



СТАТИКА

Твердое тело – тело **неизменной** формы и размера. (рис.1)

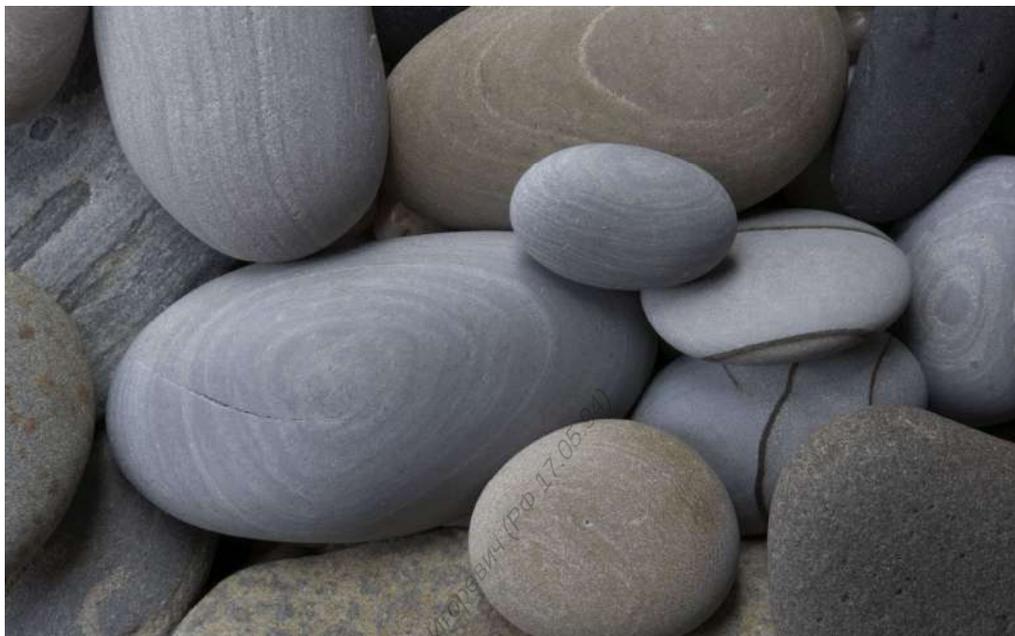


Рисунок 1 – Пример для **Твердое тело**: камни можно считать **твердыми**

Момент силы (M [Н·м]) – способность силы **вращать** тело. (рис.2-4)



Рисунок 2 – Пример для **Момент силы**: сила руки вращает дверь вокруг крепления



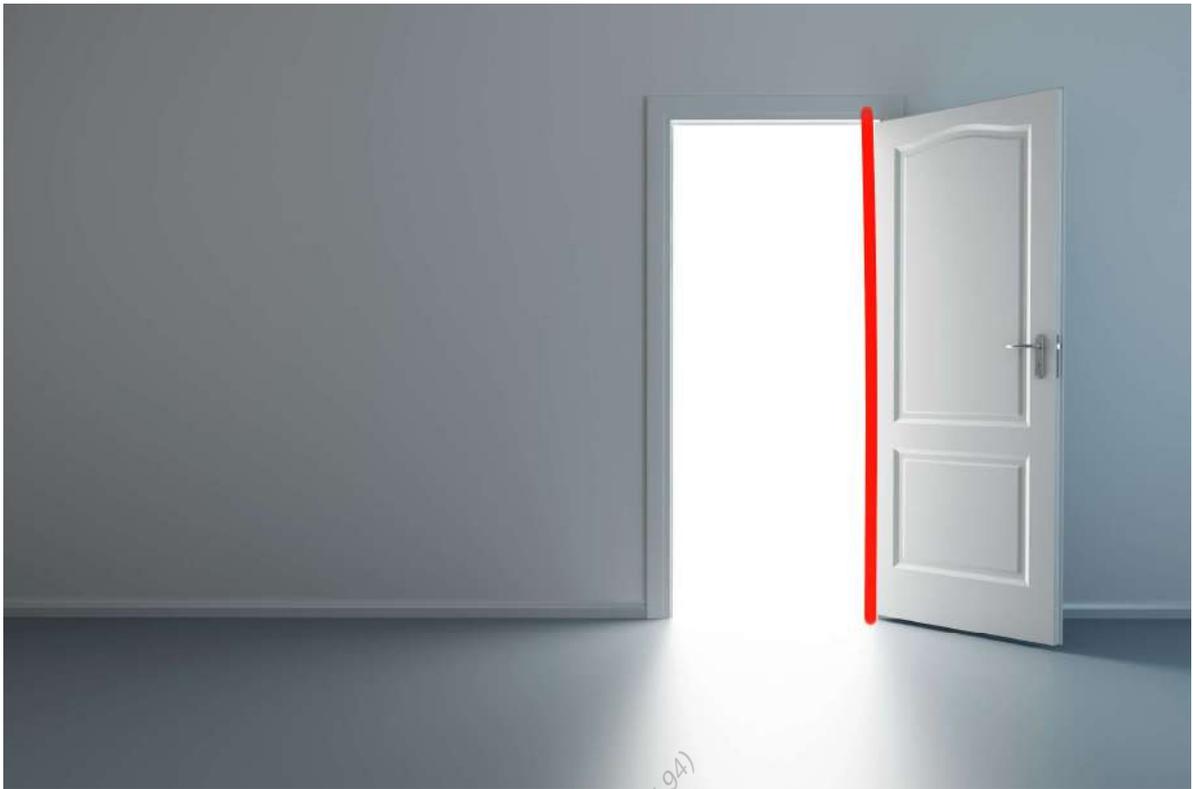


Рисунок 3 – Пример для **Момент силы**: любые точки двери ходят вокруг красной линии

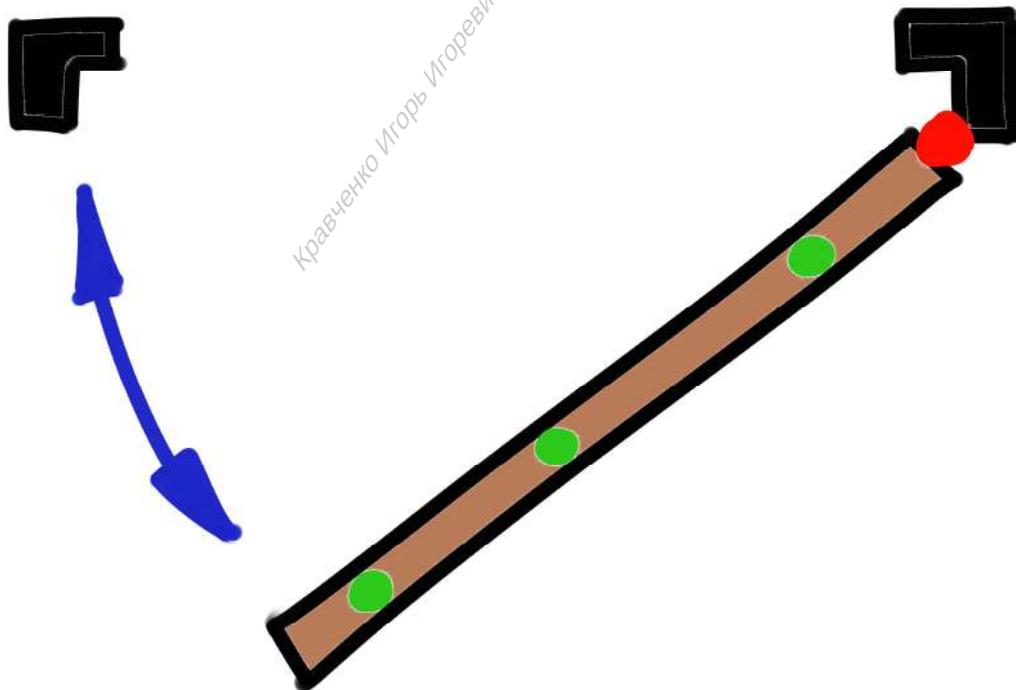


Рисунок 4 – Пример для **Момент силы**: **зеленые** точки вращается **вокруг красной** точки

Внимание. Сила руки, тянущая дверь, хуже работает, если рука держится ближе к **красной** точке. То есть, открывание двери лучше всего делается, например, в **зеленой** точке слева внизу.





Условия равновесия твердого тела (ИСО) – требования, которые нужно выполнить, чтобы тело покоилось. (рис.5)

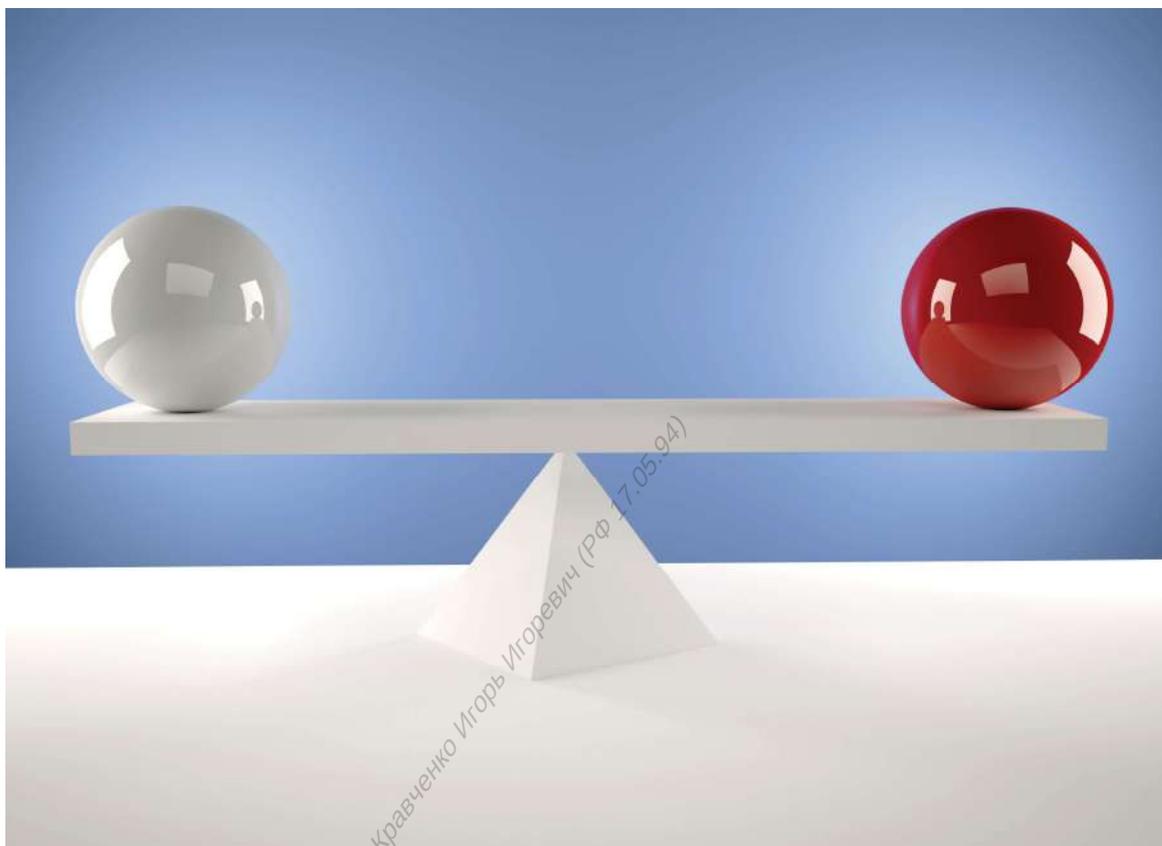


Рисунок 5 – Пример для **Условия равновесия твердого тела в ИСО**: палочка неподвижна, так как 1) шары стремятся вращать ее в разные стороны; 2) планета и шары тянут палочку вниз, а пирамида толкает вверх

Закон Паскаля – правило, помогающее учитывать влияние давления других тел **на жидкость** или **газ**:

« Давление, оказываемое на жидкость или газ, передаётся в любую точку этой среды без изменения по всем направлениям »

(рис.6)





Рисунок 6 – Пример для **Закон Паскаля**: насос давит через отверстие сбоку **на воздух внутри шара**, далее **воздух внутри шара** давит изнутри **во все стороны наружу**: все точки шара чувствуют давление насоса

Давление в жидкости (покоящейся в ИСО) – Давление, создающееся весом «слоев» жидкости с учетом атмосферного давления. (рис.7-8а)

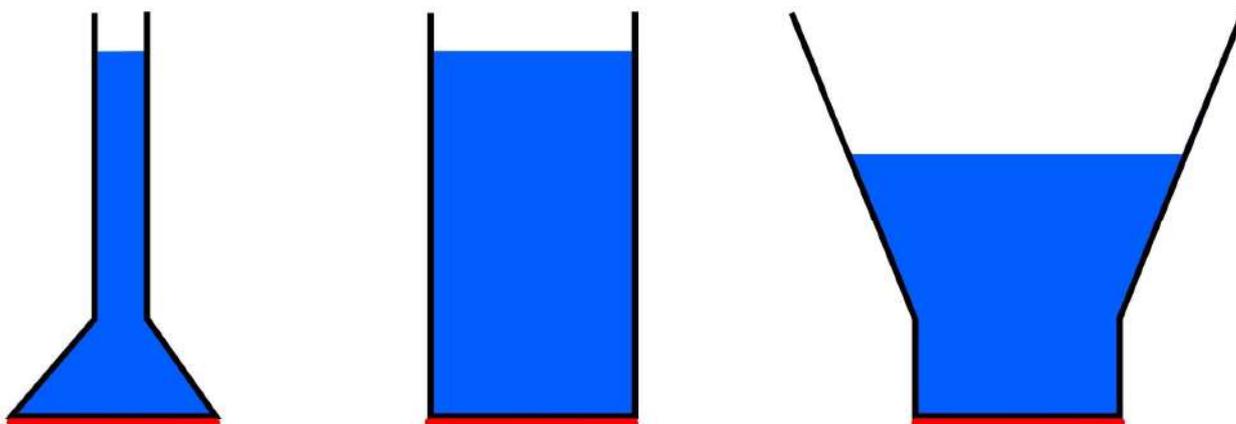


Рисунок 7 – Пример для **Давление в жидкости**: больше всего «слоев» у первой и второй бутылки слева. Эти **сильнее** всего давят на стол.





Рисунок 8 – Пример для Давление в жидкости: одинаковое количество «слоев» у бутылок. Давят на стол **одинаково**.

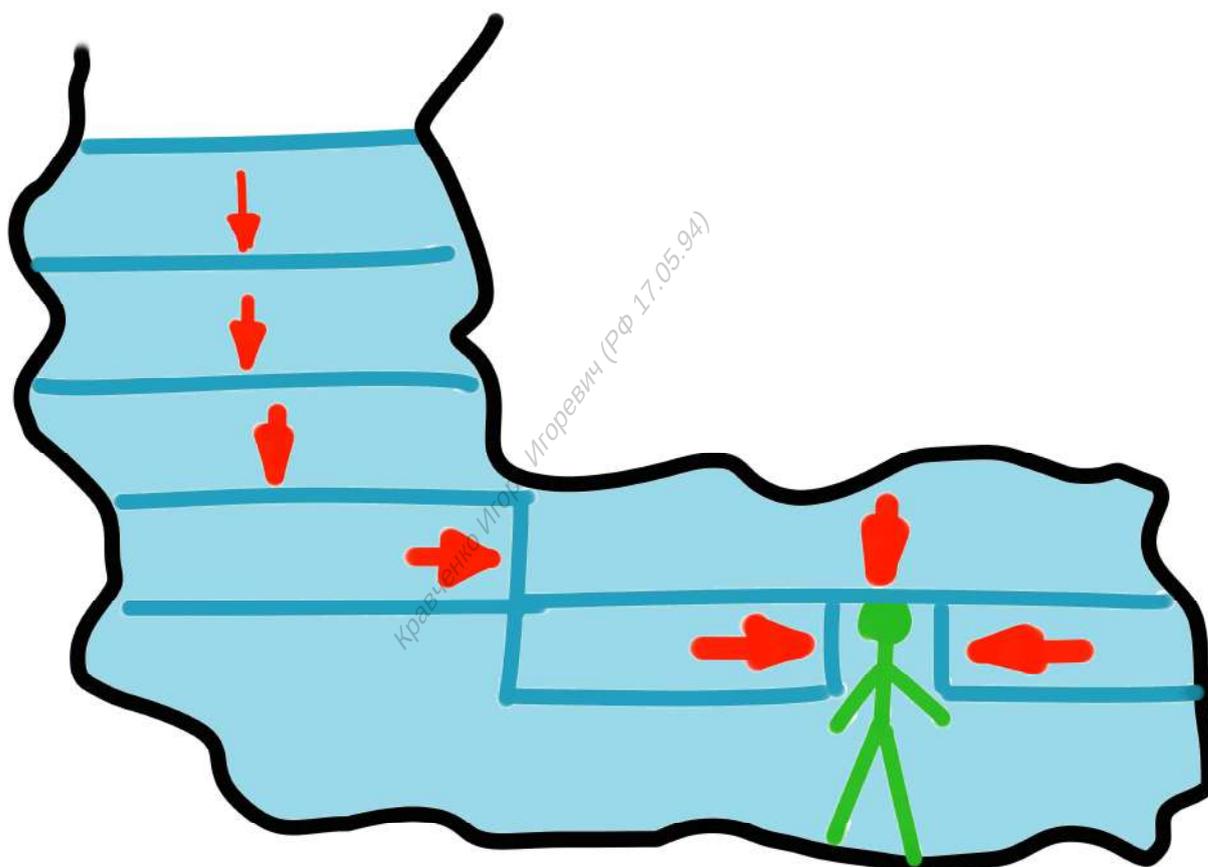


Рисунок 8а – Пример для Давление в жидкости: подводная пещера. Слои левого столба воды создают давление на человека. Рассматриваем рисунок сверху вниз, помним закон Паскаля.

Закон Архимеда – правило, помогающее определить способность жидкости / газа выталкивать тело из себя вверх. (рис.9)





Рисунок 9 – Пример для **Закон Архимеда**: мяч поддерживается водой

Условия плавания тел (внутри жидкости / газа):

1. Сила Архимеда $>$ Сила тяжести \Rightarrow тело поднимается частично над жидкостью / газом. (рис.10)



Рисунок 10 – Пример для **Сила Архимеда $>$ Сила тяжести**: «всплывает» из воды

2. Сила Архимеда = Сила тяжести \Rightarrow тело «стоит» в том же месте внутри жидкости/газа. (рис.11)



Рисунок 11 – Пример для Сила Архимеда = Сила тяжести: может долго «стоять» в воде

3. Сила Архимеда < Сила тяжести \Rightarrow тело опускается к планете вниз жидкости/газа. (рис.12)



Рисунок 12 – Пример для Сила Архимеда < Сила тяжести: авто не держится водой



ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

Импульс ($\bar{p} [\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}]$) – характеристика движения, показывающая «как много движения» несет «в себе» двигающееся тело. (рис.1, 2)



Рисунок 1 – Пример для Импульс: скорость одна и та же. Грузовик несет «в себе» больше «движения». Например, такой грузовик создает больше «движения» при аварии.



Рисунок 2 – Пример для Импульс: в поезде столько движения, что он может легко подтолкнуть средний грузовик



Система тел - группа тел. (рис.3)



Рисунок 3 – Пример для Система тел: группа тел = шар + несколько белых фигур. Мы следим за всей этой группой.

Импульс системы тел – характеристика системы тел, показывающая «как много движения» несет «в себе» система тел. (рис.4)



Рисунок 4 – Пример для **Импульс системы тел**: здесь система тел «две машины» несет больше движения, чем просто одна такая машина. Такая система тел **врезается** во что-то опаснее, чем врезается одна машина.

Виды системы тел:

1. **Замкнутая**: результирующая сила от внешних тел **равна нулю** или **внешние тела не действуют** (на любое тело «системы тел»). (рис.5)



Рисунок 5 – Пример для **Замкнутая: система тел – шары**. Пол ровный. Стены очень далеко. Планета тянет **вниз**, пол поддерживает **вверх**.

2. **НЕзамкнутая: результирующая** сила от внешних тел **НЕ равна нулю** (на любое тело «системы тел»). (рис.6)

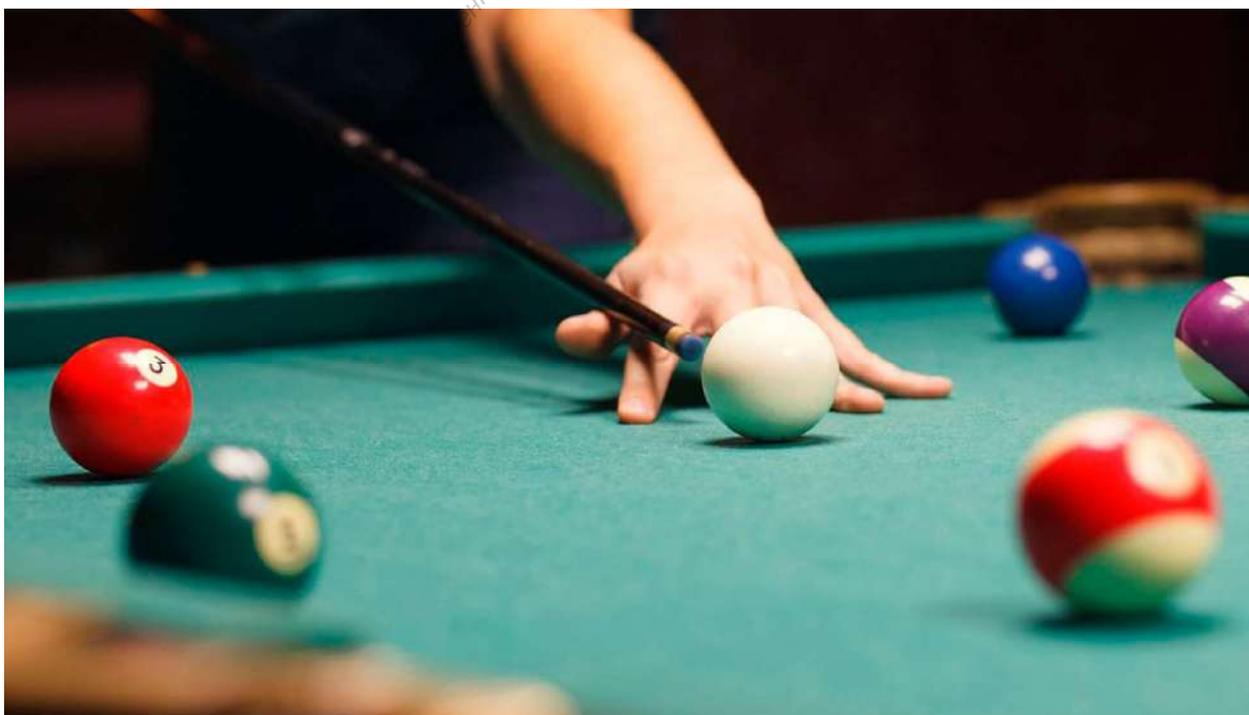


Рисунок 6 – Пример для **НЕзамкнутая: система тел – шары**. Пол ровный. Стены очень далеко. Планета тянет **вниз**, пол поддерживает **вверх**. Ближний шар **толкают снаружи**.



Закон сохранения импульса – правило, помогающее узнать движения тел в «системе тел» после столкновения / «толкания» между телами. (рис.7-9)

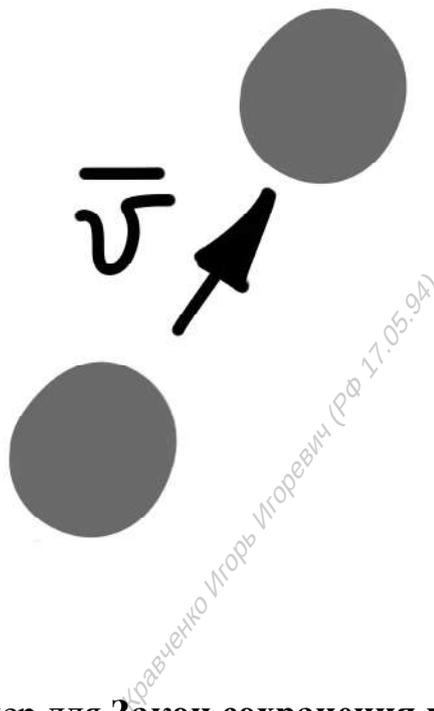


Рисунок 7 – Пример для **Закон сохранения импульса: нижний шар катится прямо к верхний шар**

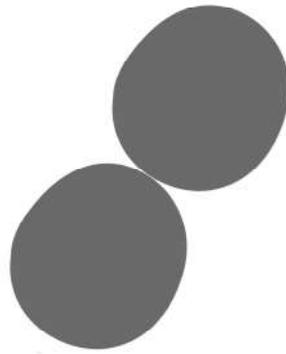


Рисунок 8 – Пример для **Закон сохранения импульса**: шары **сталкиваются**

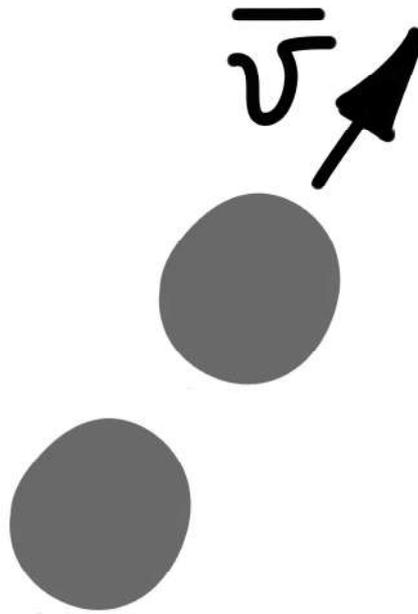


Рисунок 9 – Пример для **Закон сохранения импульса**: **нижний шар останавливается, а верхний шар** должен двигаться так, как двигался нижний (шары одинаковы)

Столкновение (соударение / отталкивание) – процесс, где тела друг друга толкают. (рис.10, 11)



Рисунок 10 – Пример для Столкновение (соударение / отталкивание): толкаются шары



Рисунок 11 – Пример для Столкновение (соударение / отталкивание): пуля «отталкивается» от ружья

Виды Столкновения:

1. Упругое: после Столкновения тела отделяются друг от друга. (рис.12)



Рисунок 12 – Пример для **Упругое:** тела не «склеиваются»

2. НЕупругое: после Столкновения тела соединяются. (рис.13)



Рисунок 13 – Пример для **НЕупругое:** поезд «склеивается» с авто



Внимание. Изменение импульса ($\Delta\vec{p}$ [$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$]) происходит из-за действия силы на тело. (рис.14)



Рисунок 14 – Пример для **Изменение импульса: импульс машины** меняется, так как на нее действует человек

Работа силы (A [Дж]) – характеристика, показывающая как сила влияет надвигающееся тело. (рис.15)





Рисунок 15 – Пример для **Работа силы**: сила тяжести **мешает** взлетать, а сила огня (тяги) **помогает** взлетать

Простой Механизм — приспособление для преобразования силы.
(рис.16,17)

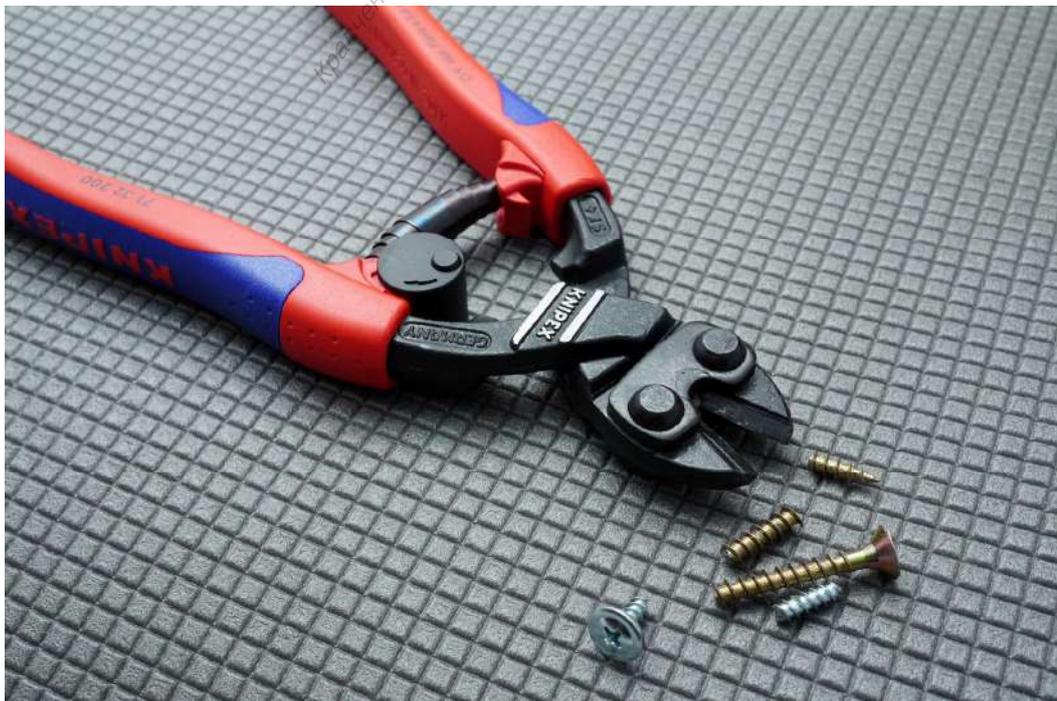


Рисунок 16 – Пример для **Простой Механизм**: ножницами режем **сильно в одном месте**, а давим руками **слабо в другом месте**



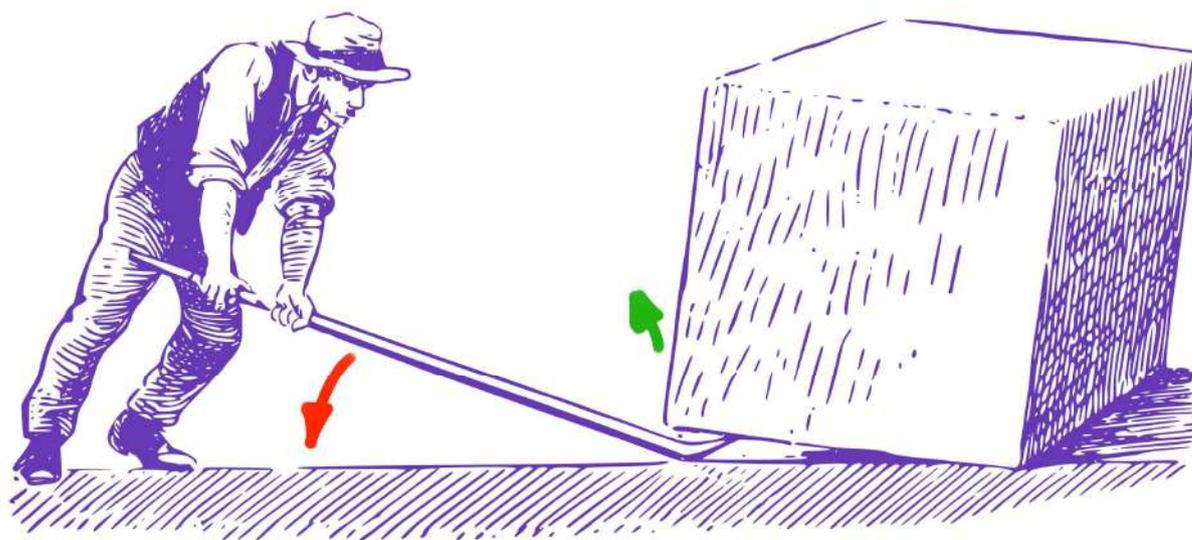


Рисунок 17 – Пример для **Простой Механизм**: согнутой палкой давим вниз в одном месте, а камень толкаем вверх в другом месте

Рычаг — твёрдое тело, которое может вращаться вокруг неподвижной оси. (рис.18, 19)



Рисунок 18 – Пример для **Рычаг**: Светлое тело – рычаг, вращается вокруг **красного** колеса





Рисунок 19 – Пример для **Рычаг**: длинная палка – рычаг, вращается **вокруг красной точки**

Блок – колесо для нити. (рис.20)



Рисунок 20 – Пример для **Блок**: обод



Виды Блоков:

1. **Неподвижный:** центр блока относительно планеты (главной опоры) **не может двигаться.** (рис.21)



Рисунок 21 – Пример для **Неподвижный Блок:** центр укреплен к потолку

2. **Подвижный:** центр блока относительно планеты (главной опоры) **может двигаться.** (рис.22)



Рисунок 22 – Пример для **Подвижный Блок:** один конец нити укреплен к потолку. При поднятии другого конца нити \Rightarrow поднимается блок.





Бесполезная работа – работа, которая не требуется. (рис.23)



Рисунок 23 – Пример для **Бесполезная работа**: чтобы «груз» увозить, нужно поднять «груз + тачка». Видно, что поднятие «тачки» = **бесполезная работа**.

Полезная работа ($A_{\text{полез}}$ [Дж]) – работа полезного действия с равномерным движением, **без механизма**. (рис.24)



Рисунок 24 – Пример для **Полезная работа**: для полезной работы нужна сила, достаточная для **полезного действия** (для поднятия груза)





Затраченная работа ($A_{\text{затр}}$ [Дж]) – работа силы, прикладываемой к механизму, для полезного действия. (рис.25)



Рисунок 25 – Пример для **Затраченная работа**: для затраченной работы нужна сила, которая действует на механизм снаружи

КПД механизма (η [..]) – характеристика механизма, показывающая сколько **бесполезной работы** совершает механизм. (рис.26)



Рисунок 26 – Пример для **КПД механизма**: здесь, поднимая кирпич, нужно еще поднимать колесо. Поднятие колеса = **бесполезная работа**.





Золотое правило механики – правило, помогающее описать движение механизма:

«Каков **Выигрыш** в силе \Rightarrow таков **проигрыш** в пути (и наоборот)»

(рис.27)



Рисунок 27 – Пример для КПД механизма: чтобы кирпич поднять на высоту «X» вверх, нужно руку поднять на высоту «2X» вверх. Объяснение: представить колесо, катящееся вверх по правой стороне нити.

Мощность силы (N [Вт]) – характеристика работы, показывающая быстроту совершения работы. (рис.28)





Рисунок 28 – Пример для **Мощность силы**: чем **быстрее** кран поднимает плиту, тем **больше** мощность работы крана

Энергия (E [Дж]) – способность тела совершать работу. (рис.29, 30)



Рисунок 29 – Пример для **Энергия**: поезд совершает работу по перетаскиванию грузовика. Значит, поезд имел энергию.



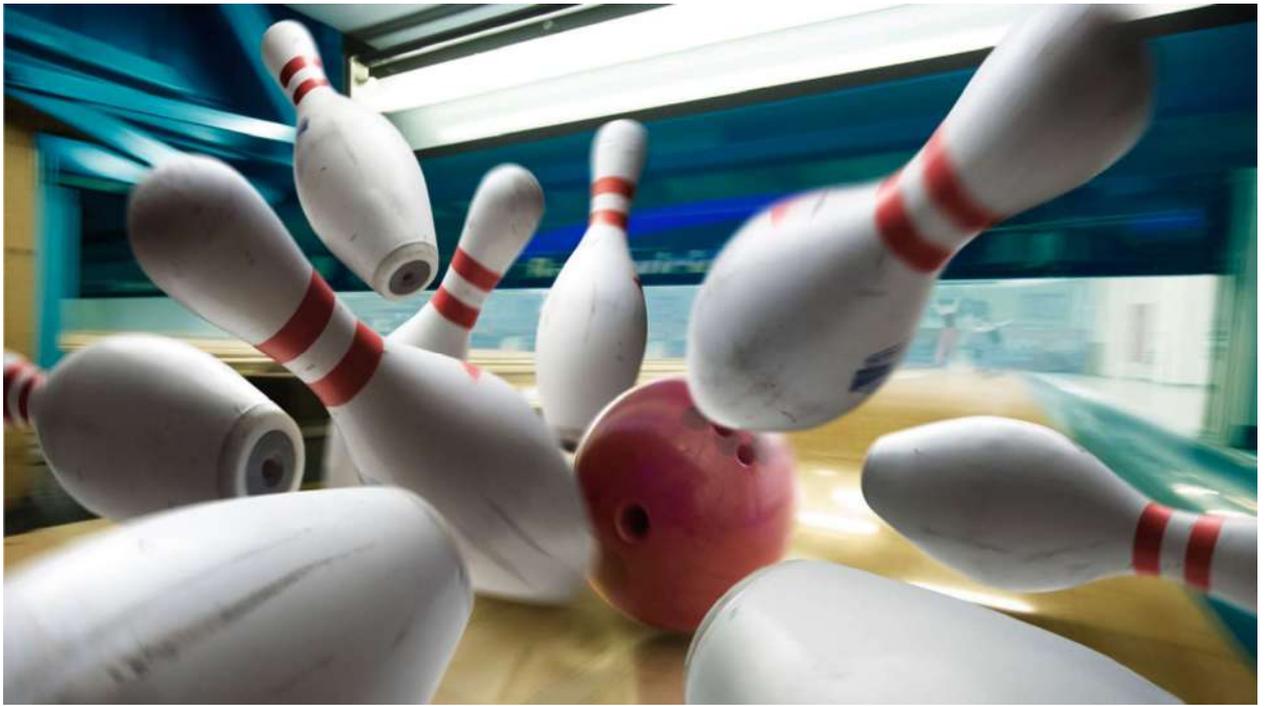


Рисунок 30 – Пример для **Энергия: шар совершает работу по толканию кегель. Значит, шар имел энергию.**

Кинетическая энергия (E_k [Дж]) – энергия в движущемся теле. (рис.31)



Рисунок 31 – Пример для **Кинетическая энергия: оба тела имеют энергию из-за движения**



Потенциальная энергия ($E_{п}$ [Дж]) – энергия тела из-за взаимодействия с другим телом. (рис.32)

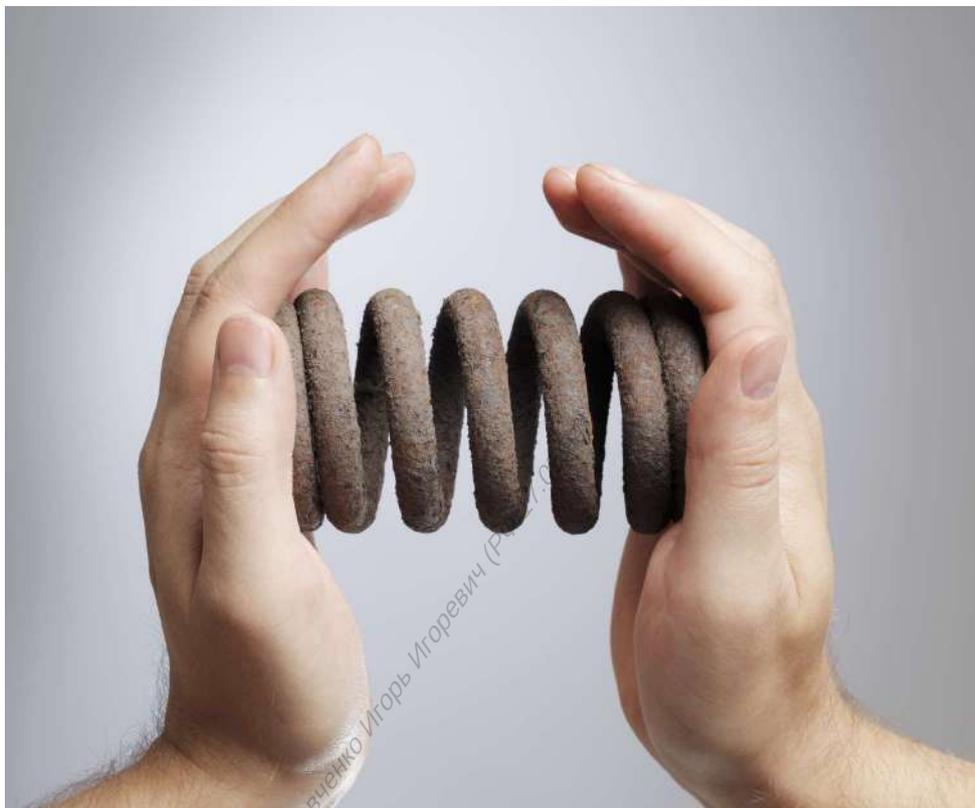


Рисунок 32 – Пример для Потенциальная энергия: пружина имеет энергию, так как может что-то толкнуть

Потенциальная энергия тела (над планетой) ($E_{пт}$ [Дж]) – энергия тела из-за взаимодействия с планетой / большим телом. (рис.33)





Рисунок 33 – Пример для **Потенциальная энергия тела (над планетой):** сосулька имеет энергию \Rightarrow может совершить работу, т.е. ударить / разбить

Внимание.

« **Потенциальная энергия** тела в однородном поле **силы тяжести**
=
Потенциальная энергия тела (над планетой) »

Пружина – упругое тело. (рис.34, 35)



Рисунок 34 – Пример для **Пружина:** желтые трубочки





Рисунок 35 – Пример для Пружина: батут (упругий пол)

Потенциальная энергия тела (на пружине) ($E_{\text{пн}}$ [Дж]) – энергия тела из-за взаимодействия с деформированной пружиной. (рис.36)



Рисунок 36 – Пример для Потенциальная энергия тела (на пружине): стрела имеет потенциальную энергию, так как она может потом что-то толкнуть / пробить



Внимание. Потенциальная энергия пружины передается на ней телу:

« Потенциальная энергия деформированной пружины
=
Потенциальная энергия тела на деформированной пружине »

Полная механическая энергия (E [Дж]) :

« Потенциальная энергия + Кинетическая энергия »

(рис.37)



Рисунок 37 – Пример для **Полная механическая энергия:** мяч движется (E_k) и находится над планетой ($E_{пт}$). Можно посчитать полную механическую энергию.

Закон сохранения полной механической энергии системы тел – правило, помогающее описывать и предсказывать движения тел:

«Если в замкнутой системе не действуют силы трения и сопротивления, то **полная механическая энергия системы сохраняется**»

(рис.38)



Рисунок 38 – Пример для **Закон сохранения полной механической энергии системы тел**: стрела имела **потенциальную энергию** от пружины, далее **потенциальная энергия** от пружины **уменьшается**↓, но **кинетическая энергия** увеличивается↑, а **полная механическая энергия остается такой же**



Закон изменения полной механической энергии системы тел – правило, помогающее узнать / понять, почему изменяется полная механическая энергия тел:

« **Изменение полной механической энергии** замкнутой системы тел
=
работа сил трения / сопротивления, действующих внутри системы тел »

(рис.39)



Рисунок 39 – Пример для **Закон изменения полной механической энергии системы тел**: парашютист был на огромной высоте (имел потенциальную энергию), а при спуске он скорость не увеличивает (кинетическая энергия не растет), **полная механическая энергия «теряется»**





КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Механическое колебание – механическое движение тела / системы тел, состоящее из **повторяющихся движений**. (рис.1)



Рисунок 1 – Пример для **Механическое колебание**: сидение может делать **повторяющиеся движения**: после отклонения «**в одну сторону – в другую сторону**».

Одно полное колебание – **одно повторяющееся** далее и далее движение. (рис.2)





Рисунок 2 – Пример для **Одно полное колебание**: процесс «справа налево – слева направо» много раз повторяется

Гармоническое колебание – колебание, где координата изменяется по синусу / косинусу со временем. (рис.3, 4)

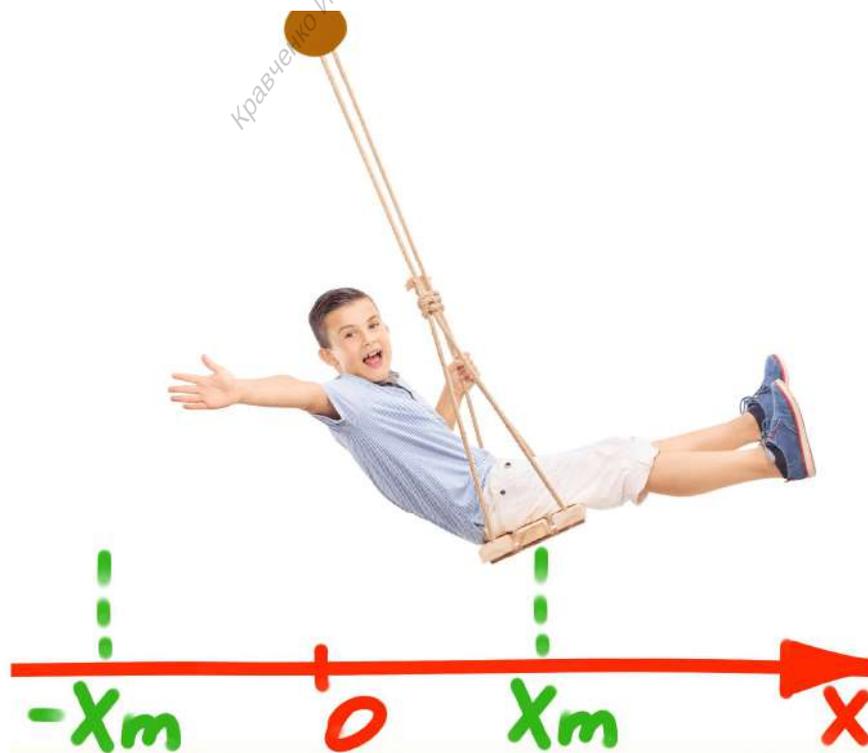


Рисунок 3 – Пример для **Гармоническое колебание**: из крайнего положения опускается.

Для движения этого тела можно построить **график**.



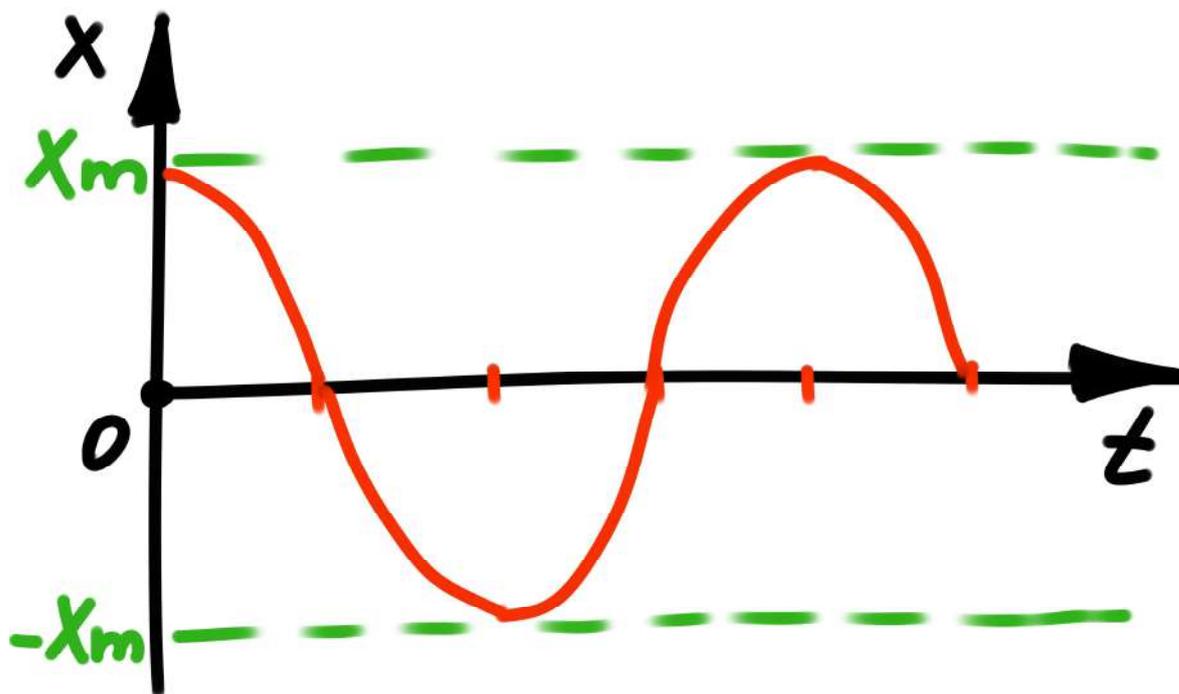


Рисунок 4 – Пример для **Гармоническое колебание**: координата меняется гармонически

Амплитуда колебания (A ; m) – наибольшее отклонение от среднего положения тела. (рис.5)

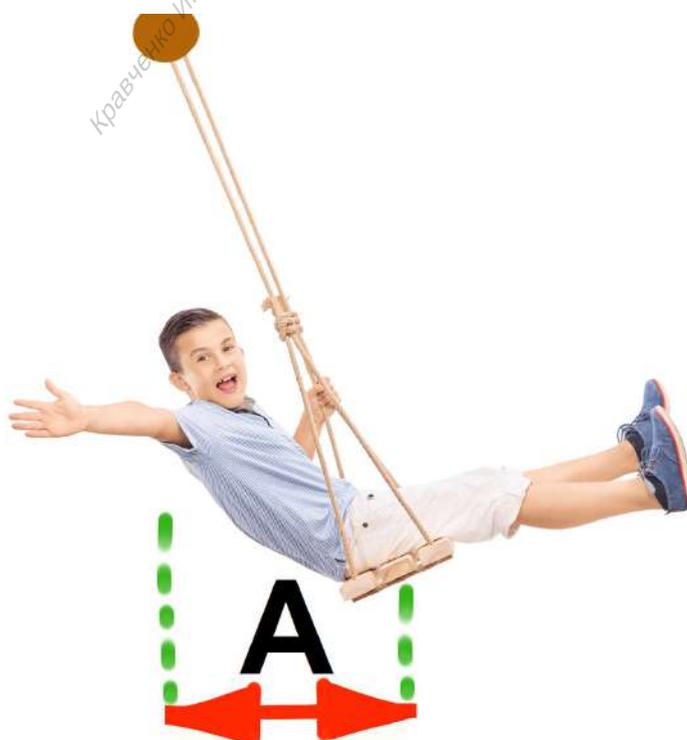


Рисунок 5 – Пример для **Амплитуда колебания**: максимальное отклонение от середины





Амплитуда физ. величины (на графике / в таблице) (A ; m) – наибольшее отклонение от среднего значения величины. (рис.6)

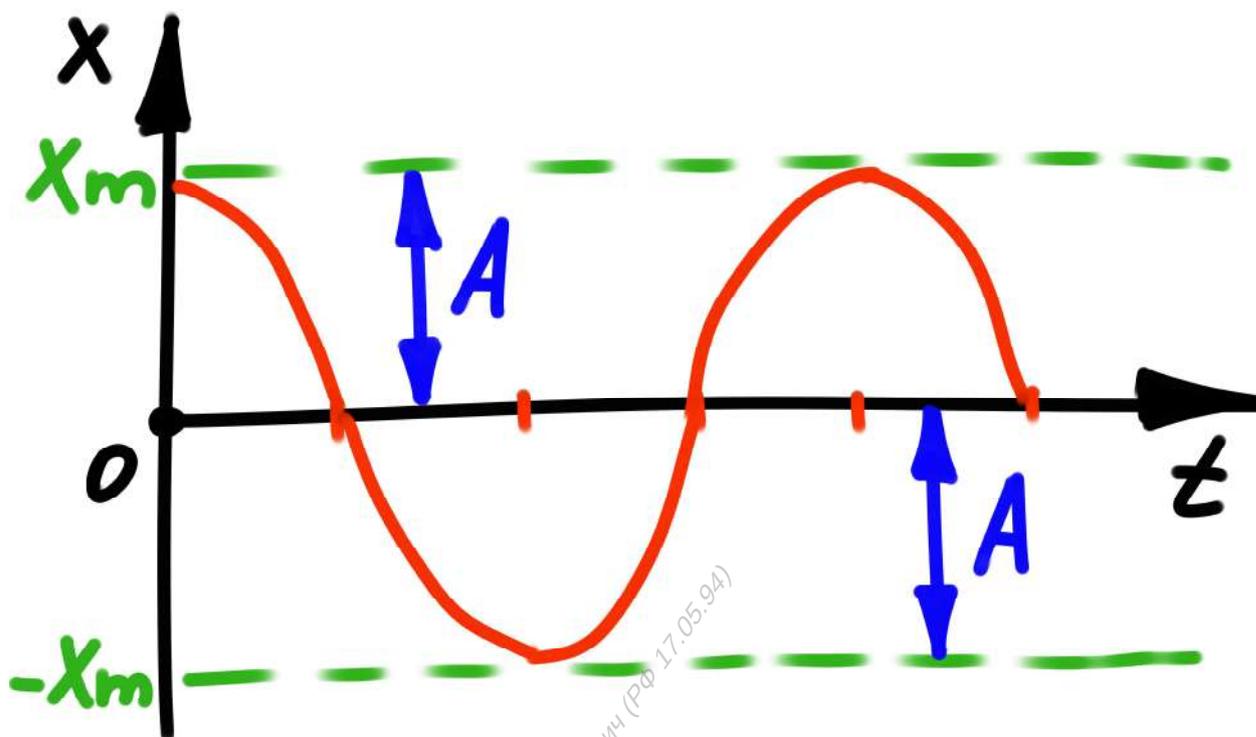


Рисунок 6 – Пример для Амплитуда физ. величины (на графике / в таблице): максимальный размах линии

Фаза колебания ($\{\omega t + \alpha\}$ [рад]) – выражение в скобках синуса/косинуса, показывающее состояние функции синус/косинус. (рис.7)

$$x = A \cdot \cos(\underbrace{\omega \cdot t + \alpha}_{\text{Фаза колебания}})$$

$$x = A \cdot \sin(\underbrace{\omega \cdot t + \alpha}_{\text{Фаза колебания}})$$

Фаза колебания

Рисунок 7 – Пример для Фаза колебания: влияет на значение «cos» ; «sin»



Кинематическое описание – формулы, предсказывающие механическое движение тела при колебании. (рис.8)

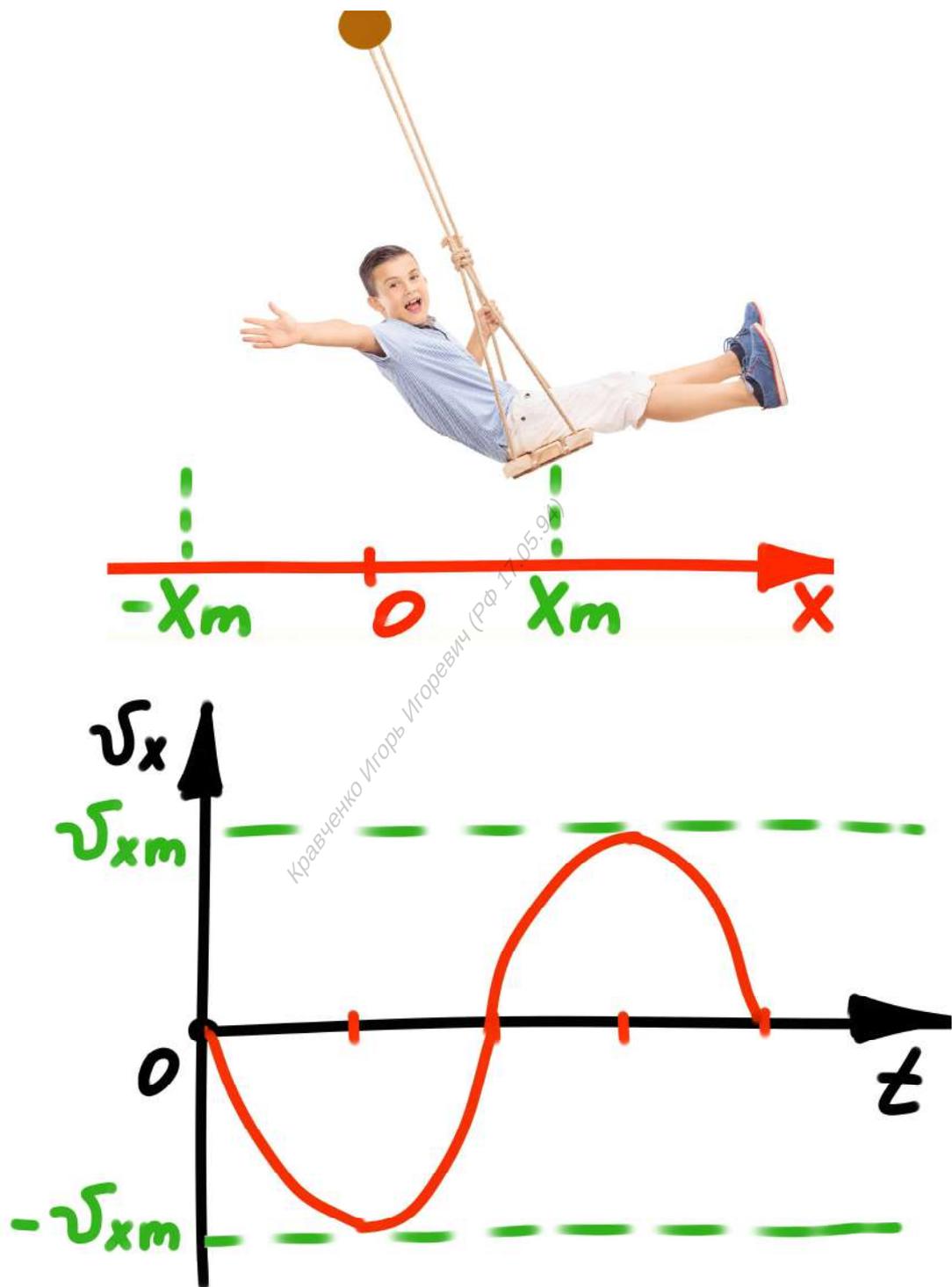


Рисунок 8 – Пример для **Кинематическое описание**: тут уравнение координаты: $x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$, где $\varphi_0 = 90^\circ$



Энергетическое описание – применение **Закона изменения полной механической энергии системы тел при колебании.** (рис.9)

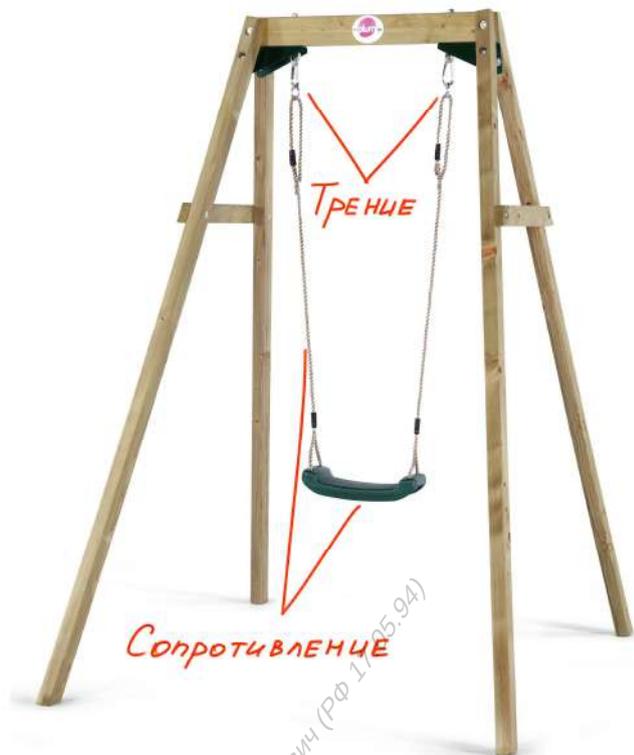


Рисунок 9 – Пример для **Энергетическое описание**: качели со временем останавливаются. Значит, по **Закону изменения полной механической энергии системы тел** есть **трение ; сопротивление.**

Колебательный источник (**источник колебания**) – то, что раскачивает колебания тела. (рис.10)





Рисунок 10 – Пример для **Источник колебания:** слева

Свободное колебание – колебание тела, имеющего начальный запас энергии, при отсутствии колебательных источников. (рис.11)

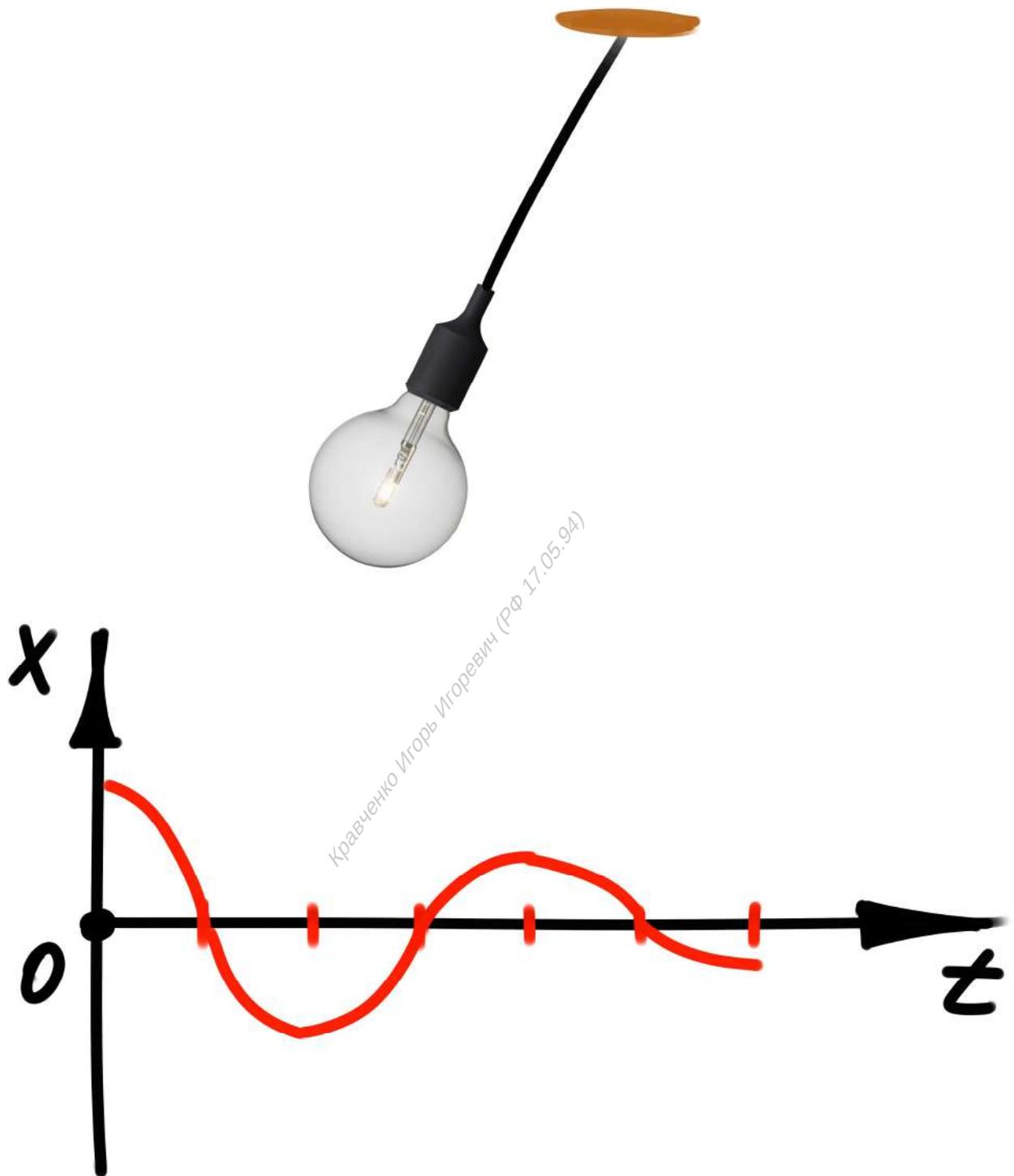


Рисунок 11 – Пример для **Свободное колебание:** деревянное тело делает свободное колебание, если источник колебания **не влияет** на тело





Затухающее колебание – прекращающееся колебание. (рис.12)



Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94)

Рисунок 12 – Пример для **Затухающее колебание**: лампочку отвели рукой в бок, и она качается. Колебание все хуже и хуже



Период колебания (T [с]) – время **одного полного колебания. (рис.13)**



Рисунок 13 – Пример для **Период колебания**: лампочка **начинает** колебание **отсюда**, **через Период** начнет **повторять** движение

Частота колебания (ν [Гц]) – количество **полных колебания за 1 сек. (рис.14)**

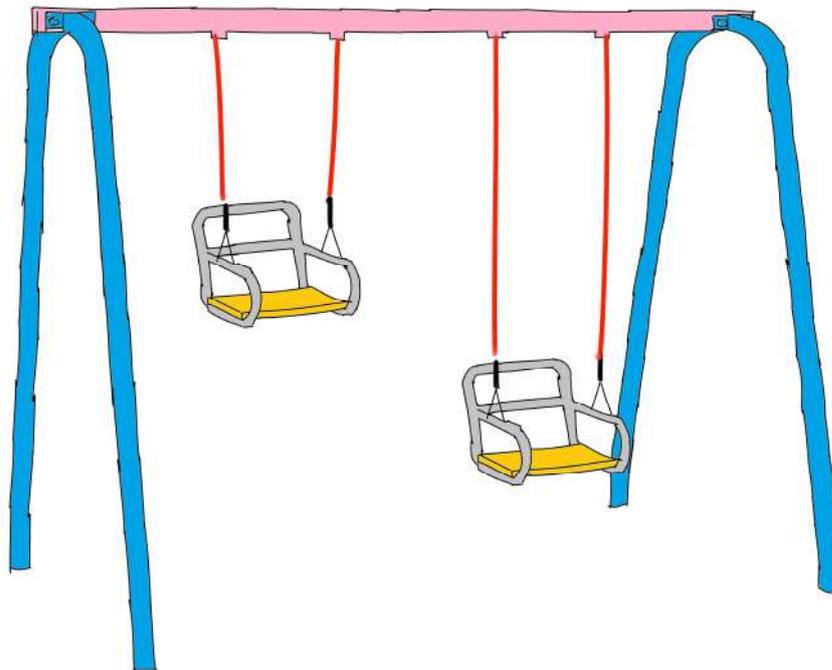


Рисунок 14 – Пример для **Частота колебания**: **левое** тело будет **колебаться «чаще»**



Угловая частота (круговая / циклическая) (ω [рад/с]) – характеристика колебания гармонического, показывающая как меняется фаза колебания за 1 сек. (рис.15)

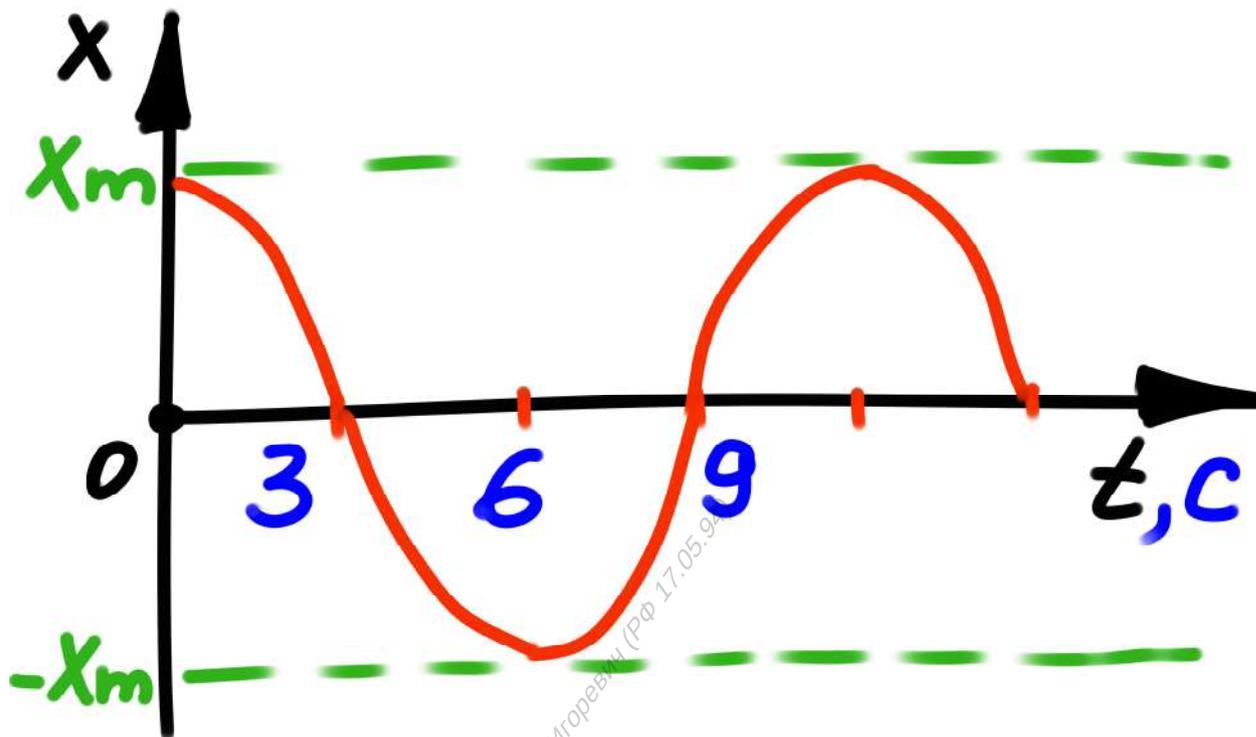


Рисунок 15 – Пример для Угловая частота: за 3 сек. \cos изменился от «1» до «0». Тогда чему равна Угловая частота?

Математический маятник (нитевой) – небольшое тело на невесомой нерастяжимой нити. (рис.16, 17)





Рисунок 16 – Пример для **Математический маятник**: малые отклонения по сравнению с длинными веревками



Рисунок 17 – Пример для **Математический маятник**: маятник для несложных опытов

Пружинный маятник – тело на пружине, прикрепленной другим концом к другому неподвижному телу. (рис.18, 19)



Рисунок 18 – Пример для **Пружинный маятник: вертикальный**



Рисунок 19 – Пример для **Пружинный маятник: горизонтальный**

Вынуждающая сила – сила, действующая на тело от источника колебаний. (рис.20)



Рисунок 20 – Пример для **Вынуждающая сила: слева** – источник колебания, действует на тело силой

Вынужденное колебание – это колебания тела из-за источника колебаний с периодически изменяющейся во времени вынуждающей силой. (рис.21)



Рисунок 21 – Пример для **Вынужденное колебание: черная груша** делает **вынужденные колебания**; кулак – источник колебания, создает вынуждающую силу периодически



Резонанс – явление **возрастания амплитуды вынужденных колебаний** тела, если:

« частота **собственных** колебаний тела

≈

или

=

частота **вынуждающей** силы »

(рис.22)



Рисунок 22 – Пример для **Резонанс**: чтобы **раскачать тело**, нужно всего лишь **толкать тело через определенное время** (не раньше, не позже).
Колебания **достигают максимума** только так, это и есть **резонанс**.



Резонансная кривая – график, показывающий: как меняется **амплитуда** вынужденных колебаний тела при изменении **частоты вынуждающей** силы.

(рис.23)

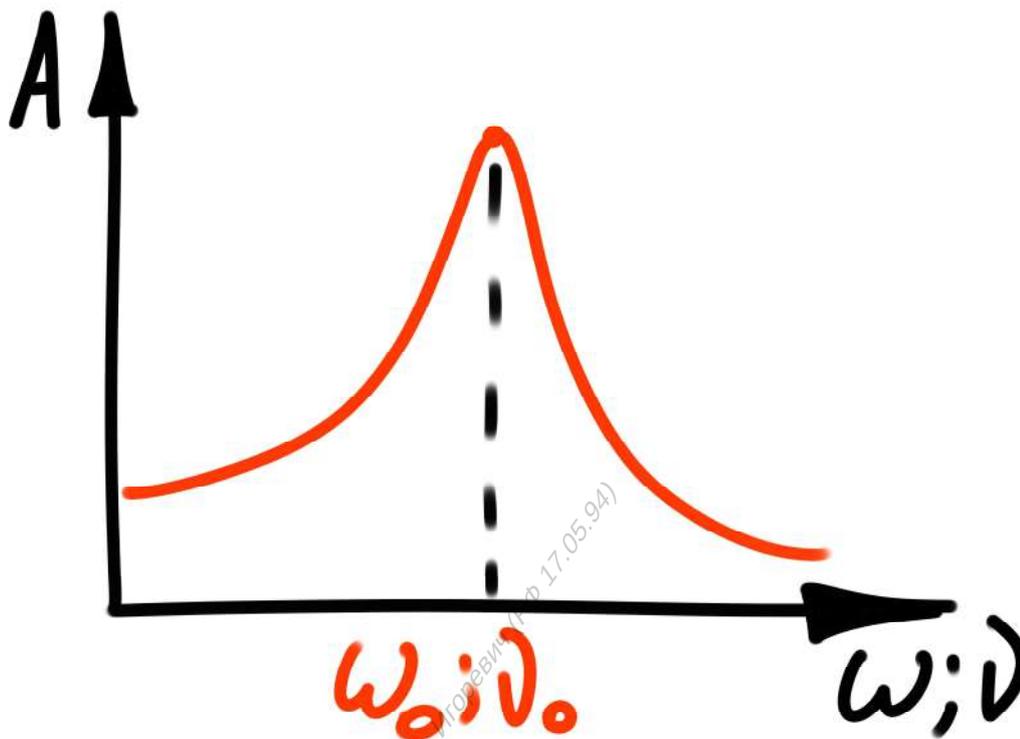


Рисунок 23 – Пример для **Резонансная кривая**: **виден максимум колебаний и его частота**

Механическая волна – процесс распространения в пространстве **колебаний** частиц упругой среды (твёрдой, жидкой или газовой). (рис.24)





Рисунок 24 – Пример для **Механическая волна**: человек колеблет концы каната \Rightarrow концы колеблются \Rightarrow колеблются соседние места каната дальше и дальше

Виды волн:

1. **Поперечные**: частицы колеблются **перпендикулярно** направлению распространения волны. Существуют **в твердых упругих** средах. (рис.25)



Рисунок 25 – Пример для **Поперечная волна**: волна движется **вбок**, частицы колеблются **вверх-вниз**





2. **Продольные:** частицы колеблются **параллельно** направлению распространения волны. **Существуют в любых упругих средах.** (рис.26)

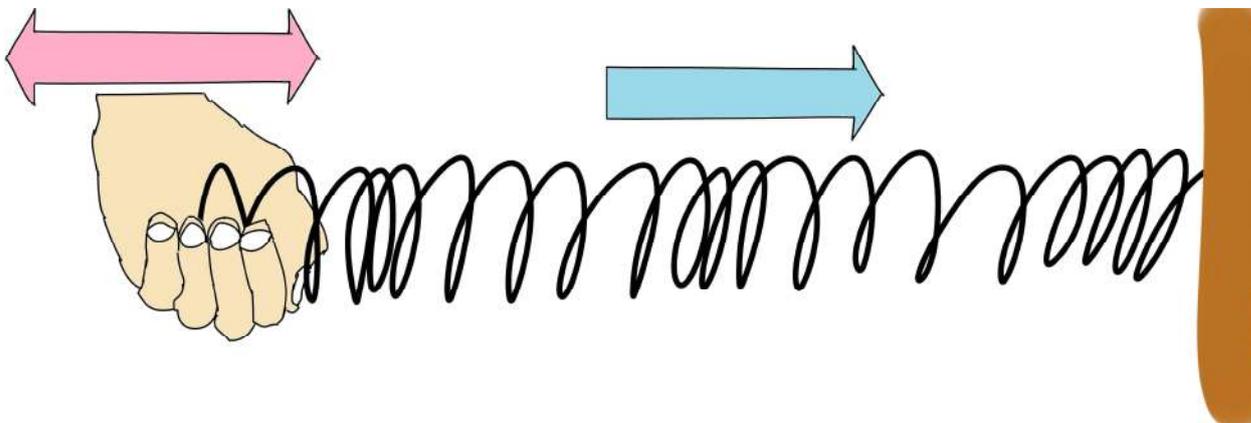


Рисунок 26 – Пример для **Продольная волна:** волна движется **вбок**, частицы колеблются тоже **вбок**

Скорость распространения волны (v [$\frac{м}{с}$]) – характеристика волны, показывающая **быстроту распространения колебания** в пространстве. (рис.27)

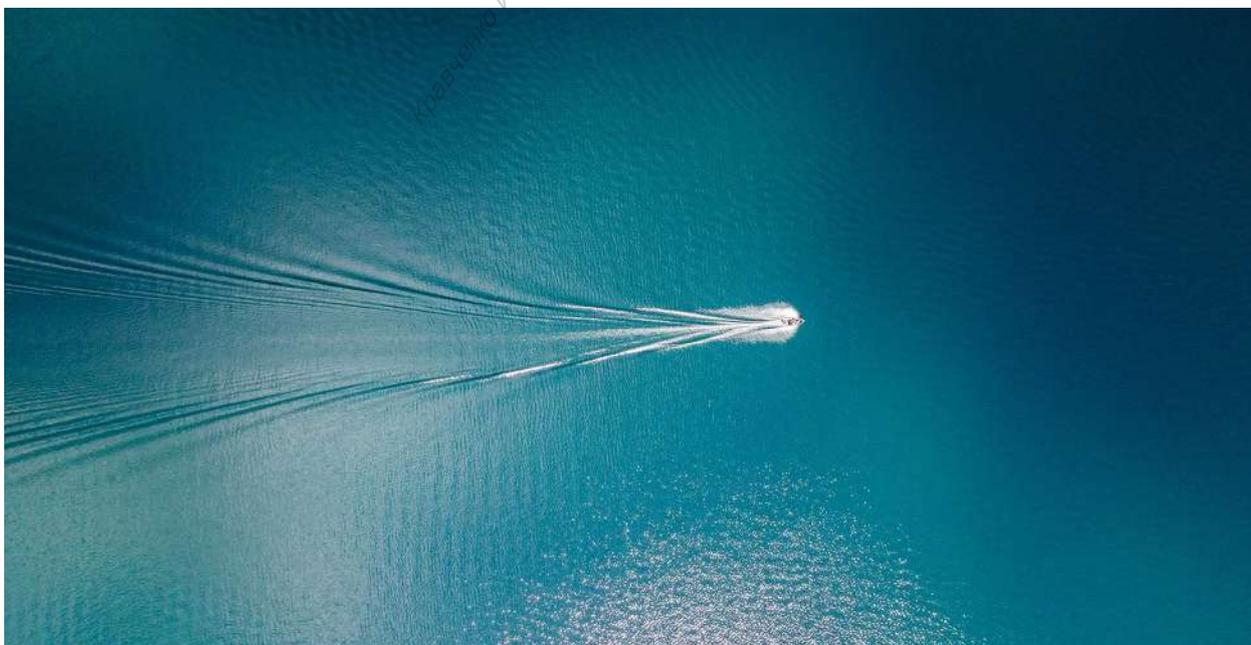


Рисунок 27 – Пример для **Скорость распространения волны:** колебания расходятся от следа постепенно



Длина волны (λ [м]) – расстояние, на которое распространяется волна за период колебания. (рис.28, 29)

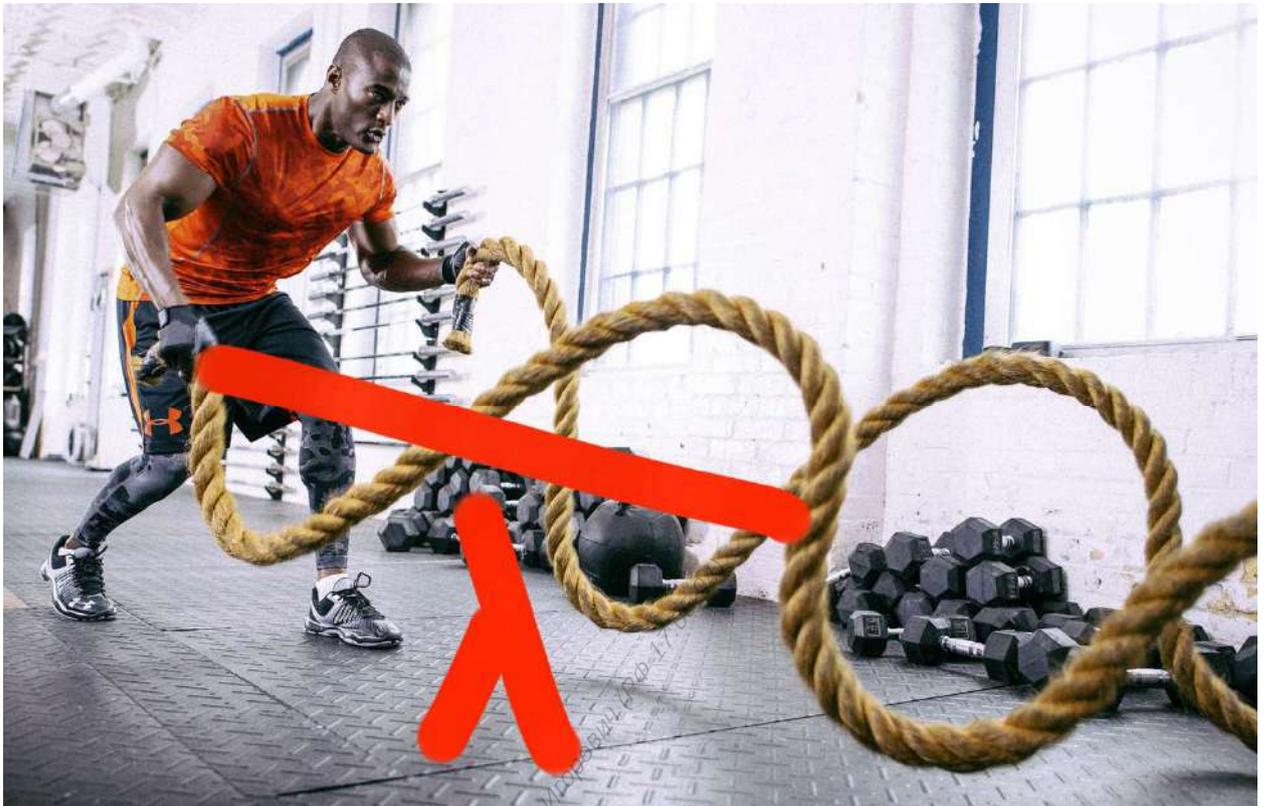


Рисунок 28 – Пример для **Длина волны**: расстояние между точками, находящимися в одинаковых фазах

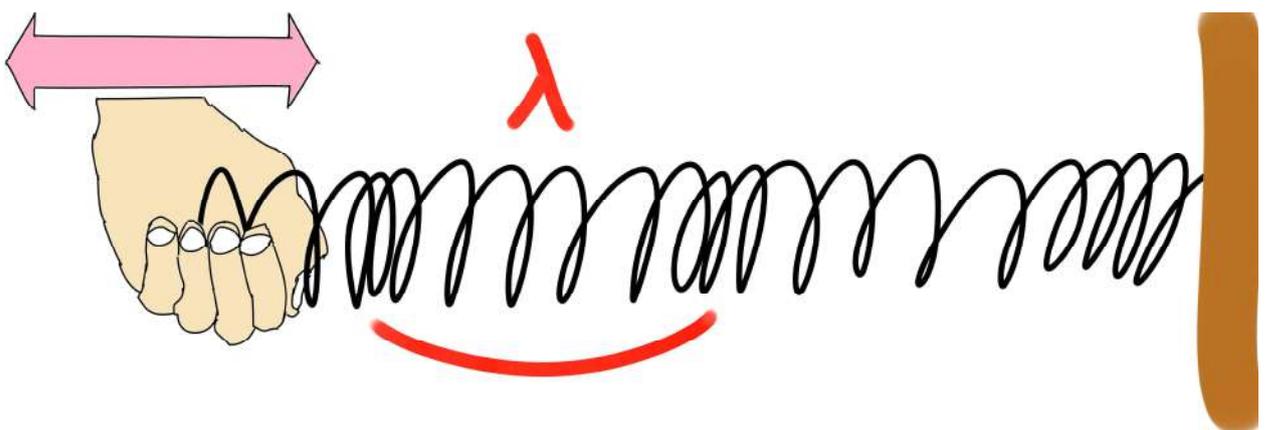


Рисунок 29 – Пример для **Длина волны**: расстояние между точками, находящимися в одинаковых фазах

Звук – механическая волна частотой колебаний 20 Гц..20 кГц, воспринимаемая ухом. (рис.30)

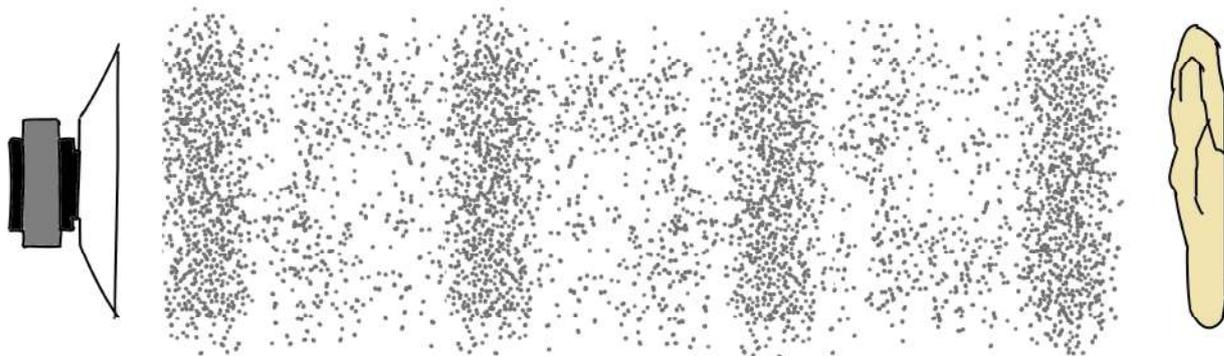


Рисунок 30 – Пример для Звук: продольная волна в воздухе

Диапазоны механических волн: (рис.31)

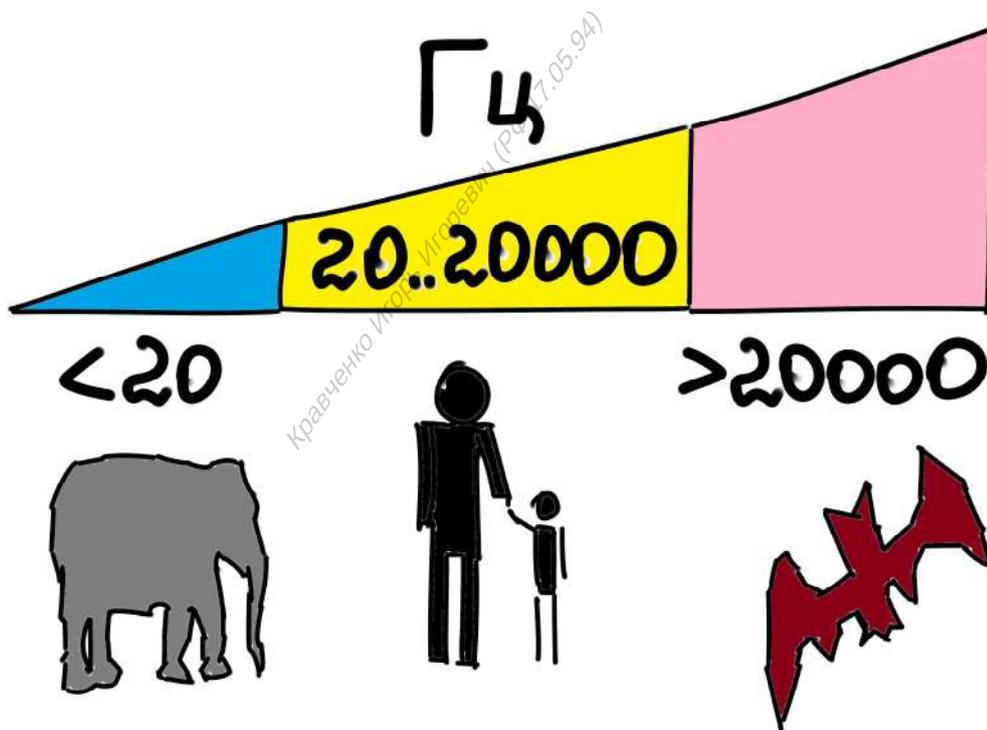


Рисунок 31 – Пример для Диапазоны звука:

Инфразвук < Звук < Ультразвук

Громкость звука – характеристика амплитуды звука:

« ↑ Громкость звука ⇒ ↑ Амплитуда звука »

(рис.32)

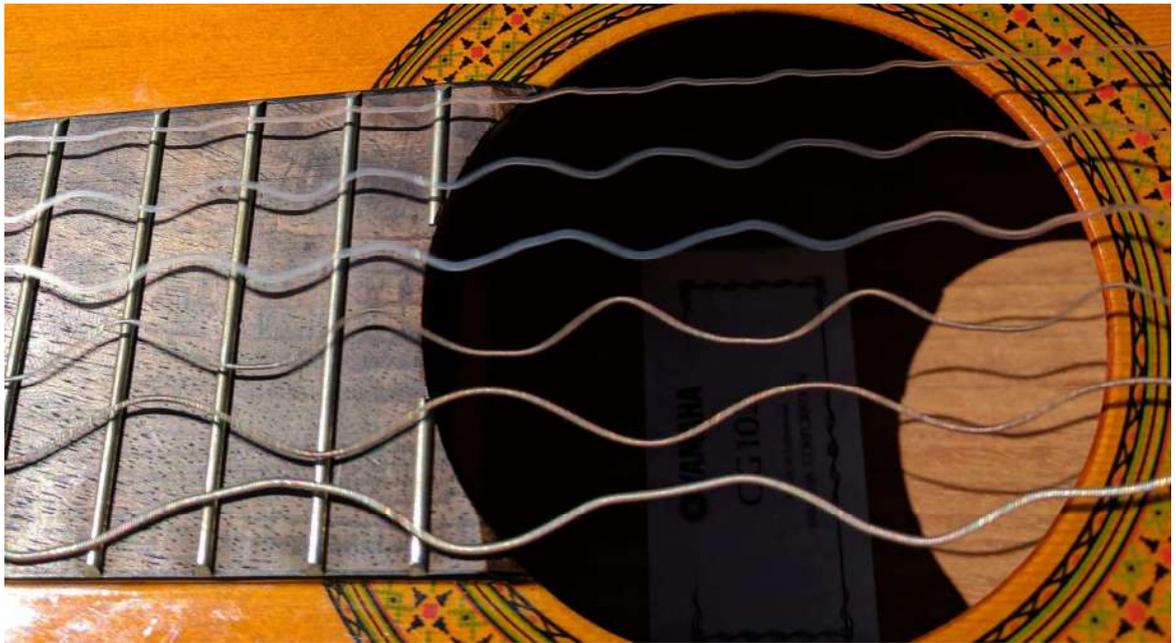


Рисунок 32 – Пример для **Громкость звука: верхняя струна имеет слабый размах, поэтому звучит негромко**

Высота звука – характеристика частоты звука:

« \uparrow **Высота звука** \Rightarrow \uparrow **частота звука** »

(рис.33)

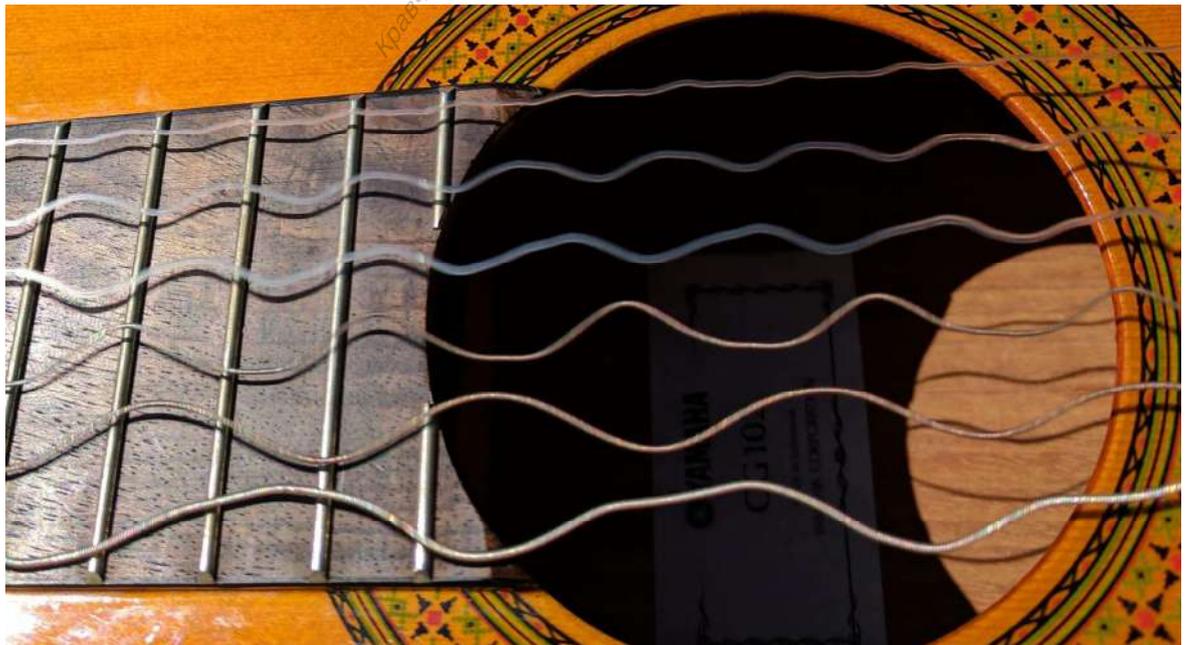


Рисунок 33 – Пример для **Высота звука: нижние струны видимо медленно качаются, поэтому звучат низко**



Скорость звука в средах:

« v в **Твердое** > v в **Жидкое** > v в **Газ** »

(рис.34)



Рисунок 34 – Пример для **Скорость звука в средах: части воды лучше связаны друг с другом, поэтому звук распространяется хорошо от одной части к другой** ⇒ **Скорость звука в воде**, например, больше, **чем в воздухе/газе**





Эхо – отраженный звук. (рис.35)

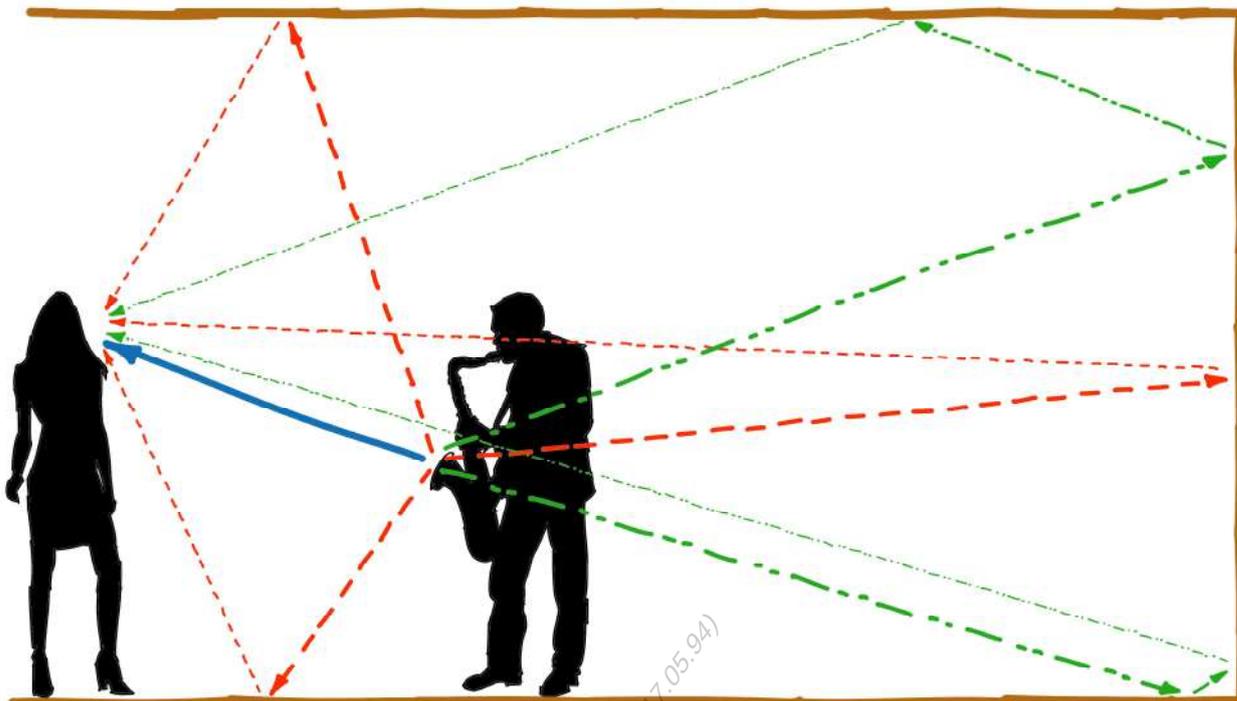


Рисунок 35 – Пример для Эхо: **красные** и **зеленые** волны отскакивают от стен \Rightarrow эти волны доходят до слушателя **позже** \Rightarrow звучание кажется **долгим**, так как друг за другом приходят волны звука от разных сторон

Интерференционная картина (устойчивая) — неподвижное распределение мест с колебаниями **одной интенсивности** при наложении нескольких **волн**. (рис.36)



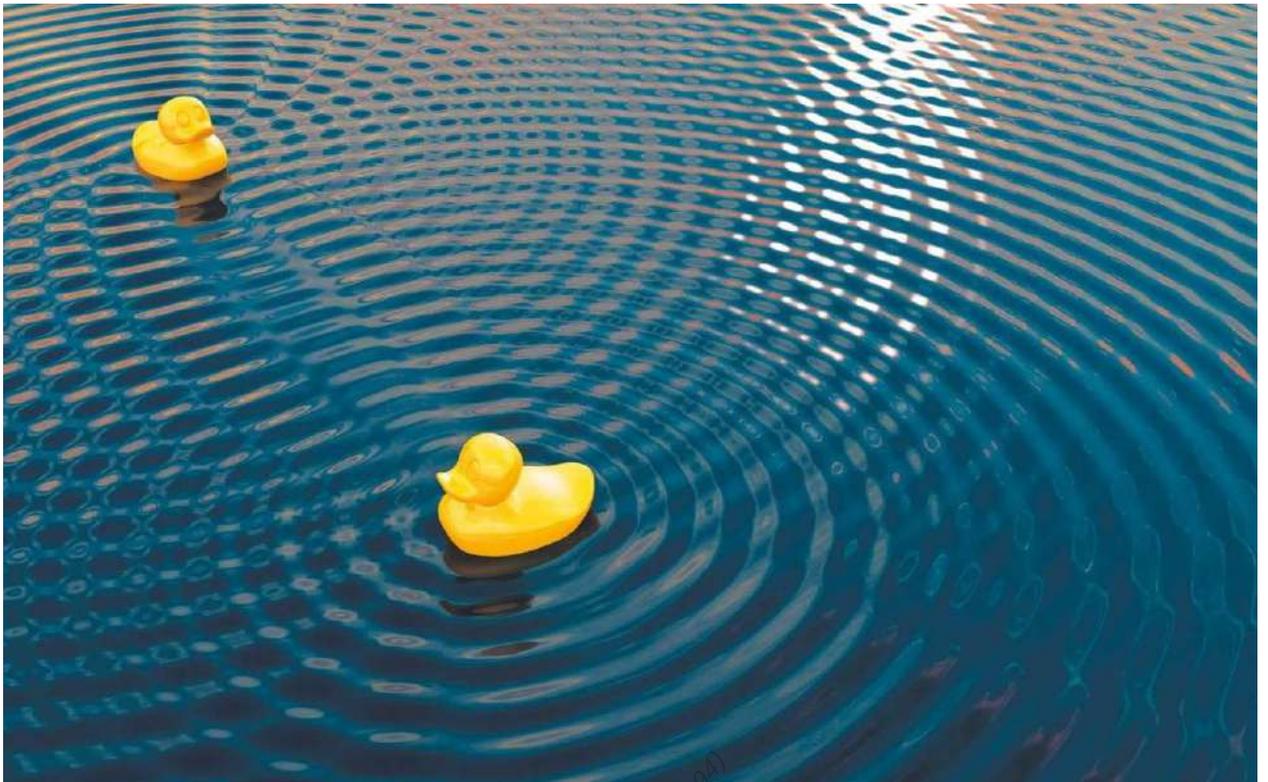


Рисунок 36 – Пример для **Интерференционная картина**: видны исходящие линии от колеблющихся тел, в которых **вода спокойна**

Интерференция волн – явление с образованием **устойчивой интерференционной картины**. (рис.36а)

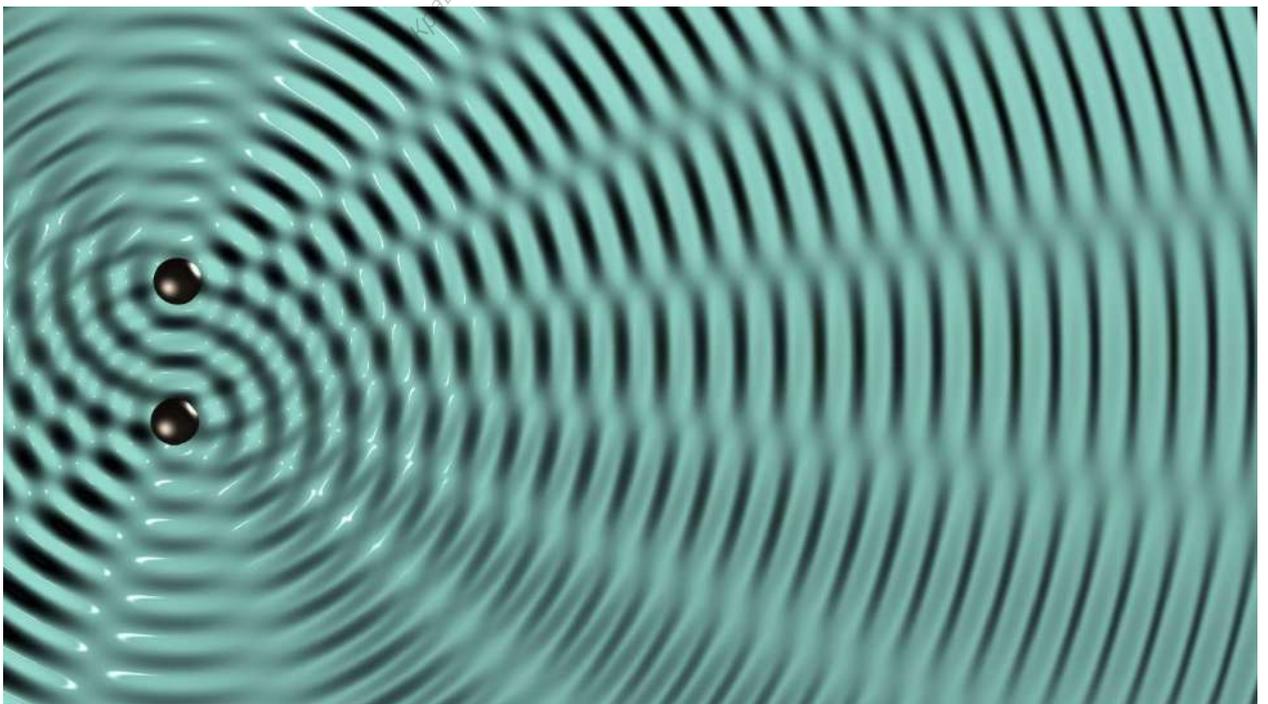


Рисунок 36а – Пример для **Интерференция волн**: на **зеленой жидкости**



Дифракция волн – огибание волновым процессом края препятствия.

(рис.37, 38)



Рисунок 37 – Пример для **Дифракция волн**: волны **идут в бока** после входа



Рисунок 38 – Пример для **Дифракция волн**: волны **расходятся** после входа



МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Молекулярная физика – раздел Физики, основанный на представлении о том, что все тела состоят из мельчайших частиц. (рис.1)

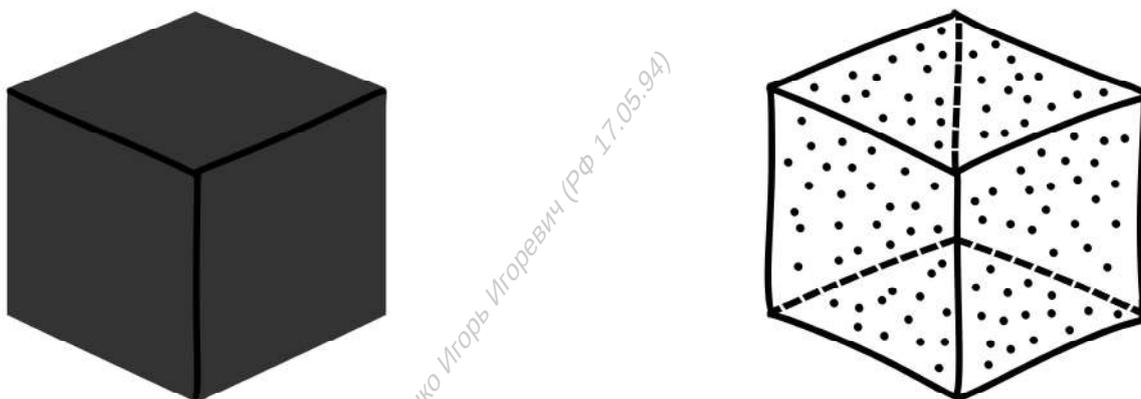


Рисунок 1 – Пример для **Молекулярная физика**: тело = сложенные шарики

Молекула - наименьшая частица данного вещества. (рис.2)

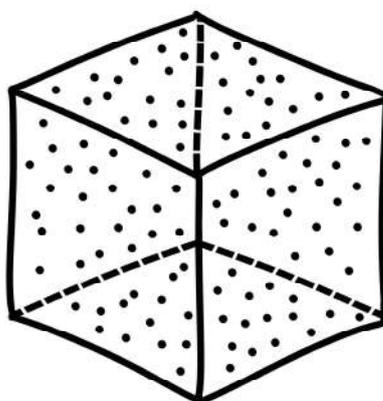


Рисунок 2 – Пример для **Молекула**: один шарик = молекула





Химический элемент – множество частиц одного типа, существующих в природе и образующих вещество, в котором **деление частицы приводит к тому, что части разделенной частицы – «Не вещество»** в химии. (рис.3)



Рисунок 3 – Пример для Химический элемент: если делить серый шарик, например, «Углерод «С», то он перестанет быть веществом: части-половинки шарика не смогут образовать никакую «вещь», оставаясь половинками (с точки зрения Химии)

Внимание. Разные Химические элементы собраны в химической таблице Менделеева:

Период	Ряд	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В													
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
I	1	(H)						H 1,00797 Водород	He 4,0026 Гелий	Обозначение элемента Атомный номер Li 3 Литий 6,939					
II	2	Li 6,939 Литий	Be 9,0122 Бериллий	B 10,811 Бор	C 12,01115 Углерод	N 14,0067 Азот	O 15,9994 Кислород	F 18,9984 Фтор	Ne 20,179 Неон	Относительная атомная масса					
III	3	Na 22,9898 Натрий	Mg 24,305 Магний	Al 26,9815 Алюминий	Si 28,086 Кремний	P 30,9738 Фосфор	S 32,064 Сера	Cl 35,453 Хлор	Ar 39,948 Аргон						
IV	4	K 39,102 Калий	Ca 40,08 Кальций	Sc 44,956 Скандий	Ti 47,90 Титан	V 50,942 Ванадий	Cr 51,996 Хром	Mn 54,9380 Марганец	Fe 55,847 Железо	Co 58,9330 Кобальт	Ni 58,71 Никель				
	5	Cu 63,546 Медь	Zn 65,37 Цинк	Ga 69,72 Галлий	Ge 72,59 Германий	As 74,9216 Мышьяк	Se 78,96 Селен	Br 79,904 Бром	Kr 83,80 Криптон						
V	6	Rb 85,47 Рубидий	Sr 87,62 Стронций	Y 88,905 Иттрий	Zr 91,22 Цирконий	Nb 92,906 Ниобий	Mo 95,94 Молибден	Tc [99] Технеций	Ru 101,07 Рутений	Rh 102,905 Родий	Pd 106,4 Палладий				
	7	Ag 107,868 Серебро	Cd 112,40 Кадмий	In 114,82 Индий	Sn 118,69 Олово	Sb 121,75 Сурьма	Te 127,60 Теллур	I 126,9044 Иод	Xe 131,30 Ксенон						
VI	8	Cs 132,905 Цезий	Ba 137,34 Барий	La* 138,91 Лантан	Hf 178,49 Гафний	Ta 180,948 Тантал	W 183,85 Вольфрам	Re 186,2 Рений	Os 190,2 Осмий	Ir 192,2 Иридий	Pt 195,09 Платина				
	9	Au 196,967 Золото	Hg 200,59 Ртуть	Tl 204,37 Таллий	Pb 207,19 Свинец	Bi 208,980 Висмут	Po [210]* Полоний	At [210] Астат	Rn [222] Радон						
VII	10	Fr [223] Франций	Ra [226] Радий	Ac** [227] Актиний	Rf [261] Резерфордий	Db [262] Дубний	Sg [263] Сиборгий	Bh [264] Борий	Hs [265] Хассий	Mt [266] Мейтнерий					
		58 140,12 Ce Церий	59 140,907 Pr Прометий	60 144,24 Nd Неодим	61 [147]* Pm Прометий	62 150,35 Sm Самарий	63 151,96 Eu Европий	64 157,25 Gd Гадолиний	65 158,924 Tb Тербий	66 162,50 Dy Диспрозий	67 164,930 Ho Гольмий	68 167,26 Er Эрбий	69 168,934 Tm Туллий	70 173,04 Yb Иттербий	71 174,97 Lu Лютеций
		90 232,038 Th Торий	91 [231] Pa Протактиний	92 238,03 U Уран	93 [237] Np Нептуний	94 [244] Pu Плутоний	95 [243] Am Америций	96 [247] Cm Кюрий	97 [247] Bk Берклий	98 [252]* Cf Калифорний	99 [254] Es Эйнштейний	100 [257] Fm Фермий	101 [257] Md Менделевий	102 [258] No Нобелий	103 [259] Lr Лоуренсий





Атом – наименьшая частица Химического элемента. (рис.4)



Рисунок 4 – Пример для **Атом**: атом – представитель химического элемента
(как человек – представитель человечества)

Внимание. Молекула образуется из атомов, то есть делится на атомы.
(рис.5)

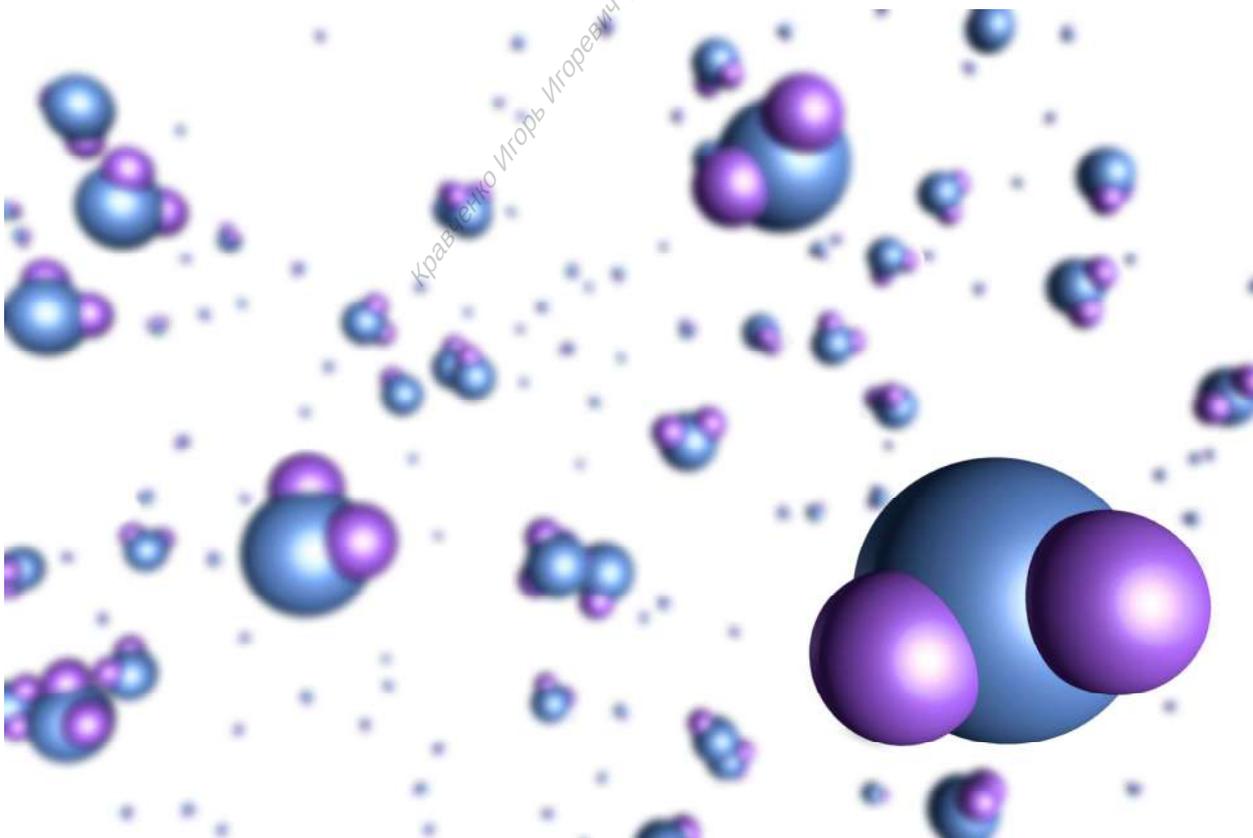


Рисунок 5 – Пример для **Молекула из атомов**: молекулы из трех атомов





Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) – система знаний

Молекулярной физики, основанные на положениях:

1. Вещество состоит из частиц — молекул. Они расположены на расстояниях друг от друга: (рис.6)

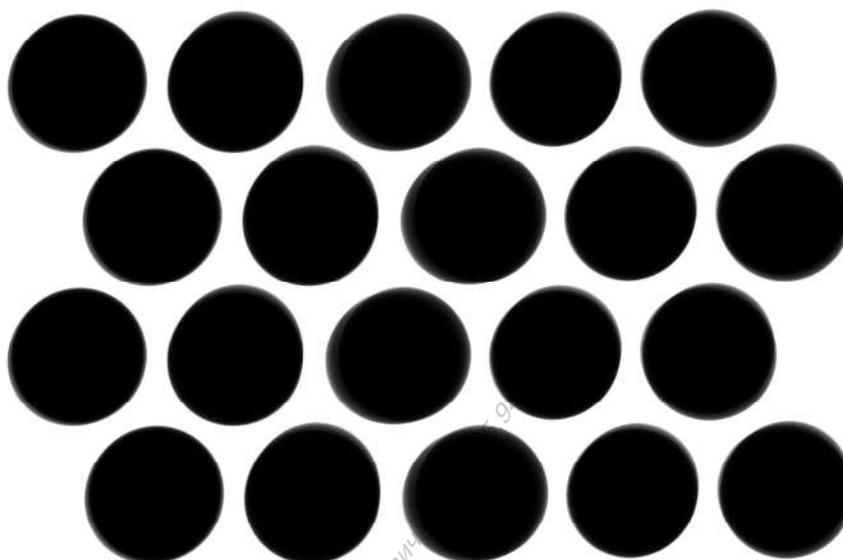


Рисунок 6 – Пример для Положение №1 МКТ

2. Молекулы беспорядочно движутся, всегда. (рис.7)

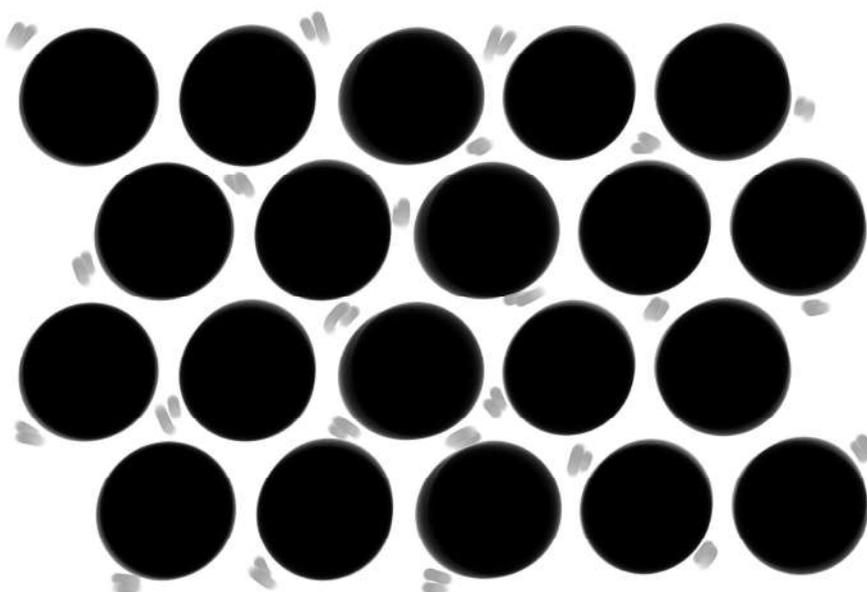


Рисунок 7 – Пример для Положение №2 МКТ: здесь «дрожат». Так как **разлететься не могут**, а **двигаться стремятся**



3. Молекулы взаимодействуют друг с другом, притягиваясь / отталкиваясь. Притягиваются / отталкиваются по-разному в зависимости от расстояния между частицами. (рис.8, 9)

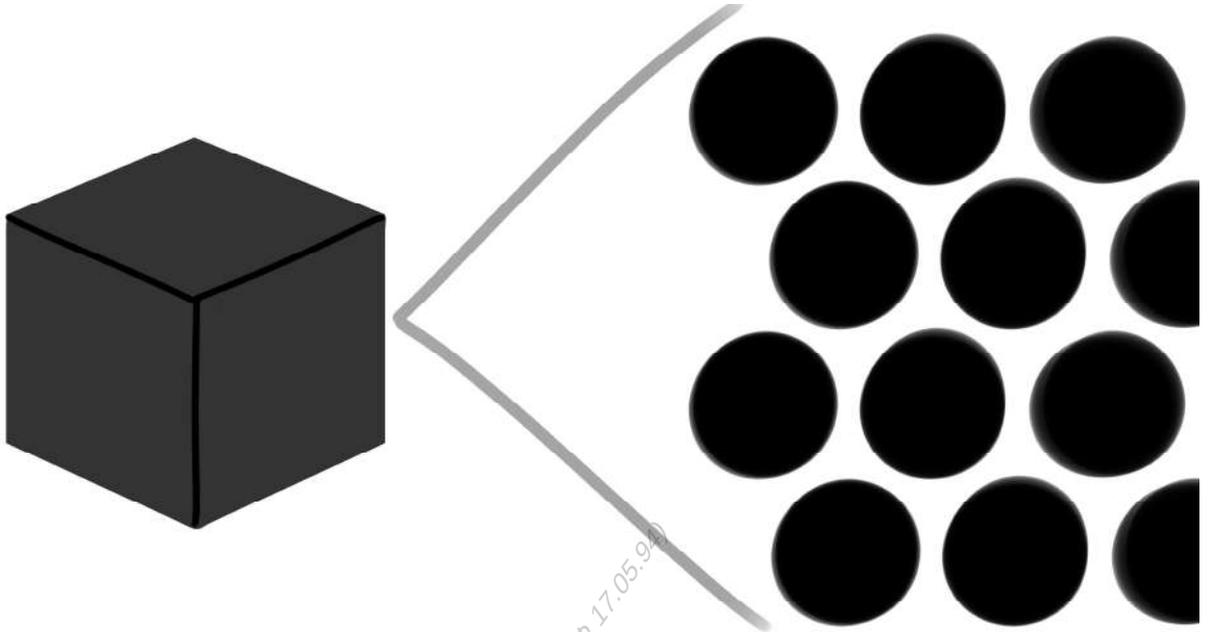


Рисунок 8 – Пример для Положение №3 МКТ: молекулы никак **не склеиваются, значит отталкиваются.** Молекулы никак **не отделяются, значит притягиваются.**



Рисунок 9 – Пример для Положение №3 МКТ: молекулы одной капли **слабо** притягиваются к молекулам соседней капли, поэтому **капли не соединяются.** Однако молекулы **внутри капли хорошо** притягиваются, поэтому **отдельная капля цельная.**



Агрегатное состояние вещества – особое состояние вещества с определенными качествами:

1. Газ. (рис.10)

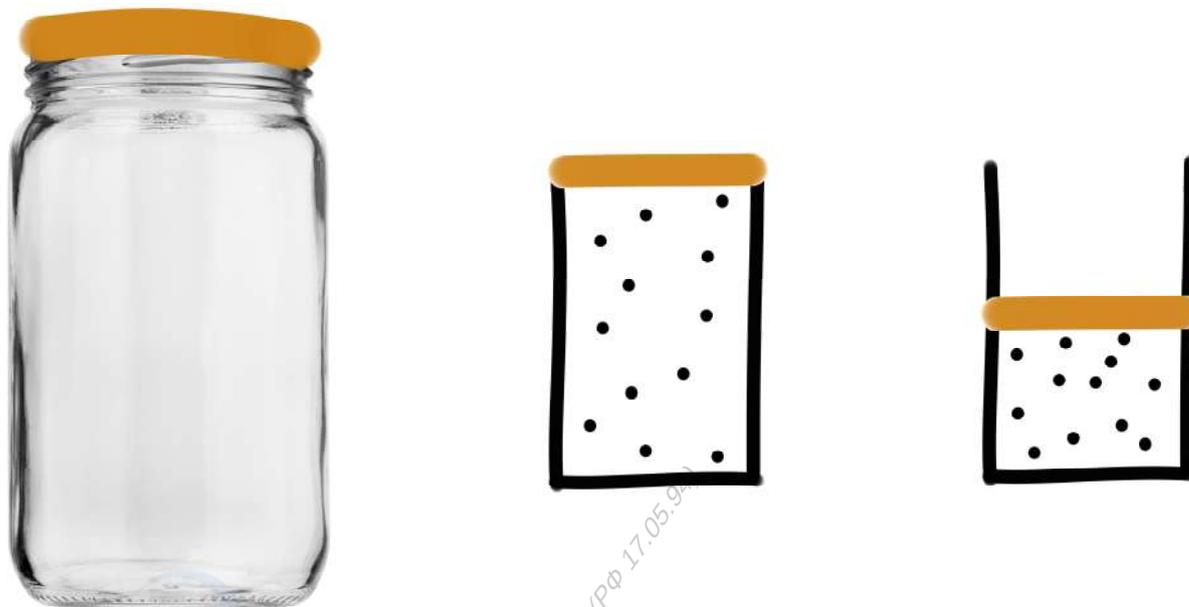


Рисунок 10 – Пример для **Газ**: внутри газ, невидим;

качества



нет собственной **ФОРМЫ** (■)

и

нет собственного **ОБЪЕМА** (●)

2. Жидкость. (рис.11, 12)



Рисунок 11 – Пример для **Жидкость**: в стакане жидкость, можно заметить



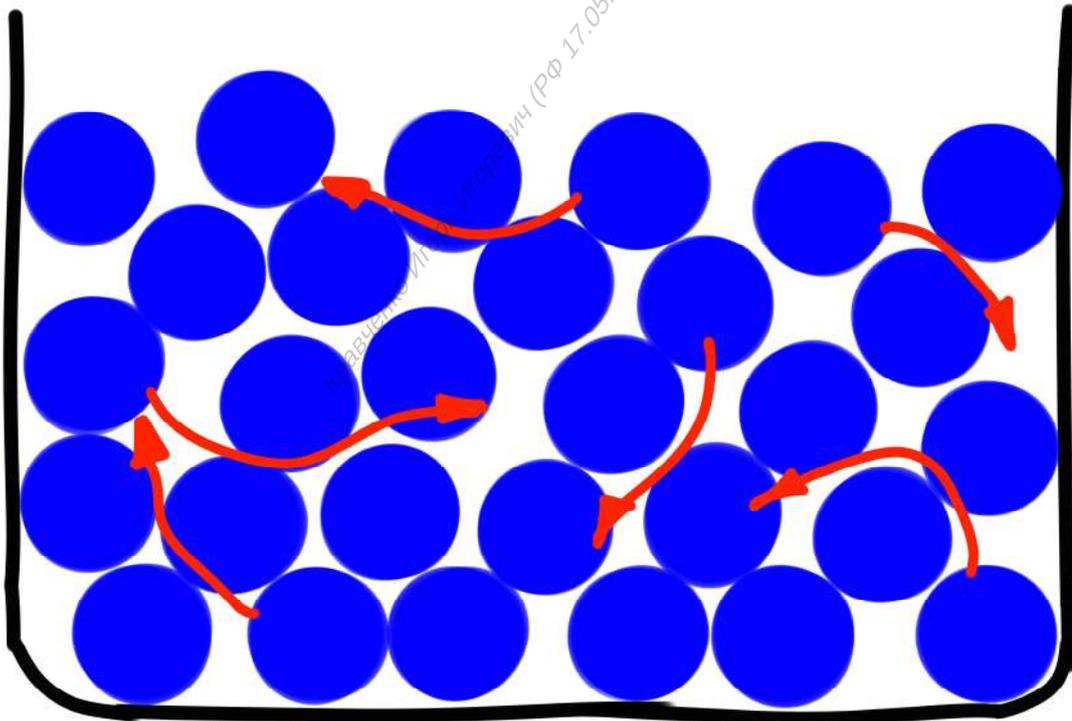
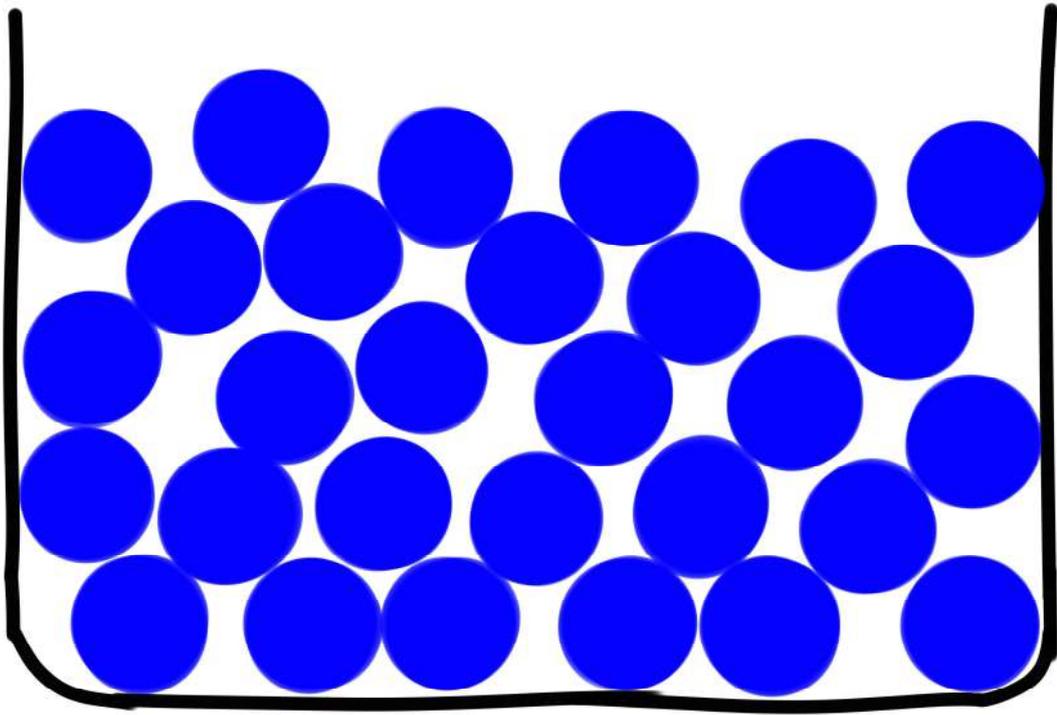


Рисунок 12 – Пример для Жидкость:

качества



нет собственной ФОРМЫ (■)

и

есть собственный ОБЪЕМ (●)





3. **Твердое.** (рис.13)

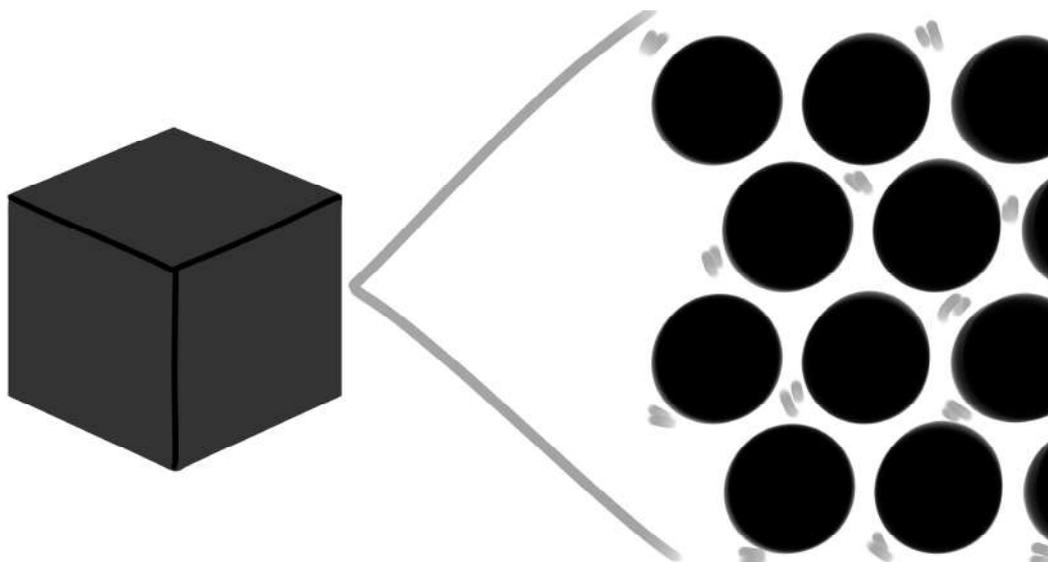


Рисунок 13 – Пример для **Твердое**: можно ощущать четко

качества



есть собственная **ФОРМА** (■)

и

есть собственный **ОБЪЕМ** (●)

Структуры твердых тел:

1. «Кристаллическая решетка». (рис.14)

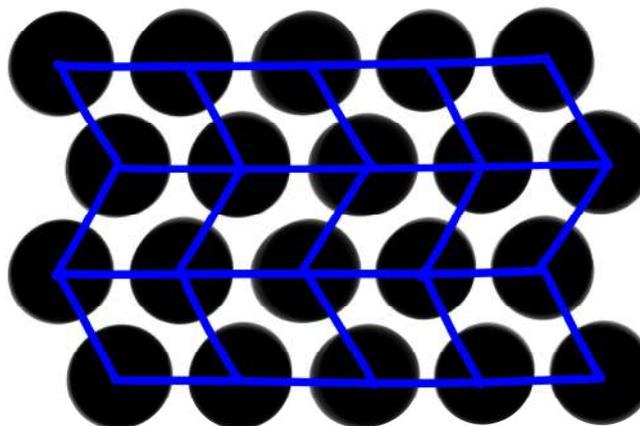


Рисунок 14 – Пример для «Кристаллическая решетка»: шары = молекулы; **линии** = силовые связи между молекулами. **Порядок** молекул относительно друг друга **можно предсказать**.





2. «Аморфная структура». (рис.15)

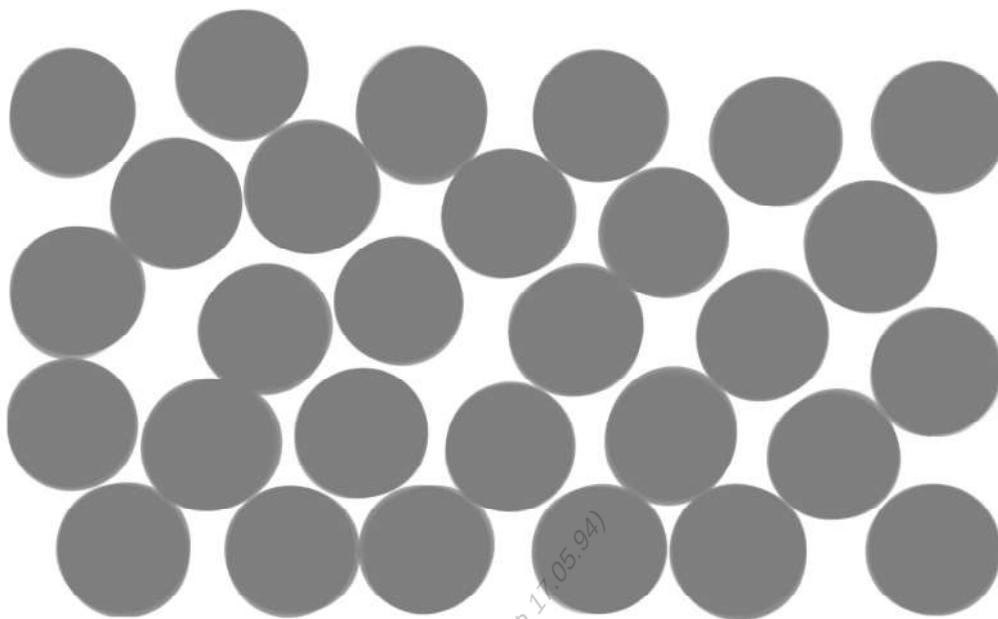


Рисунок 15 – Пример для «Аморфная структура»: шары = молекулы.

Порядок молекул относительно друг друга **нельзя предсказать**.

Тепловое движение – **непрекращающееся беспорядочное** движение молекул. (рис.16)

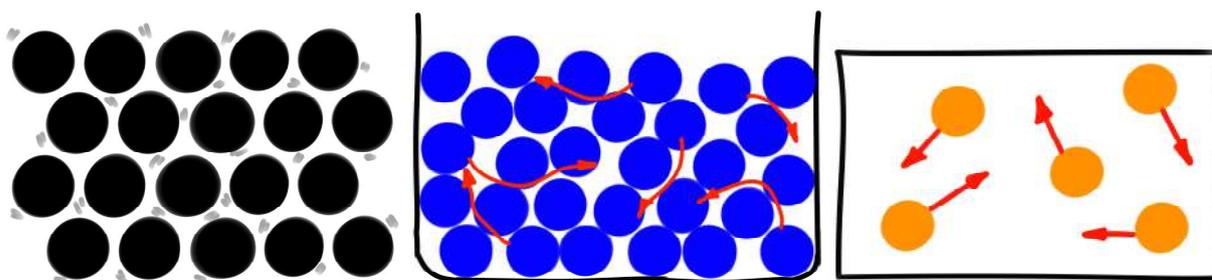


Рисунок 16 – Пример для **Тепловое движение**: в любом веществе частицы двигаются «как им пожелается» / «кто куда»:

Т : дрожат;

Ж : толкаются / бродят;

Г : летают / сталкиваются





Взаимодействие частиц вещества – **притяжение** / **отталкивание** молекул между собой: (рис.17, 18)

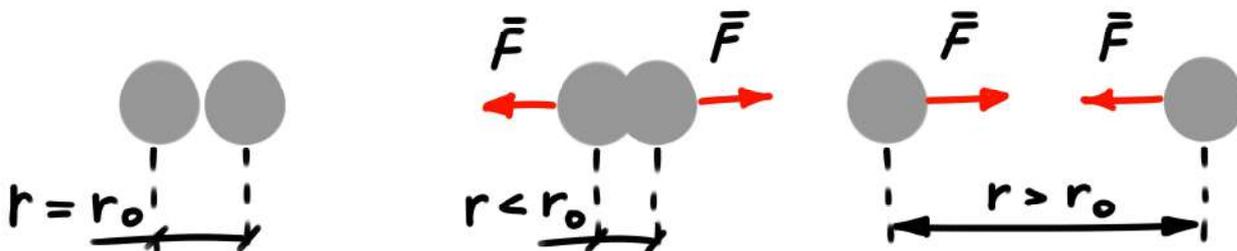


Рисунок 17 – Пример для **Взаимодействие частиц вещества**: при сближении **отталкивание** ↑; при отдалении **притяжение** ↓

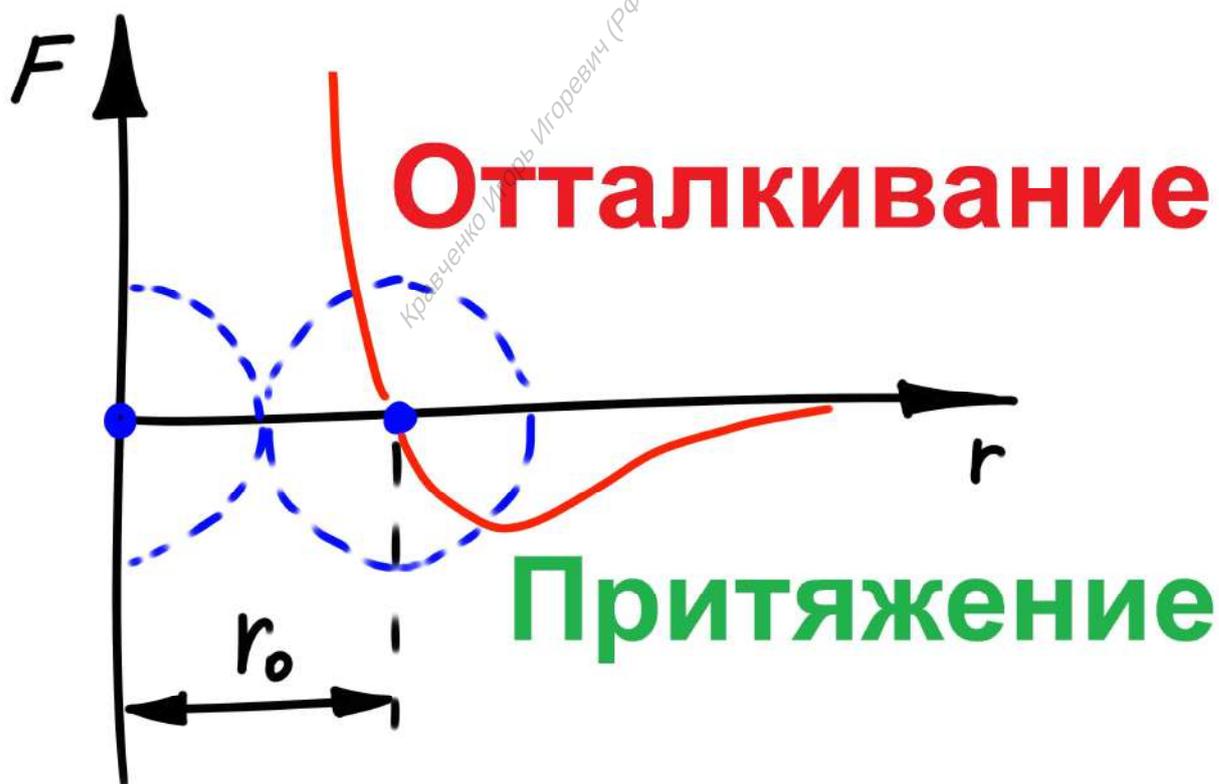


Рисунок 18 – Пример для **Взаимодействие частиц вещества**: на расстоянии между центрами, равном примерно размеру молекулы, молекулы **не взаимодействуют**





Диффузия – взаимное проникновение соприкасающихся веществ друг в друга. (рис.19)

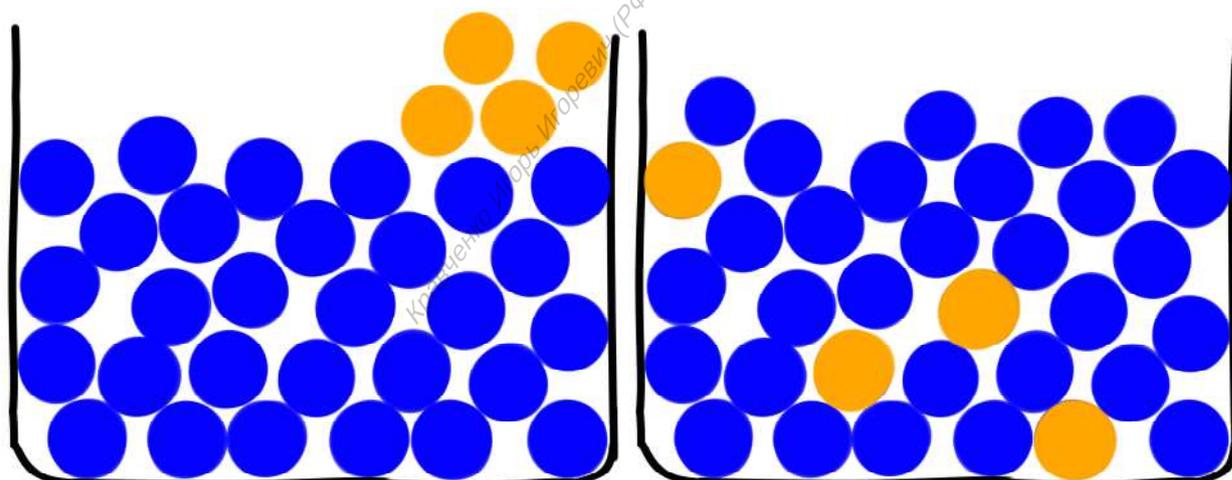


Рисунок 19 – Пример для Диффузия: молекулы ● проникают в промежутки между молекулами ●, и наоборот.

Броуновское движение – непрерывное беспорядочное движение «крупинок», взвешенных в жидкости или газе. (рис.20-22)



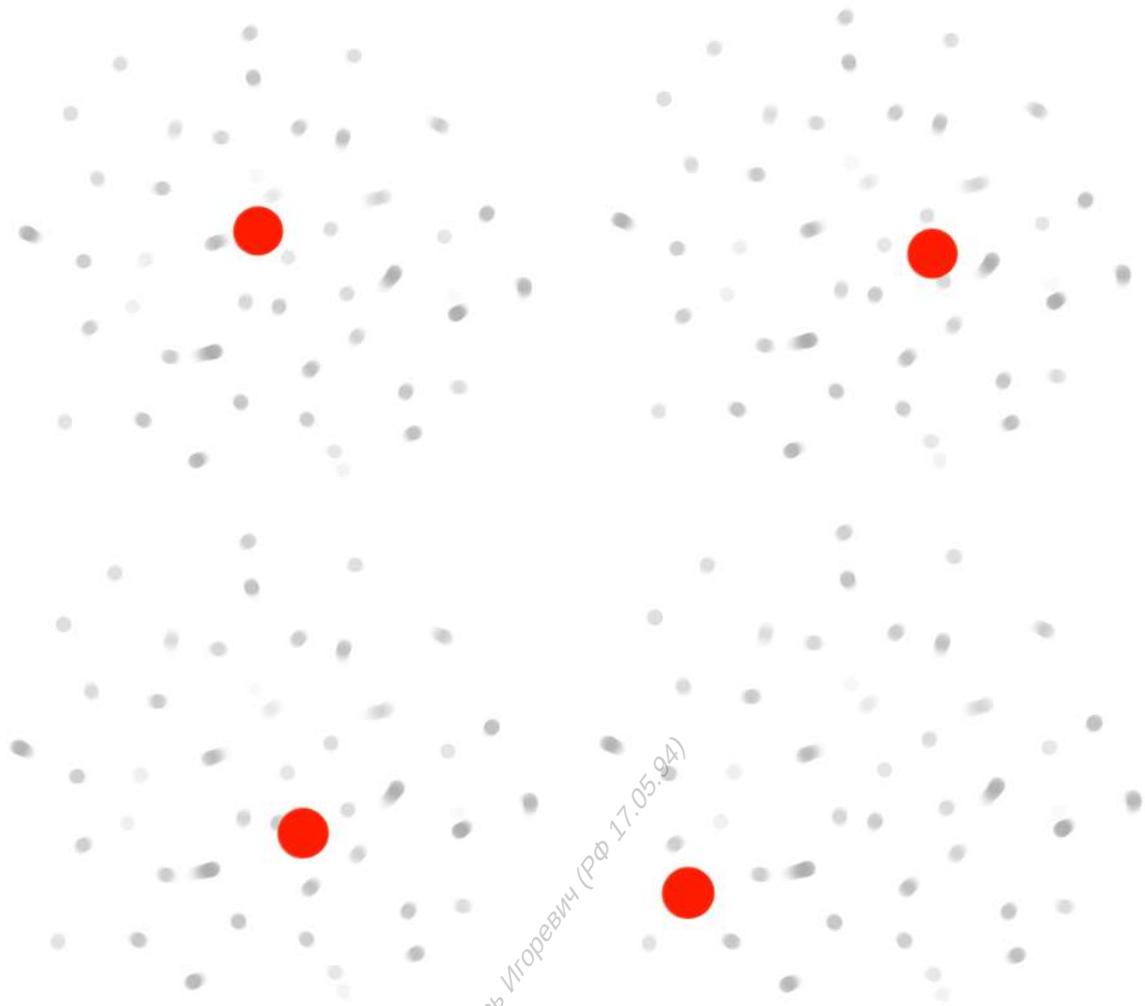


Рисунок 20 – Пример для Броуновское движение: «крупинка» ● терпит удары молекул ●

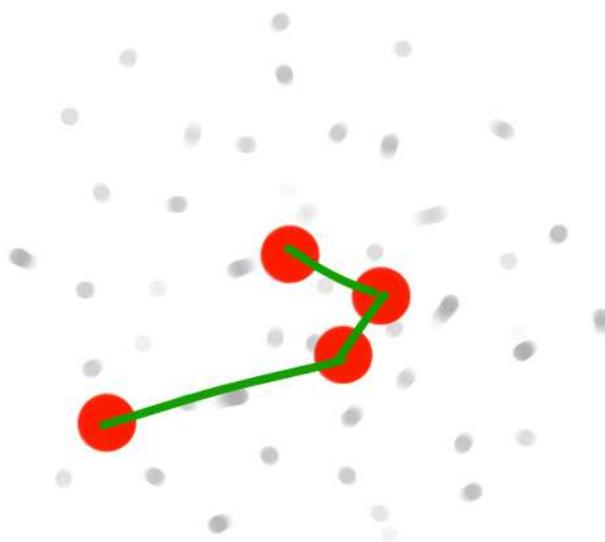


Рисунок 21 – Пример для Броуновское движение: «крупинка» ● непредсказуемо движется





Идеальный газ (в МКТ) – газ при условиях (*частица = молекула*):

1. Частицы - материальные точки (·) . (рис.22)

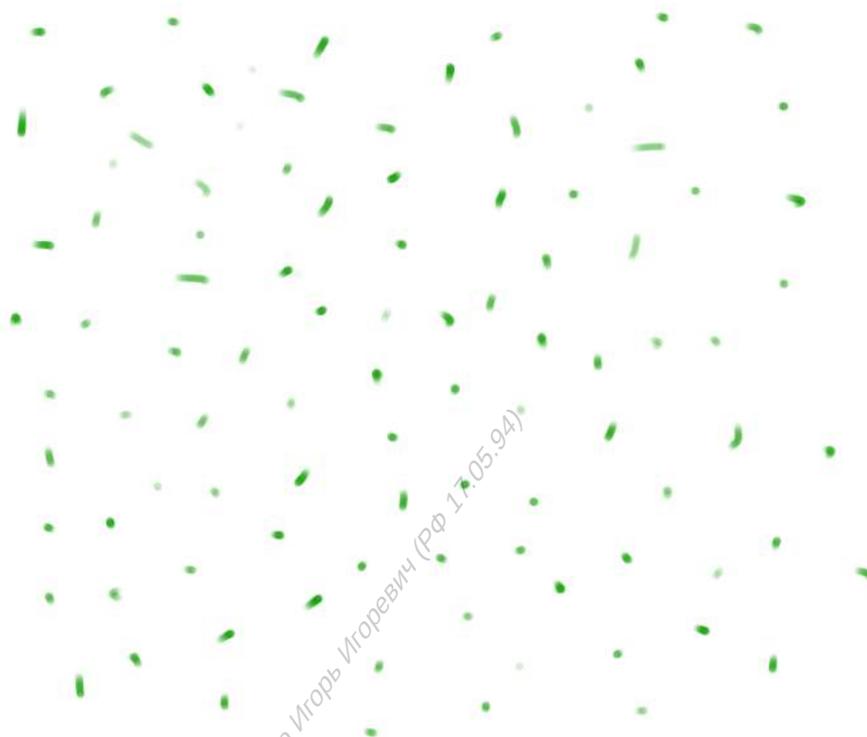


Рисунок 22 – Пример для «Частицы – материальные точки (·)»: расстояния между молекулами в среднем во **много раз больше размеров** молекул; молекулы **редко сталкиваются**

2. Частицы **НЕ притягиваются (· ·) друг к другу. (рис.23)**



Рисунок 23 – Пример для «Частицы **не притягиваются** (· ·) друг к другу»: молекулы **двигаются прямо** (между столкновениями), **не сворачивают и не тянутся сближаться**





3. Столкновение частиц упругое. (рис.24)

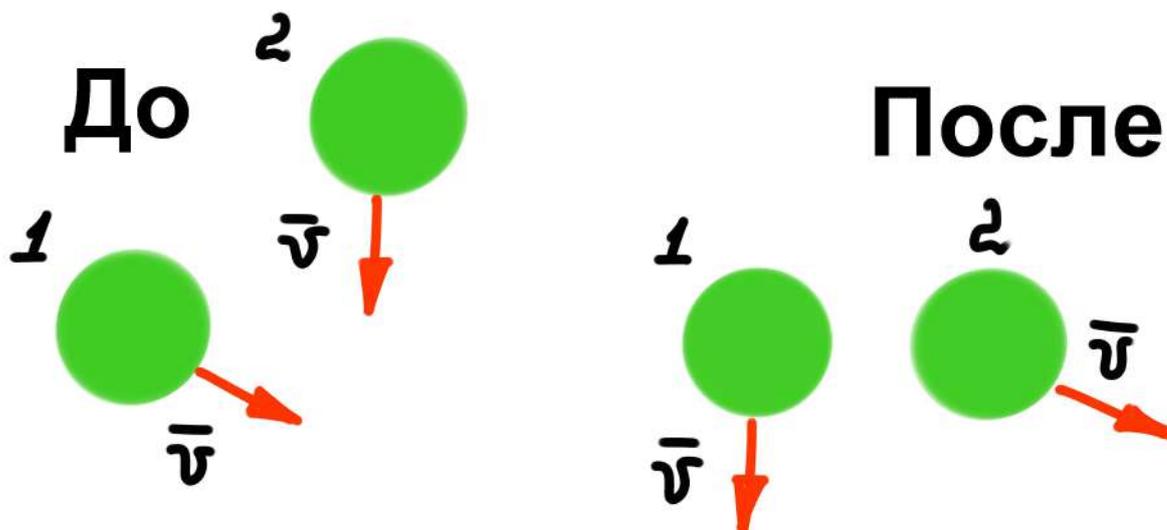


Рисунок 24 – Пример для «Столкновение частиц упругое»: закон **сохранения импульса соблюдается**; закон **сохранения полной механической энергии соблюдается**

Количество вещества (ν [моль]) – характеристика вещества, показывающая количество порций « по $6 \cdot 10^{23}$ молекул ». (рис.25)



Рисунок 25 – Пример для «Количество вещества»: примерно **100** молекул.
Это в $6 \cdot 10^{21}$ меньше одной порции.



Внимание.

«1 порция = 1 моль»

Молярная масса (вещества) (M [кг/моль]) – масса 1 моль. (рис.26)



Рисунок 26 – Пример для «Молярная масса»: $6 \cdot 10^{23}$ молекул Фтора дают массу $19 \cdot 10^{-3}$ кг

Число Авогадро (N_A [1/моль]):

« $6 \cdot 10^{23}$ 1/моль »

Концентрация (n [1/(м³)]) – характеристика вещества, показывающая как молекулы наполняют пространство. (рис.27)



Рисунок 27 – Пример для «**Концентрация**»: где концентрация больше?

Давление газа (P [Па]) – давление на стены сосуда от «врезающихся / отскакивающих» молекул. (рис.28)



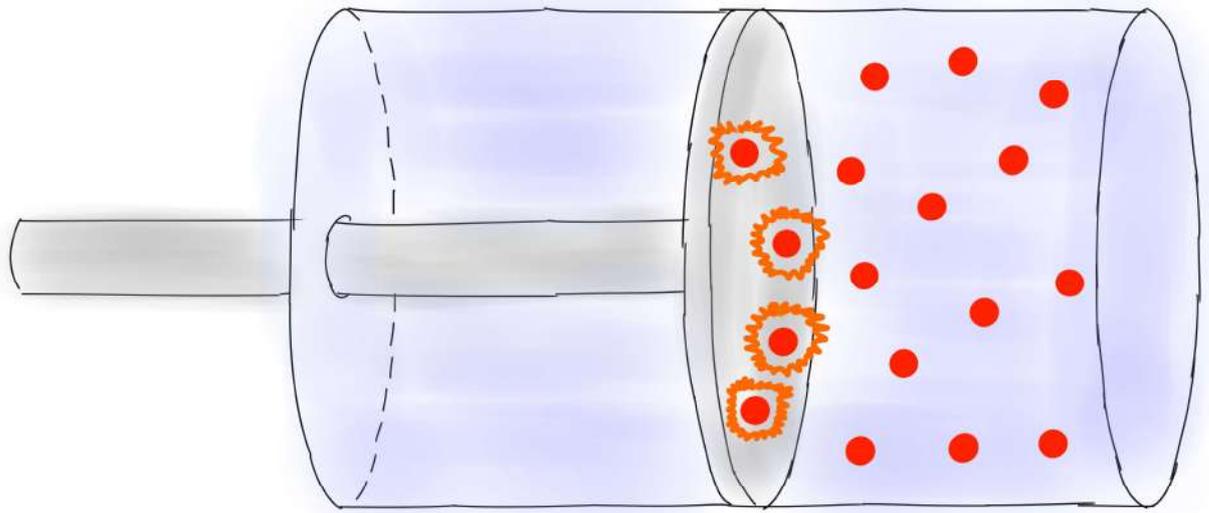


Рисунок 28 – Пример для «Давление газа»: молекулы летят и толкают стены

Микроскопический параметр – характеристика молекулы тела, показывающая ее физическое состояние. (рис.29)

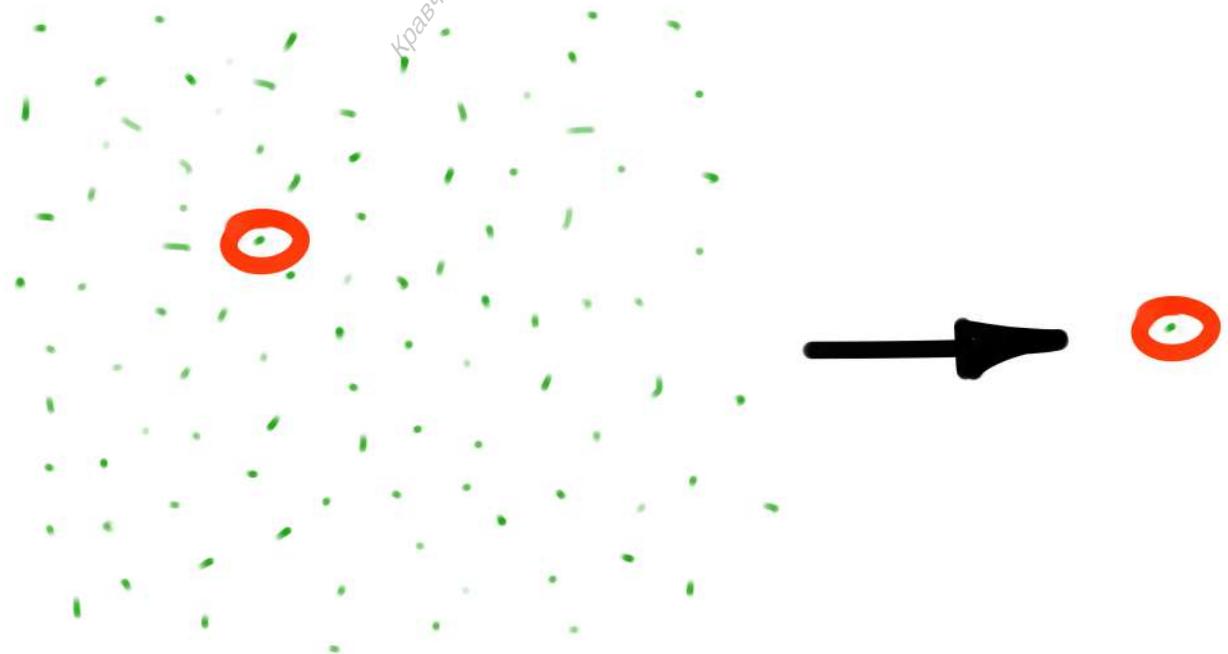


Рисунок 29 – Пример для «Микроскопический параметр»: берем одну молекулу и описываем ее





Микроскопические параметры тела (основные):

1. **Масса молекулы (m_0).**
2. **Скорость молекулы (v).**
3. **Кинетическая энергия молекулы (E_0).**

Макроскопический параметр – характеристика крупного тела, показывающая его физическое состояние. (рис.30)

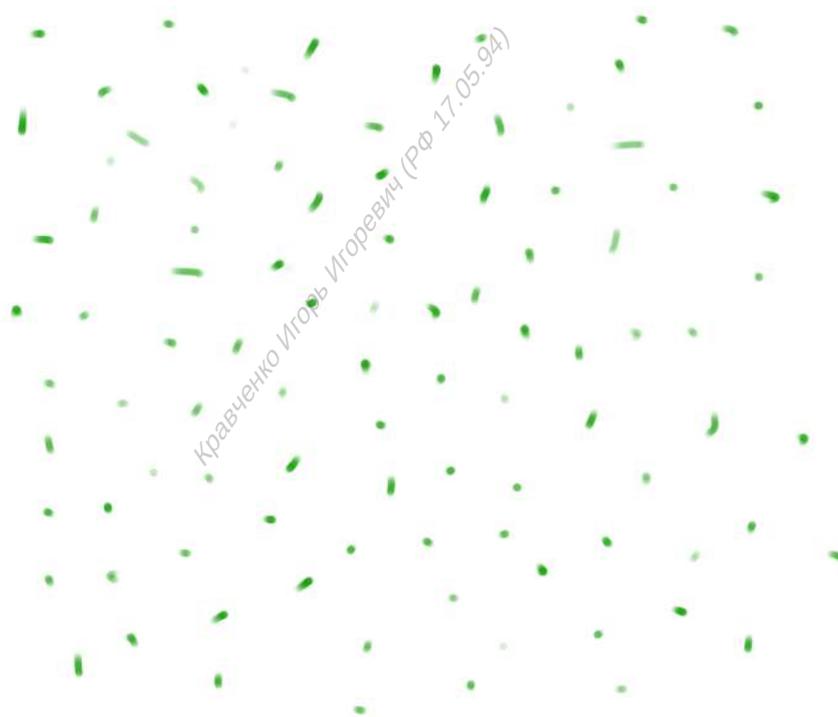


Рисунок 30 – Пример для «**Макроскопический параметр**»: можно описать состояние этого множества, не исследуя внимательно каждую молекулу



Макроскопические параметры тела (основные / важные):

1. Давление (P). (рис.31)



Рисунок 31 – Пример для «Давление»: измерение давления газа в колесе

2. Объем (V). (рис.32)

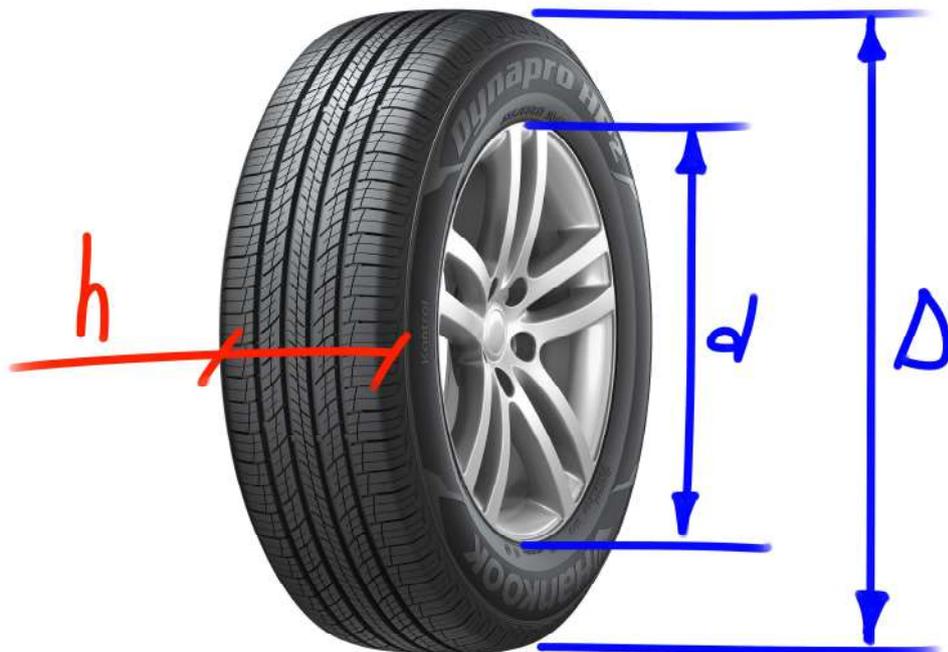


Рисунок 32 – Пример для «Объем»: измерение объем газа в колесе, газ в черной области



3. Температура (Т). (рис.33)



Рисунок 33 – Пример для Температура: измерение Температура газа в
шине

Температура (T [К]) – характеристика тела, показывающая **как велика кинетическая энергия всех молекул** тела. (рис.34)

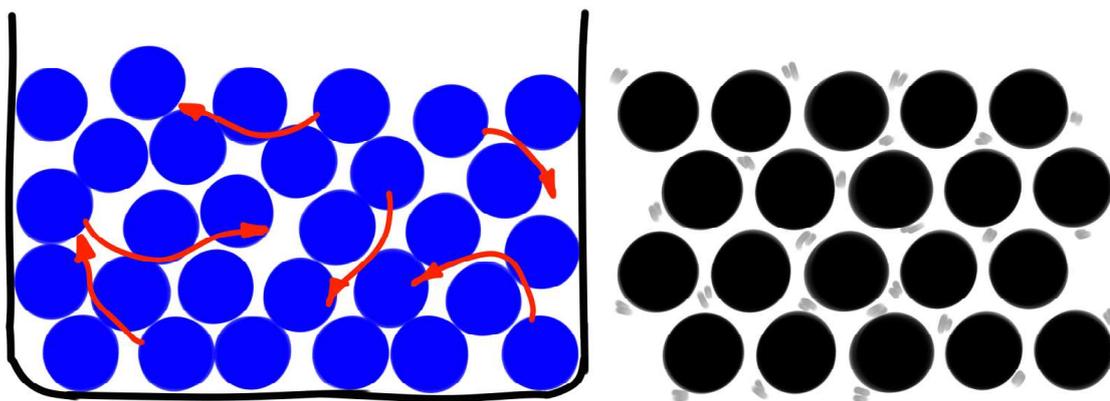


Рисунок 34 – Пример для Температура: тут одно и то же вещество. Слева молекулы **лучше** двигаются \Rightarrow слева кинетическая энергия молекул **больше** \Rightarrow слева Температура **больше**.





Абсолютная Температура (T [K]) – температура, ноль которой соответствует неподвижности молекул. (рис.35)

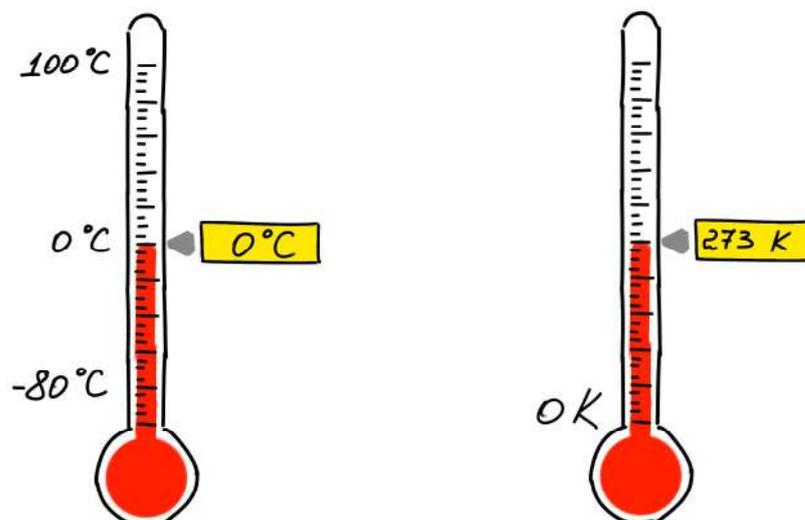


Рисунок 35 – Пример для Абсолютная Температура: в жизни удобны °С, в Физике – К

Уравнение Менделеева-Клапейрона – связь важных параметров: P , V , T . (рис.36)

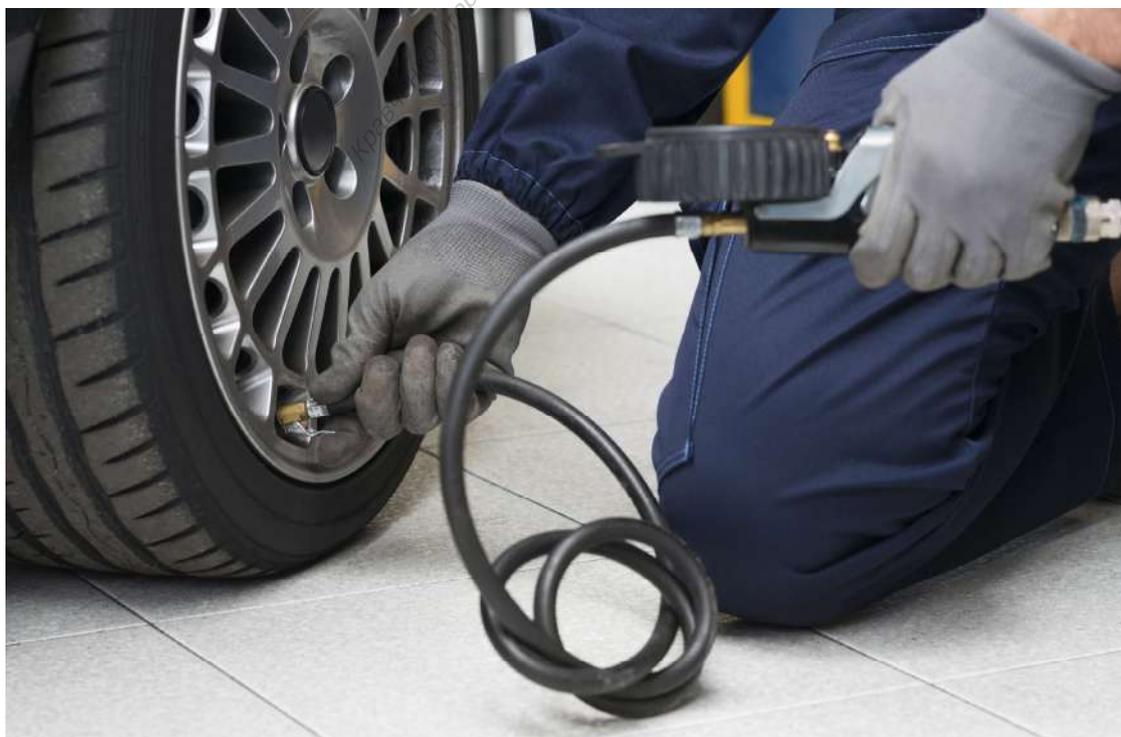


Рисунок 36 – Пример для Уравнение Менделеева-Клапейрона: в колесе был воздух. Далее подкачиваем еще воздух \Rightarrow масса газа в колесе \uparrow , но объем увеличиваться не может тут \Rightarrow (при постоянной температуре) давление \uparrow .





Внимание. В расчетах по **Уравнение Менделеева-Клапейрона** всегда проверять M .

Уравнение состояния идеального газа – связь P , V , T нескольких газов (получена из **Уравнение Менделеева-Клапейрона**). (рис.37)



Рисунок 37 – Пример для «**Уравнение состояния идеального газа**»: при одинаковых температуре/газах/массах: **давление «малого» газа** > **давление «большого» газа**. Тут справа давление больше (при одинаковых температуре/газах/массах).

Парциальное давление – давление одного-отдельного газа смеси в объеме, занимаемом всей смесью. (рис.38)



Рисунок 38 – Пример для **Парциальное давление**: слева смесь. Убираем «оранжевый газ». Остался «серый газ». «серый газ» создает тут как раз свое **парциальное давление**.



Закон Дальтона – правило, помогающее рассчитывать смеси газов:

« Давление смеси газов = **сумма** Парциальных давлений »

(рис.39)

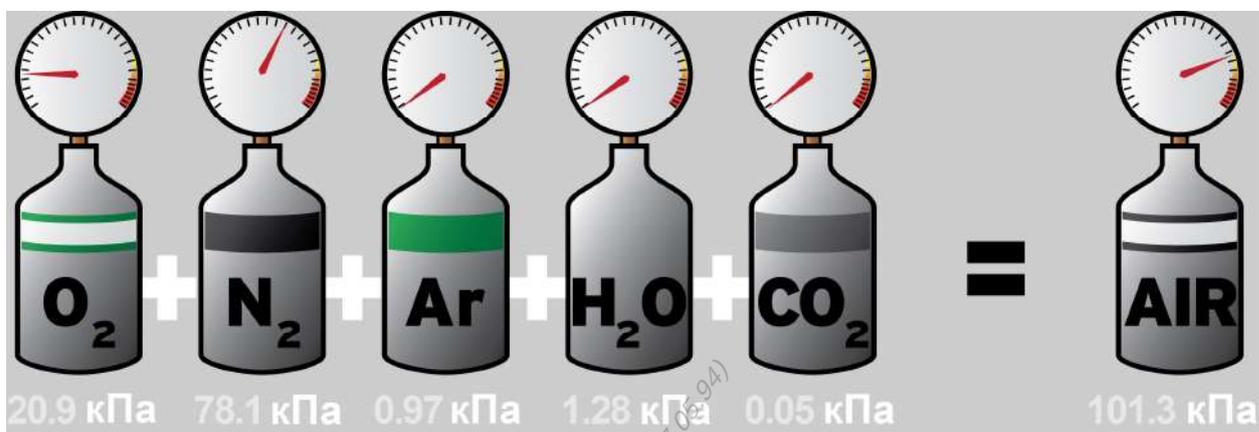


Рисунок 39 – Пример для **Закон Дальтона**: смешиваем / заталкиваем в один баллон все газы. **Закон Дальтона** выполняется.

Внимание. В расчетах по **Закон Дальтона** всегда проверять **M**.

Термодинамический процесс (процесс) – это изменение **P** или **V** или **T** газа с течением времени. (рис.40)



Рисунок 40 – Пример для **процесс**: (например, $T = \text{const}$) $V \downarrow \Rightarrow$ **частицы чаще толкают стенки, значит $P \uparrow$**

Изопроеесс – процесс, где один макропараметр (или P , или V , или T) постоянен. (рис.41)

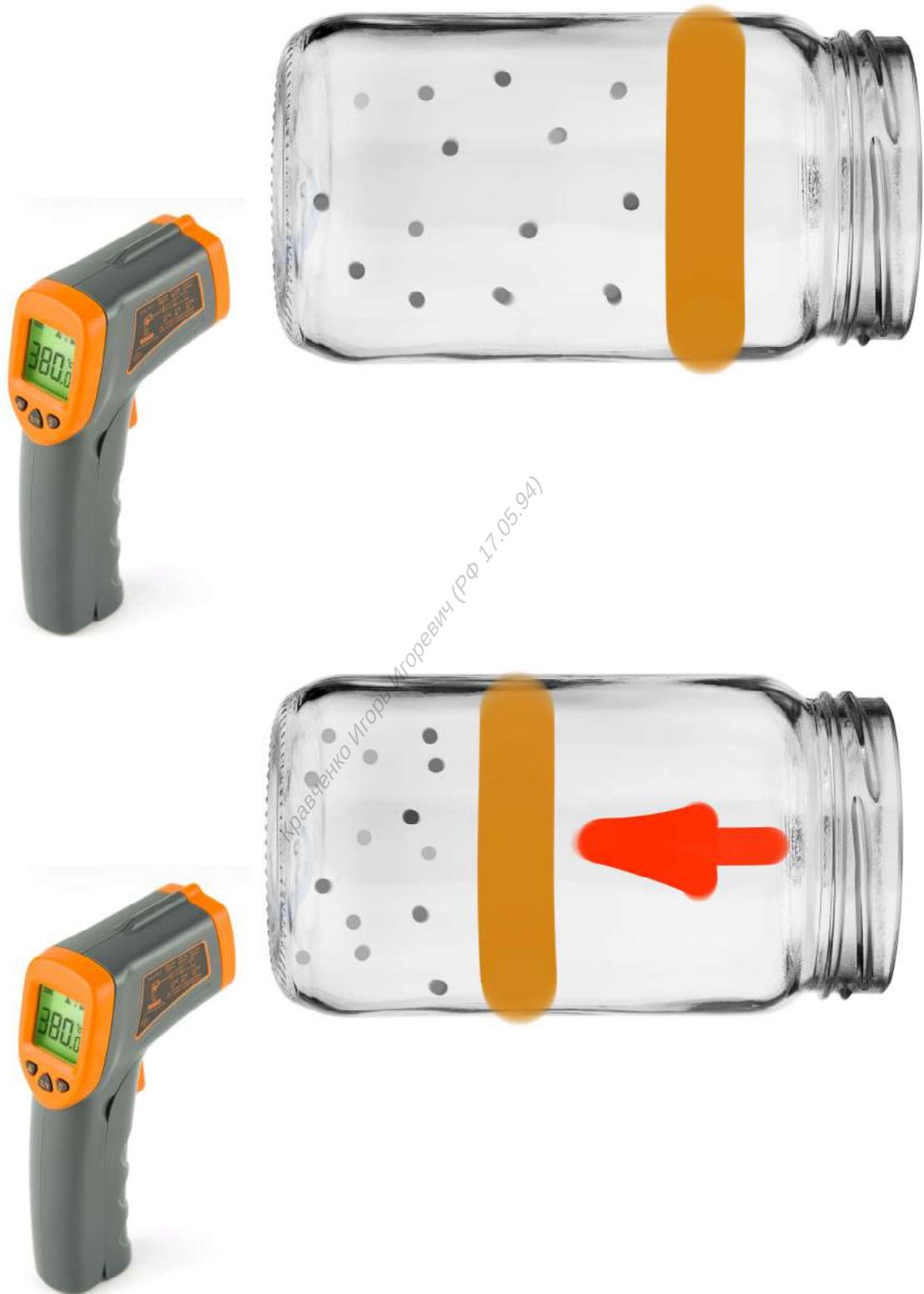


Рисунок 41 – Пример для **Изопроеесс**: $V \downarrow \Rightarrow$ частицы чаще толкают стенки, значит $P \uparrow$. Но видно, $T = \text{const}$, газ тут не остывает (по прибору).

Тут изопроеесс с постоянной температурой.



Виды Изопроцессов ($m = \text{const}$; $M = \text{const}$):

1. Изотермический ($T = \text{const}$): $PV = \text{const}$: (рис.42)



Рисунок 42 – Пример для Изотермический: **Температуру поддерживают постоянной.**



2. Изохорный ($V = \text{const}$): $P/T = \text{const}$: (рис.43)



Рисунок 43 – Пример для **Изохорный: Объем поддерживают постоянным.**

Что меняют?

3. Изобарный ($P = \text{const}$): $V/T = \text{const}$: (рис.44)



Рисунок 44 – Пример для **Изохорный: Давление поддерживают постоянным.** Что меняют?



Графики изопроцессов на PV-, PT-, VT- системах координат:

1. Изотермический ($T = \text{const}$): $PV = \text{const}$: (рис.45, 46)



Рисунок 45 – Пример для **Изотермический**: если нужно **сохранять T**, то **P** и **V** должны **меняться по данному графику**

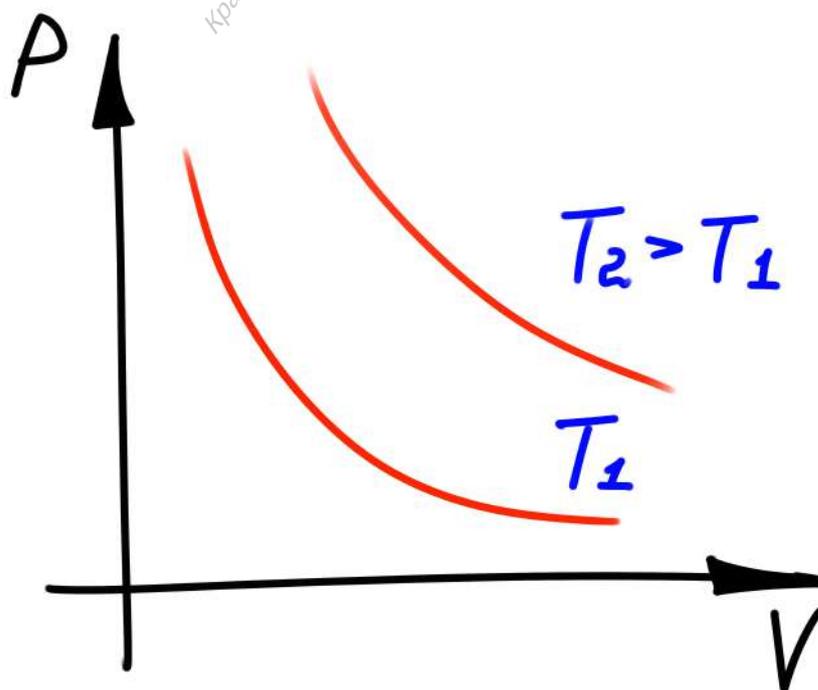


Рисунок 46 – Пример для **Изотермический**: **Для большей T** изотерма **дальше** от 0





2. **Изохорный** ($V = \text{const}$): $P/T = \text{const}$: (рис.47, 48)

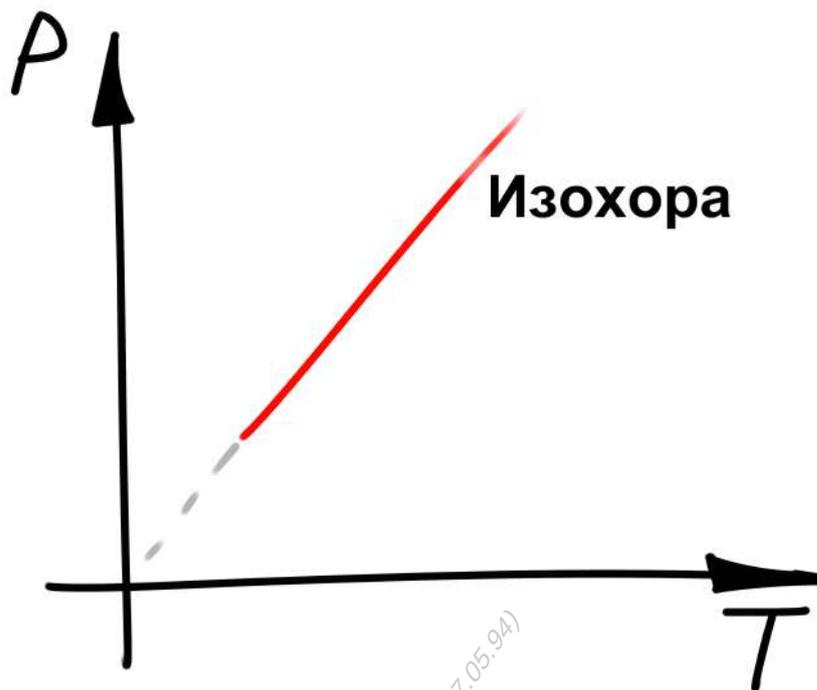


Рисунок 47 – Пример для **Изохорный**: если нужно **сохранять V**, то **P и T** должны **меняться по данному графику**

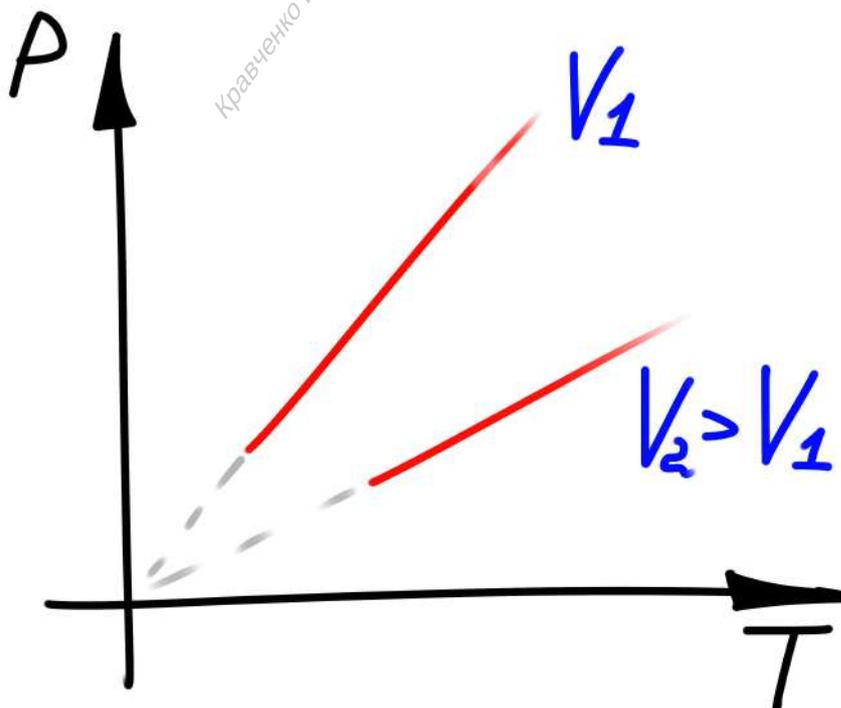


Рисунок 48 – Пример для **Изохорный**: **Для бóльшего V** **изохора ближе** к **оси T**





3. Изобарный ($P = \text{const}$): $V/T = \text{const}$: (рис.49, 50)

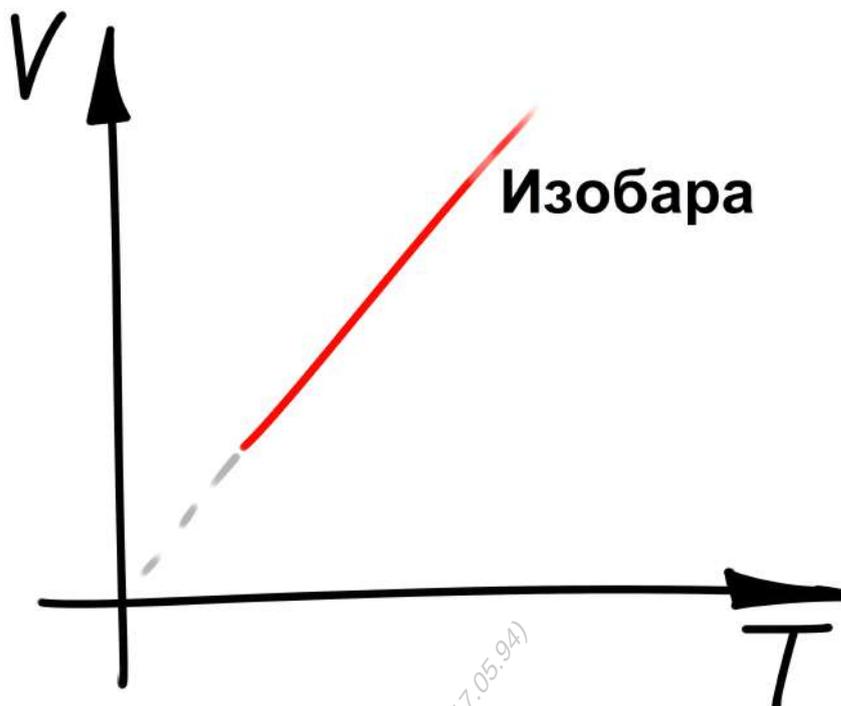


Рисунок 49 – Пример для **Изобарный**: если нужно **сохранять P**, то **V** и **T** должны меняться **по данному графику**

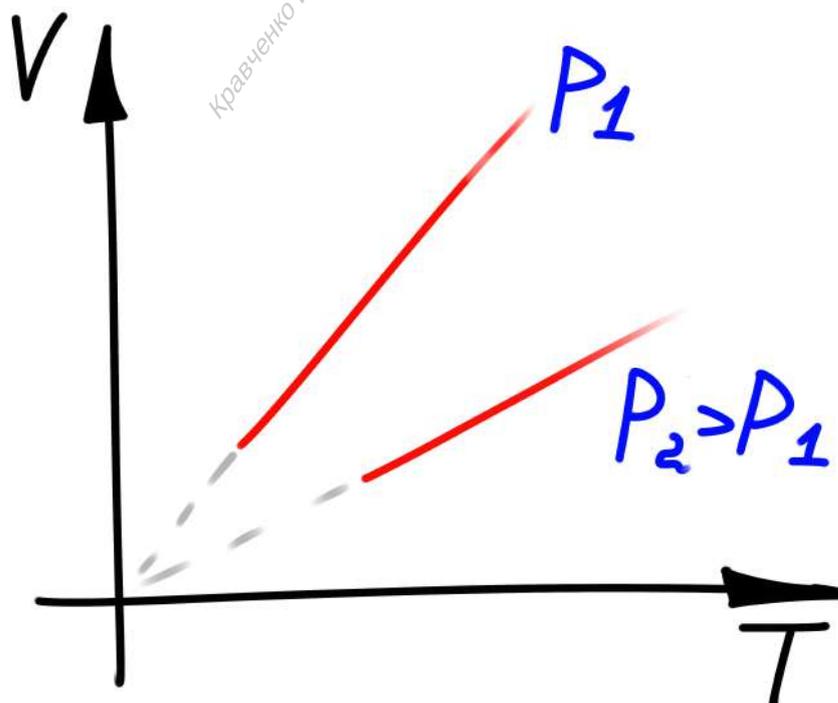


Рисунок 50 – Пример для **Изобарный**: **Для большего P** изобара **ближе** к оси

T





Пар – газ, в который превратилась жидкость. (рис.51)



Рисунок 51 – Пример для **Пар**: Вода в банке под крышкой. Любая жидкость превращается в пар при любой температуре, везде

Внимание. Газ ; пар невооруженным зрением **увидеть невозможно**. (рис.52)



Рисунок 52 – Пример для пар **увидеть невозможно**: молекулы воды вылетают из жидкости, но мы это не видим





Виды паров:

1. **Насыщенный:** пар не может больше вмещать в себя молекулы жидкости. (рис.53)

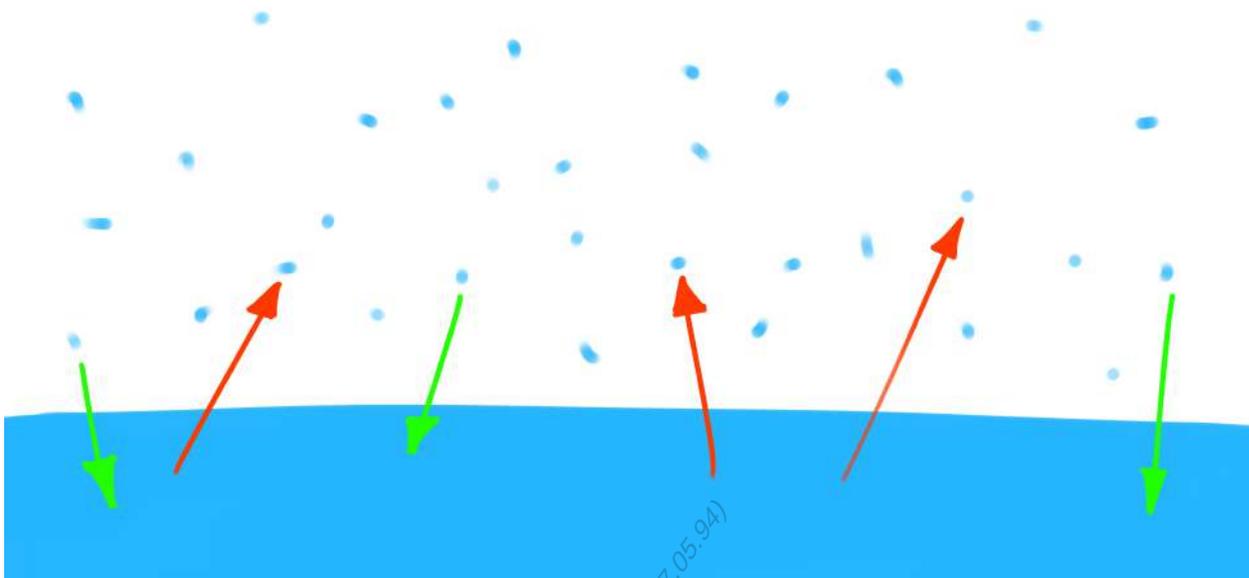


Рисунок 53 – Пример для **Насыщенный пар:** если жидкость отдает молекулы, то пар возвращает **столько же** в жидкость (Динамическое равновесие)

2. **Ненасыщенный:** пар может больше вмещать в себя молекулы жидкости. (рис.54)

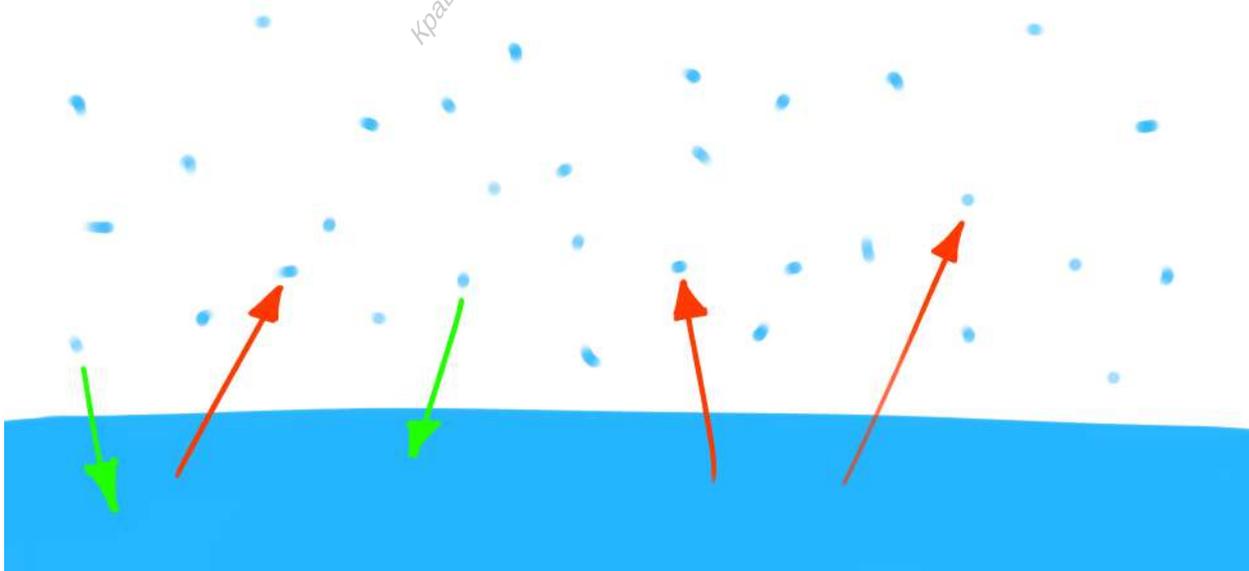


Рисунок 54 – Пример для **Ненасыщенный пар:** если жидкость отдает молекулы, то пар возвращает **меньше молекул** в жидкость





Внимание. $\uparrow T$ жидкости приводит к тому, что молекулы активнее покидают жидкость.

График $P(T)$ пара: (рис.55)



Рисунок 55 – Пример для Графики $P(T)$ пара:

Участок 1-2: $\uparrow T \Rightarrow \uparrow$ скорости молекул пара; \uparrow количество молекул пара $\Rightarrow \uparrow P$ пара неравномерно. (Жидкость есть «в банке»)

Участок 2-3: $\uparrow T \Rightarrow \uparrow$ скорости молекул пара; \sim количество молекул пара $\Rightarrow \uparrow P$ пара равномерно. (Жидкости нет «в банке»)

График $n(T)$ насыщенного пара (Жидкость есть «в банке»): (рис.56)

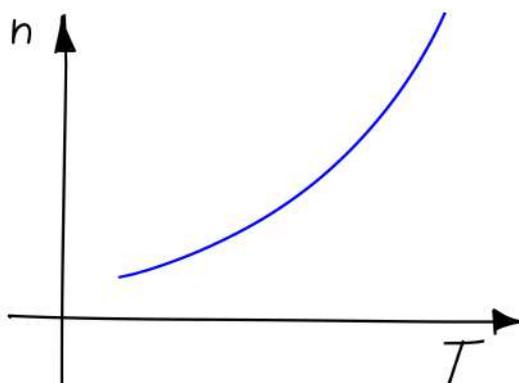


Рисунок 56 – Пример для График $n(T)$ насыщенного пара: с ростом температуры концентрация пара увеличивается стремительно: $\uparrow T \Rightarrow \uparrow\uparrow n$



**Зависимость плотности насыщенного пара от температуры**

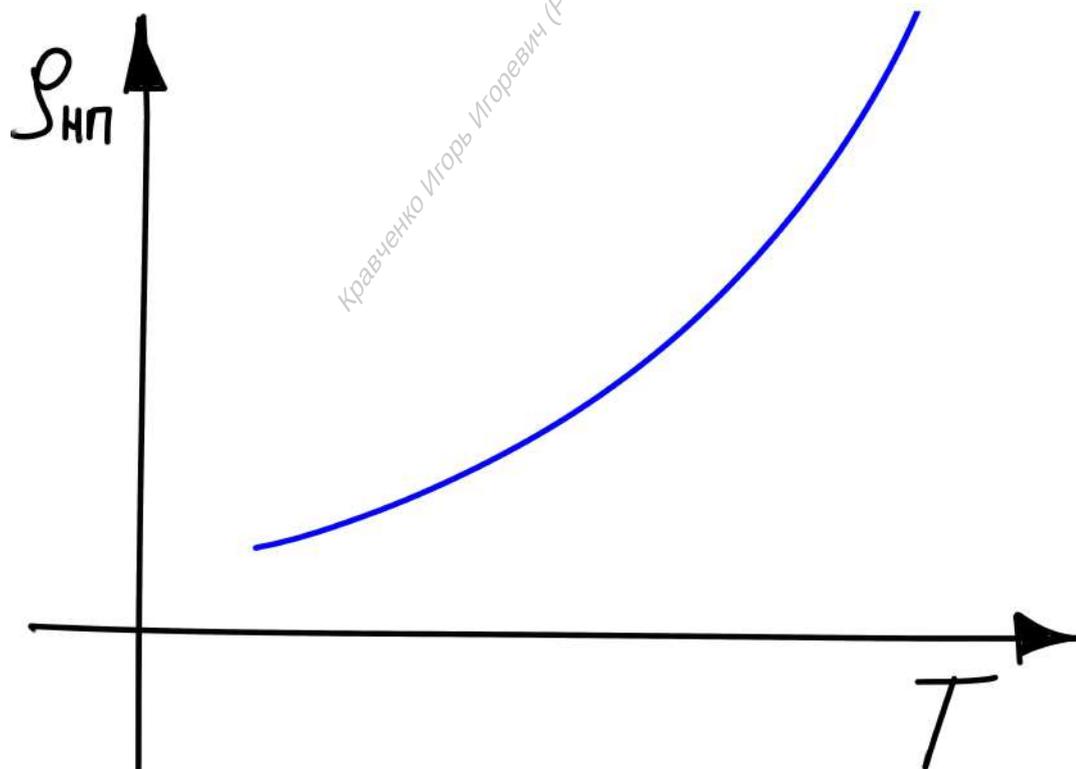
(качественная):

Внимание.

$$\rho_{\text{нп}} = \frac{m}{V} = \frac{m_0 N}{V} = m_0 n$$

Тогда с увеличением температуры:

$$\uparrow\uparrow \rho_{\text{нп}} = m_0 n \uparrow\uparrow$$

График $\rho_{\text{нп}}(T)$ насыщенного пара (**Жидкость есть** «в банке»): (рис.57)Рисунок 57 – Пример для **График $\rho_{\text{нп}}(T)$ насыщенного пара:**

$$\uparrow T \Rightarrow \uparrow\uparrow n \Rightarrow \uparrow\uparrow \rho_{\text{нп}}$$



**Зависимость давления насыщенного пара от температуры**

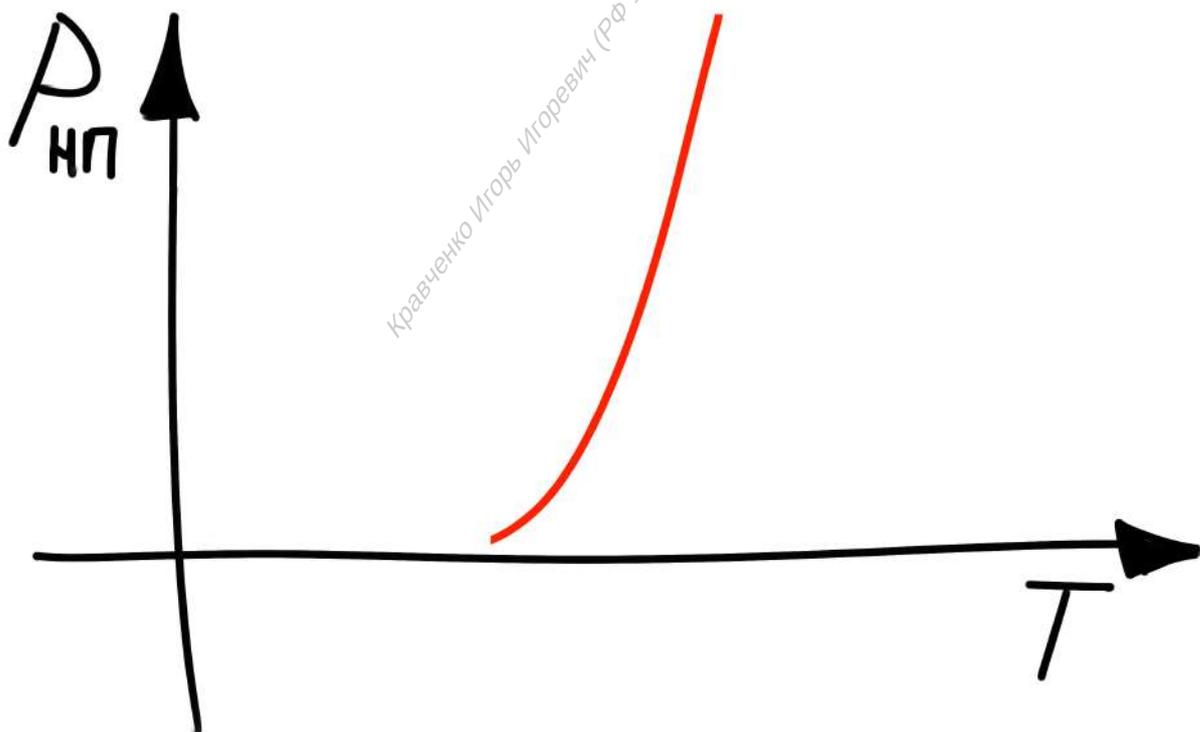
(качественная):

Внимание.

$$P_{\text{нп}} = nkT$$

Тогда с увеличением температуры:

$$\uparrow\uparrow\uparrow P_{\text{нп}} = \uparrow\uparrow nkT \uparrow$$

График $P_{\text{нп}}(T)$ насыщенного пара (Жидкость есть «в банке»): (рис.58)Рисунок 58 – Пример для **График $P_{\text{нп}}(T)$ насыщенного пара:**

$$\uparrow T \Rightarrow \uparrow\uparrow n \Rightarrow \uparrow\uparrow\uparrow P_{\text{нп}}$$

Внимание. $\rho_{\text{нп}}$ и $P_{\text{нп}}$ не зависят от объема пара.

**Таблица $P_{\text{нп}}(T)$ и $\rho_{\text{нп}}(T)$ для насыщенного водяного пара:**

$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{мм. рт.ст.}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{мм. рт.ст.}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$
-20,0	0,8	0,10	1,5				
-19,0	0,9	0,11	1,5	21,0	18,7	2,49	18,3
-18,0	0,9	0,12	1,6	22,0	19,8	2,64	19,4
-17,0	1,0	0,14	1,7	23,0	21,1	2,81	20,5
-16,0	1,1	0,15	1,8	24,0	22,4	2,98	21,7
-15,0	1,2	0,17	1,9	25,0	23,8	3,17	23,0
-14,0	1,4	0,18	2,0	26,0	25,2	3,36	24,3
-13,0	1,5	0,20	2,2	27,0	26,7	3,57	25,7
-12,0	1,6	0,22	2,3	28,0	28,4	3,78	27,2
-11,0	1,8	0,24	2,4	29,0	30,0	4,01	28,8
-10,0	1,9	0,26	2,6	30,0	31,8	4,24	30,4
-9,0	2,1	0,28	2,8	31,0	33,7	4,49	32,0
-8,0	2,3	0,31	2,9	32,0	35,7	4,75	33,8
-7,0	2,5	0,34	3,1	33,0	37,7	5,03	35,7
-6,0	2,8	0,37	3,3	34,0	39,9	5,32	37,6
-5,0	3,0	0,40	3,6	35,0	42,2	5,62	39,6
-4,0	3,3	0,44	3,8	36,0	44,6	5,94	41,7
-3,0	3,6	0,48	4,0	37,0	47,1	6,28	43,9
-2,0	3,9	0,52	4,3	38,0	49,7	6,62	46,2
-1,0	4,2	0,56	4,6	39,0	52,4	6,99	48,6
0,0	4,6	0,61	4,9	40,0	55,3	7,38	51,2
1,0	4,9	0,66	5,3	41,0	58,3	7,78	53,8
2,0	5,3	0,71	5,6	42,0	61,5	8,20	56,5
3,0	5,7	0,76	6,0	43,0	64,8	8,64	59,4
4,0	6,1	0,81	6,4	44,0	68,3	9,10	62,3
5,0	6,5	0,87	6,8	45,0	71,9	9,58	65,4
6,0	7,0	0,93	7,3	46,0	75,7	10,09	68,6
7,0	7,5	1,00	7,7	47,0	79,6	10,61	72,0
8,0	8,1	1,07	8,3	48,0	83,7	11,16	75,5
9,0	8,6	1,15	8,8	49,0	88,0	11,74	79,1
10,0	9,2	1,23	9,4	50,0	92,5	12,33	82,8
11,0	9,8	1,31	10,0	51,0	97,2	12,96	86,8
12,0	10,5	1,40	10,6	52,0	102,1	13,61	90,8
13,0	11,2	1,50	11,3	53,0	107,2	14,29	95,1
14,0	12,0	1,60	12,0	54,0	112,5	15,00	99,5
15,0	12,8	1,71	12,8	55,0	118,0	15,73	104,0
16,0	13,6	1,82	13,6	56,0	123,8	16,51	108,8
17,0	14,5	1,94	14,4	57,0	129,8	17,31	113,7
18,0	15,5	2,06	15,3	58,0	136,1	18,15	118,8
19,0	16,5	2,20	16,3	59,0	142,6	19,01	124,1
20,0	17,5	2,34	17,3	60,0	149,4	19,92	129,5





$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{мм. рт.ст.}$	$p, \text{кПа}$	$\rho, \text{г/м}^3$
61,0	156,4	20,85	135,2
62,0	163,8	21,84	141,1
63,0	171,4	22,85	147,2
64,0	179,3	23,91	153,5
65,0	187,5	25,00	160,1
66,0	196,1	26,15	166,8
67,0	205,0	27,33	173,9
68,0	214,2	28,56	181,1
69,0	223,7	29,83	188,6
70,0	233,7	31,16	196,4
71,0	243,9	32,52	204,4
72,0	254,6	33,95	212,7
73,0	265,7	35,43	221,3
74,0	277,2	36,96	230,1
75,0	289,1	38,55	239,3
76,0	301,4	40,19	248,7
77,0	314,1	41,88	258,5
78,0	327,3	43,64	268,6
79,0	341,0	45,47	279,0
80,0	355,1	47,35	289,7
81,0	369,7	49,29	300,8
82,0	384,9	51,32	312,2
83,0	400,6	53,41	324,0
84,0	416,8	55,57	336,2
85,0	433,6	57,81	348,7
86,0	450,9	60,12	361,6
87,0	468,7	62,49	374,9
88,0	487,1	64,95	388,6
89,0	506,1	67,48	402,8
90,0	525,8	70,10	417,3
91,0	546,1	72,81	432,3
92,0	567,0	75,60	447,7
93,0	588,6	78,48	463,6
94,0	610,9	81,45	480,0
95,0	633,9	84,52	496,8
96,0	657,6	87,68	514,1
97,0	682,1	90,94	531,9
98,0	707,3	94,30	550,2
99,0	733,2	97,76	569,1
100,0	760,0	101,33	588,5

Точка росы (T_p [$^\circ\text{C}$]) – температура, где пар с данным давлением превращается из **ненасыщенного** в **насыщенный** (и наоборот). (рис.59)



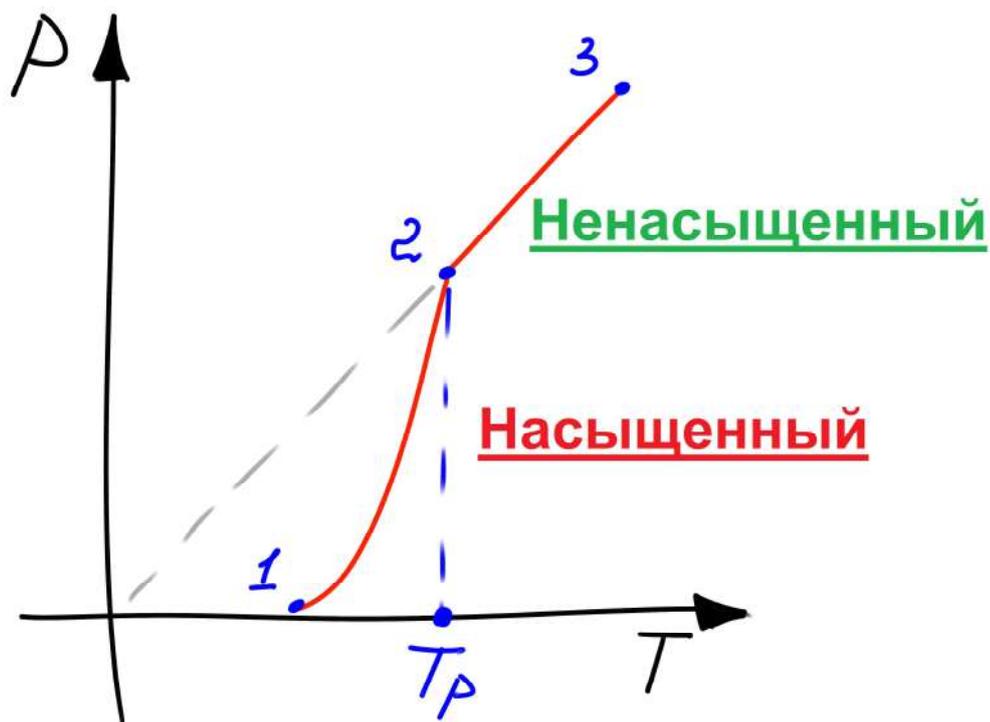


Рисунок 59 – Пример для **Точка росы: температура росы** в точке перехода паров

Влажность воздуха – характеристика, показывающая как воздух заполнен паром воды. (рис.60)



Рисунок 60 – Пример для **Влажность воздуха**: если условия одинаковы, то « где воздух наполнен **лучше**, там влажность **больше** »





Виды Влажность воздуха:

1. Абсолютная (ρ_p [кг/м³]) = массовая плотность пара. (рис.61)



Рисунок 61 – Пример для **Абсолютная Влажность воздуха**: слева масса пара меньше, объемы одинаковы. Где Абсолютная Влажность больше?

2. Относительная (ϕ [.. ; %]) = наполненность воздуха паром по отношению к максимально влажному состоянию воздуха при данных условиях. (рис.62)



Рисунок 62 – Пример для **Относительная Влажность воздуха**: слева масса пара меньше, объемы одинаковы, **один** из паров **насыщенный**. Где **насыщенный** пар? Где **Относительная Влажность** больше?





Внимание. В атмосфере смесь разных паров и газов. (рис.63)

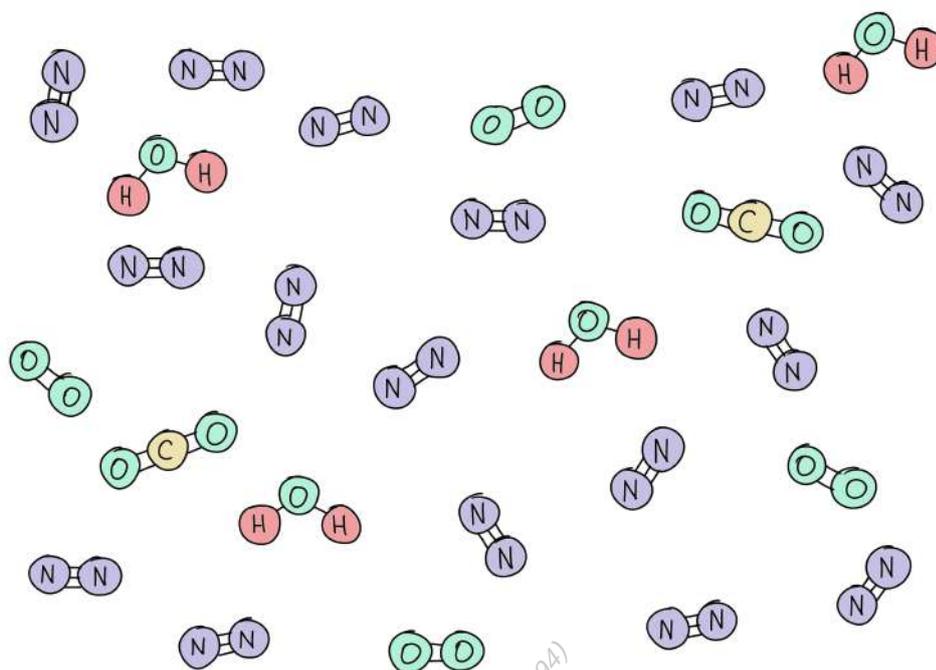


Рисунок 63 – Пример для **В атмосфере смесь:** газы ; пары совместно давят на окружающие тела

Парциальное давление водяного пара (P_n [Па]) – давление **ТОЛЬКО** от водяного пара в воздухе. (рис.64)

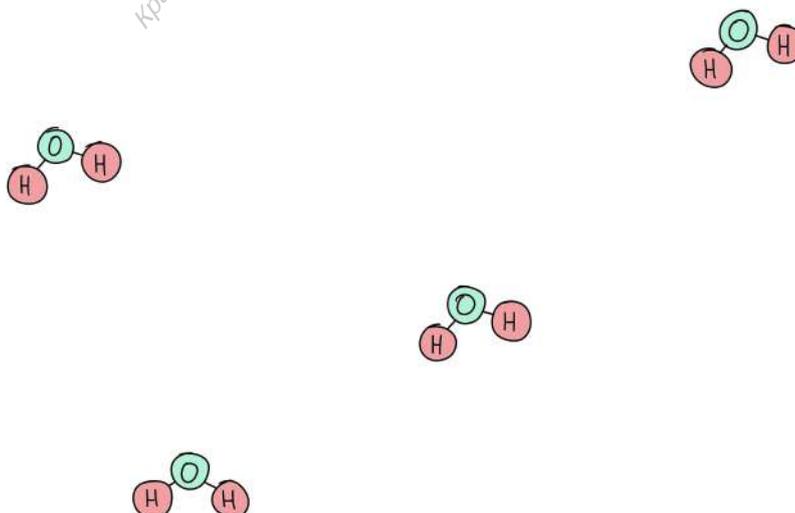


Рисунок 64 – Пример для **Парциальное давление водяного пара:** водяной пар выделен из смеси, тут давление только от него



Туман – мелкие капли жидкости в воздухе. (рис.65, 66)



Рисунок 65 – Пример для Туман: капельная жидкость мешает свету



Рисунок 66 – Пример для Туман: тут жидкость → пар → туман

Внимание. Туман ≠ Пар!!!



Изменение агрегатного состояния вещества – превращение тела:

« **одно агрегатное** состояние → **другое агрегатное** состояние »

(рис.67)



Рисунок 67 – Пример для **Изменение агрегатного состояния вещества:**
тает лед, твердое → жидкое

Внимание. При **Изменение агрегатного состояния вещества:**

« **T = const** »



Переходы «Ж→Г» и «Г→Ж»: (рис.68-70)



Рисунок 68 – Пример для Переходы «Ж→Г» и «Г→Ж»: жидкость может «исчезать из виду» / «появляться на пустом месте»



Рисунок 69 – Пример для Переходы «Ж→Г» и «Г→Ж»: лужа исчезнет



Рисунок 70 – Пример для Переходы «Ж→Г» и «Г→Ж»: вода **появляется** (воду не лили)

Виды парообразования:

1. **Испарение** – парообразование со свободной поверхности при любой температуре. (рис.71, 72)

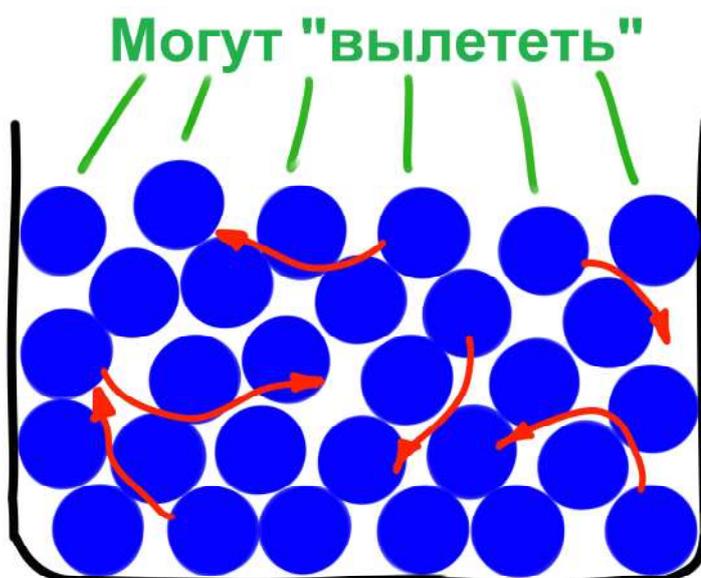


Рисунок 71 – Пример для **Испарение**: эти случайно всегда **вылетают**, превращение происходит **рядом со свободным пространством**





Внимание. Твердые тела могут испаряться.



Рисунок 72 – Пример для **Испарение**: лужа испаряется с верхних слоев

2. Кипение – парообразование по всему объёму жидкости при определенной температуре (и давлении). (рис.73)

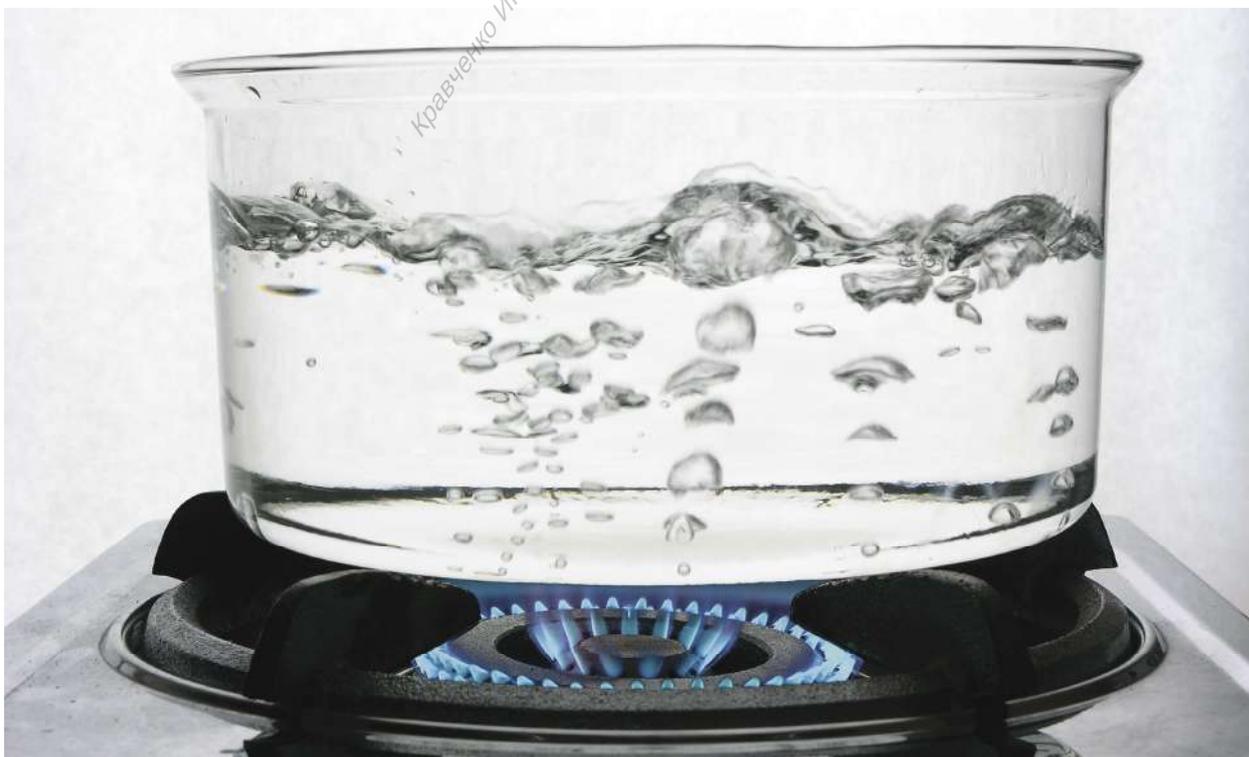


Рисунок 73 – Пример для **Кипение**: везде появляются «пустые шарики», в «пустых шариках» пар, «пустые шарики» всплывают / выносят пар из жидкости





Внимание. Условие кипения:

« давление насыщенного пара пузырька \geq давление вокруг жидкости »

(рис.74)



Рисунок 74 – Пример для Условие кипения: $P_{пуз} \geq P_{атм}$

Переходы «Т→Ж» и «Ж→Т»: (рис.75, 76)



Рисунок 75 – Пример для Переходы «Т→Ж» и «Ж→Т»: при определенной температуре





Рисунок 76 – Пример для Переходы «Т→Ж» и «Ж→Т»: магма отвердевает

Преобразование энергии в фазовых переходах: (рис.77)



Рисунок 77 – Пример для Преобразование энергии в фазовых переходах:

Энергия в твердом теле < **Энергия** в жидкости < **Энергия** в газе



ТЕРМОДИНАМИКА

Тепловое равновесие – состояние группы тел, где все макроскопические (макро-) параметры **неизменны** во времени. (рис.1, 2)



Рисунок 1 – Пример для **Тепловое равновесие**: смесь «кофе-молоко»; **НЕ** тепловое равновесие



Рисунок 2 – Пример для **Тепловое равновесие**: здесь тепловое **равновесие**;
 $P = \text{const}$; $V = \text{const}$; $T = \text{const}$;





Температура (при тепловом равновесии) – макро-параметр, **одинаковый** везде в группе тел **при тепловом равновесии**. (рис.3)



Рисунок 3 – Пример для **Температура** (при тепловом равновесии):
термометры показывают **одно и то же**

Внутренняя энергия тела (U [Дж]):

« суммарная **кинетическая энергия** движения частиц
+
суммарная **потенциальная энергия** взаимодействия частиц друг с другом »

(рис.4, 5)



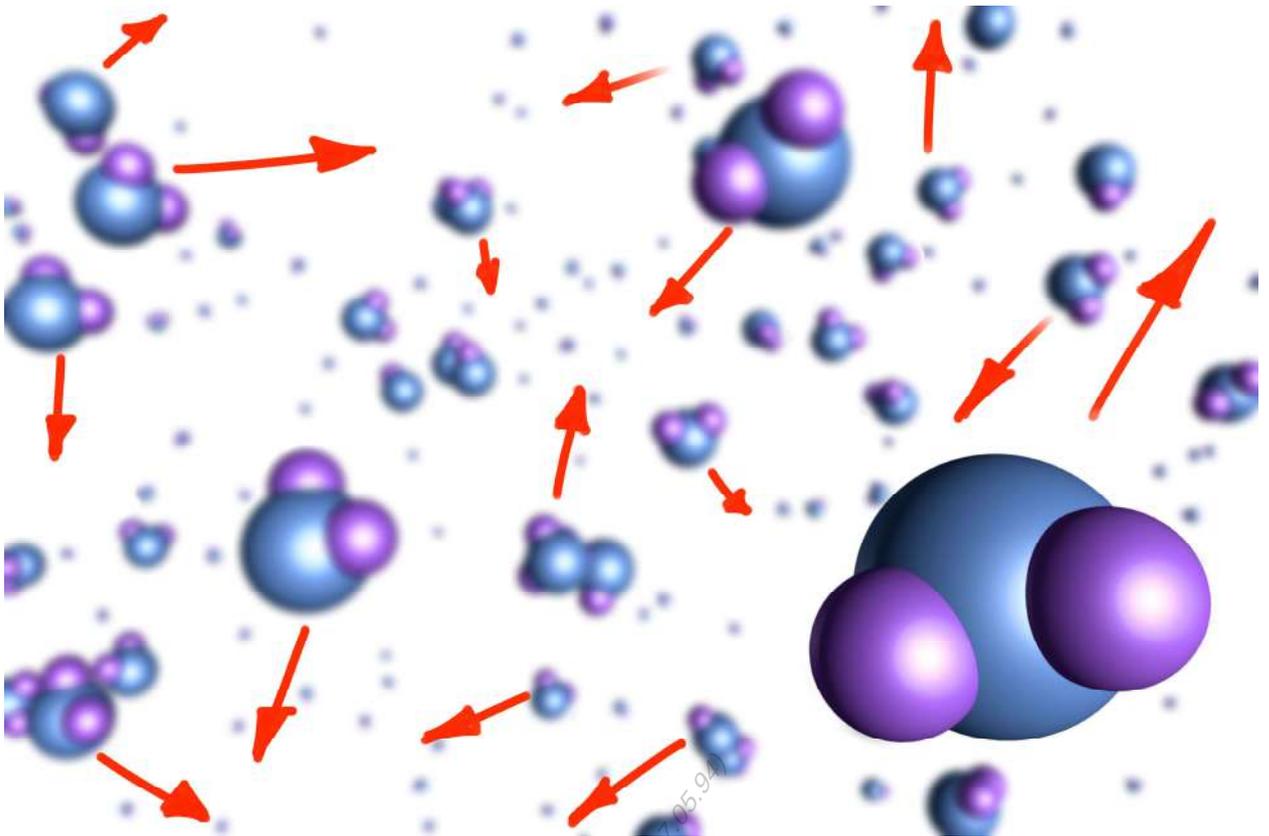


Рисунок 4 – Пример для **Внутренняя энергия тела: малые массы движутся**

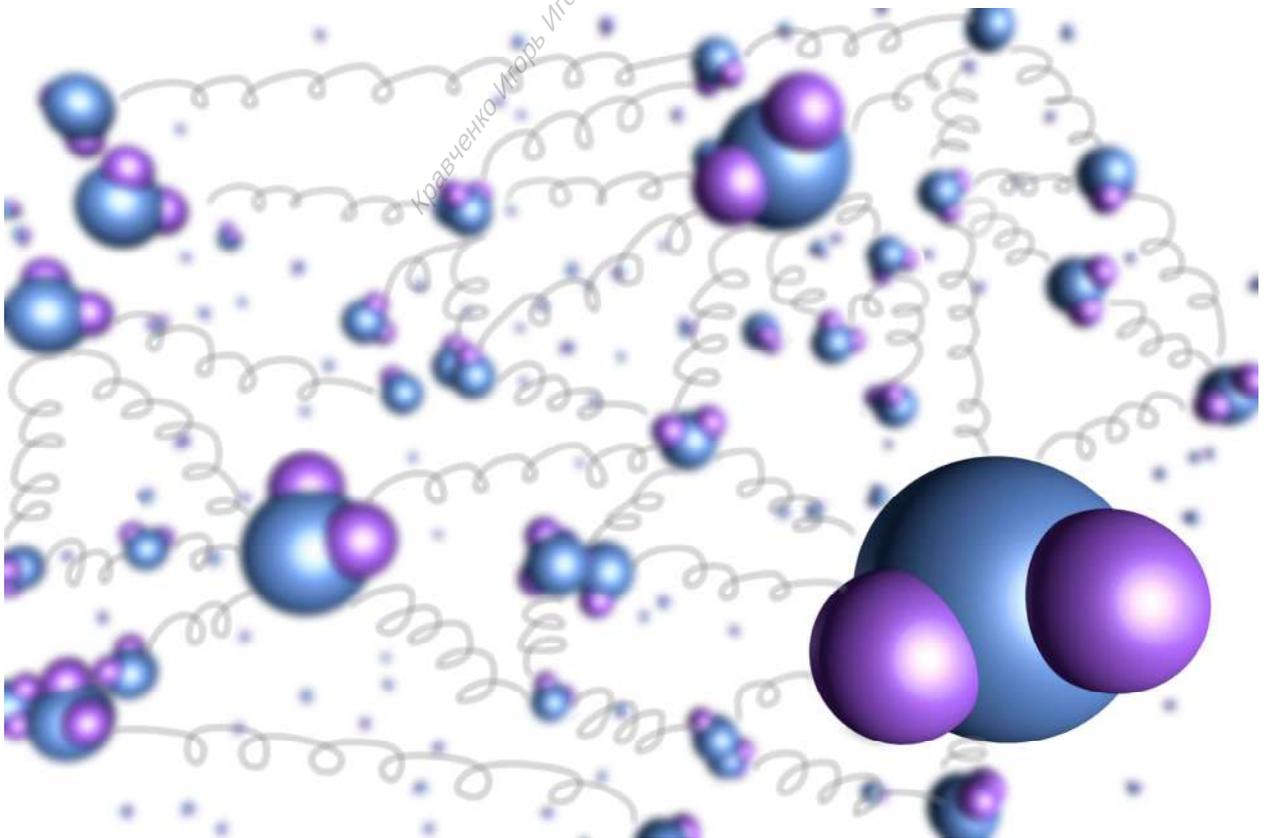


Рисунок 5 – Пример для **Внутренняя энергия тела: малые массы**
отталкиваются / притягиваются



Число степеней свободы (i [..]) – характеристика молекулы, показывающая сложность движения молекулы. (рис.6)

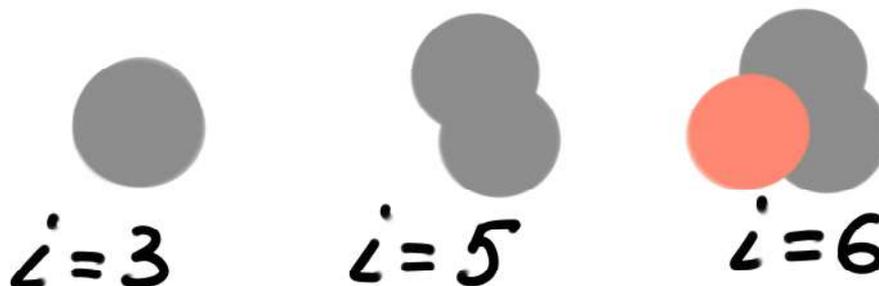


Рисунок 6 – Пример для **Число степеней свободы:**
многоатомные молекулы: $i = 6$

Теплопередача – переход внутренней энергии от « тела $\uparrow T$ » к « телу $\downarrow T$ » без механической работы. (рис.7, 8)



Рисунок 7 – Пример для **Теплопередача:** « батарея $\uparrow T$ » отдает энергию на « воздух, стену, пол $\downarrow T$ »



Внимание.

« **Теплообмен = Теплопередача** »

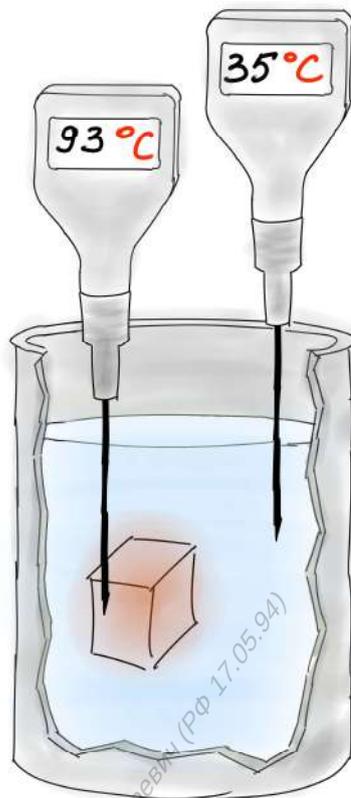


Рисунок 8 – Пример для **Теплопередача**: « **камень $\uparrow T$** » отдает энергию на « **воду $\downarrow T$** »

Виды Теплопередачи:

1. **Теплопроводность** – теплопередача из-за теплового движения и взаимодействия молекул тела. (рис.9-11)



Рисунок 9 – Пример для **Теплопроводность**: энергия передается **при контакте частей/тел**



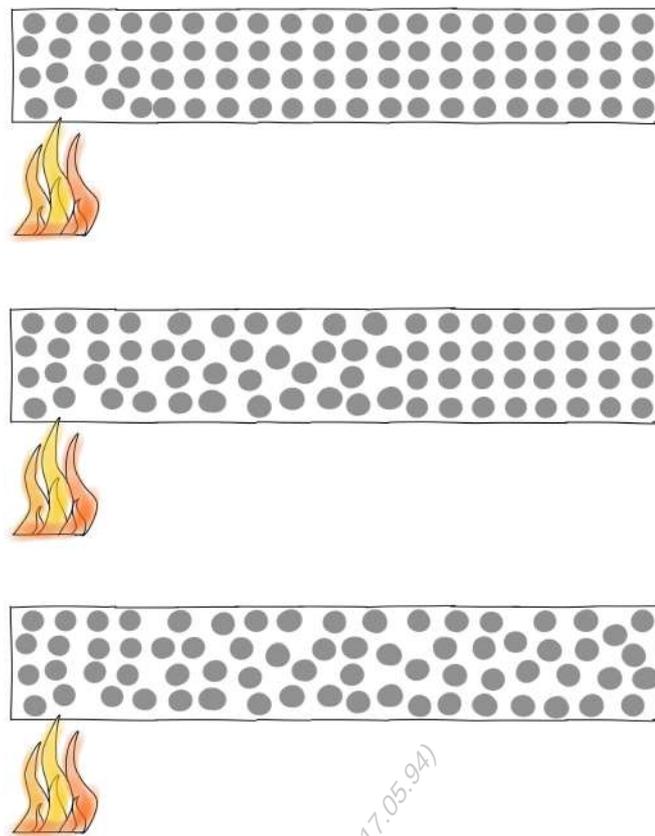


Рисунок 10 – Пример для **Теплопроводность: молекулы контактирующих частей/тел толкают друг друга**



Рисунок 11 – Пример для **Теплопроводность: молекулы передают энергию «дальше и дальше» через ближние молекулы**



2. **Конвекция** – теплопередача в жидкостях/газах потоками вещества.
(рис.12-14)

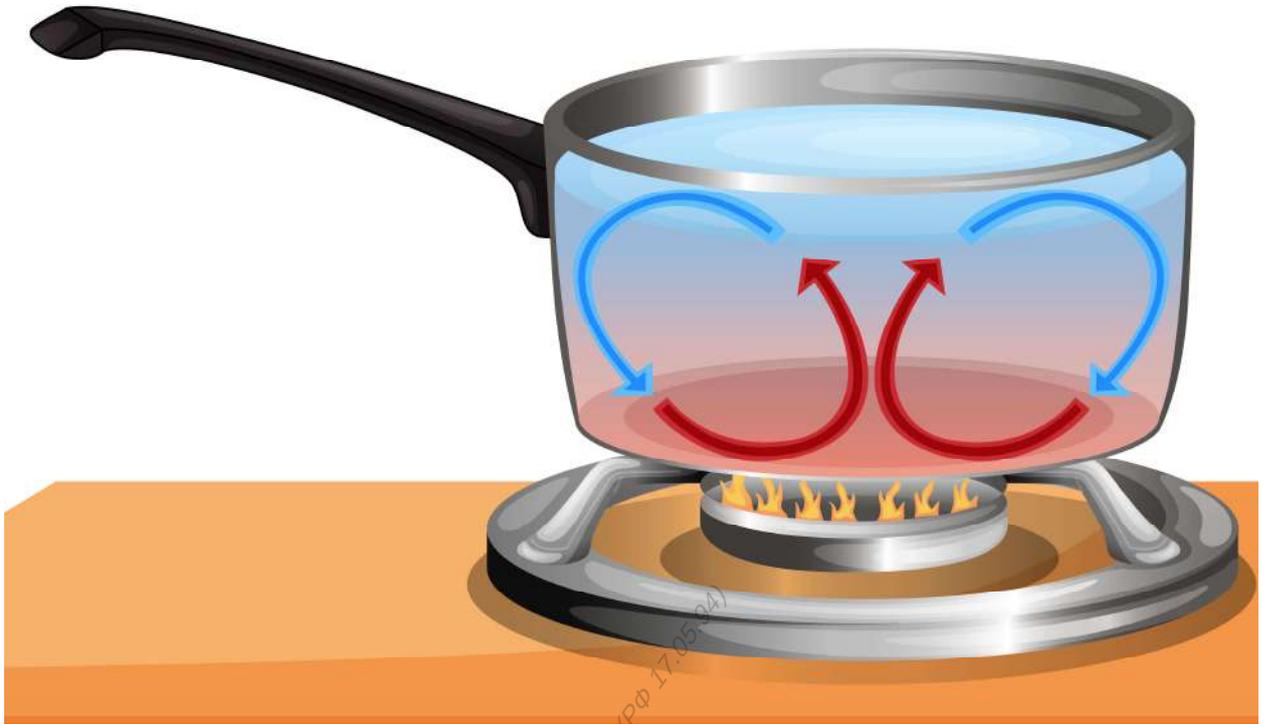


Рисунок 12 – Пример для **Конвекция**: энергия передается тем, что жидкость сама перемешивается



Рисунок 13 – Пример для **Конвекция**: нагретые части газа поднимаются силой Архимеда ⇒ течение вещества



Рисунок 14 – Пример для **Конвекция**: быстрая молекулы несут с собой энергию («мяч») «дальше и дальше» (туда, где мало энергии)

3. **Излучение** – теплопередача через вакуум электромагнитными волнами.
(рис.15-17)



Рисунок 15 – Пример для **Излучение**: энергия передается во все стороны

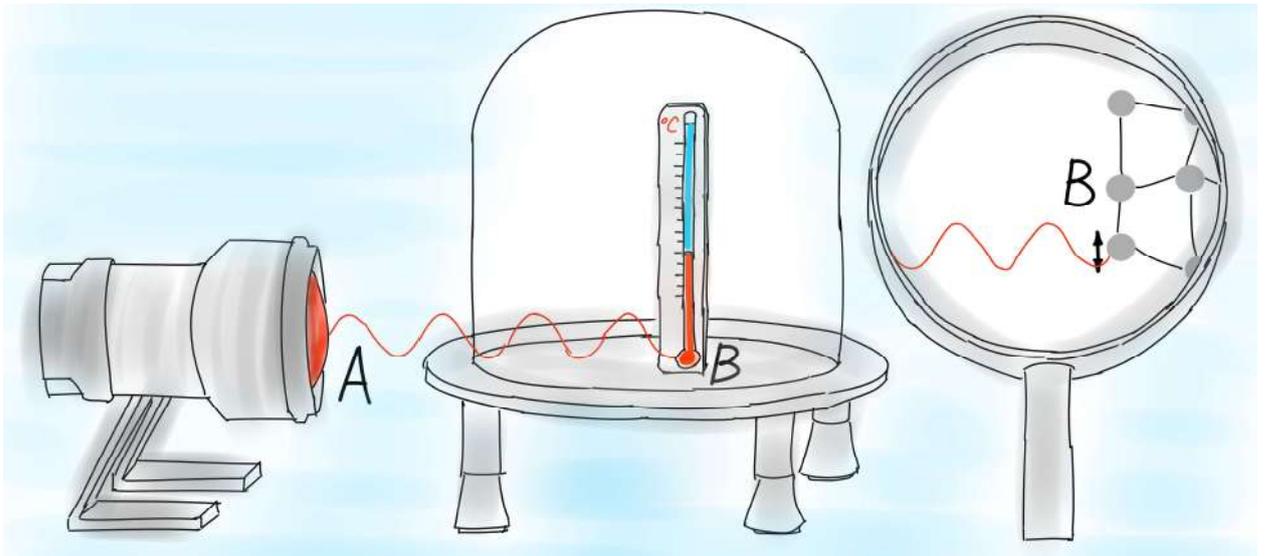


Рисунок 16 – Пример для **Излучение**: в банке вакуум. Волна от лампы « двигает » молекулы градусника $\Rightarrow T \uparrow$ градусника.



Рисунок 17 – Пример для **Излучение**: молекулы передают энергию («мяч») через пустоту на расстояниях

Количество теплоты (Теплота) (Q [Дж]) – энергия, передающаяся при теплопередаче. (рис.18)



Рисунок 18 – Пример для **Теплота**: **газ** отдает тепло. **Вода** принимает тепло.

Внимание.

« **Тепло = Теплота** »

Теплота нагрева тела (Q [Дж]) – Теплота для увеличения температуры тела. (рис.19)



Рисунок 19 – Пример для **Теплота нагрева тела**: металл получает **тепло** для **увеличения** своей температуры

Теплота остывания тела (Q [Дж]) – Теплота от уменьшения температуры тела. (рис.20)



Рисунок 20 – Пример для **Теплота остывания тела**: деталь отдает **тепло** при **уменьшении** своей температуры



Удельная теплоемкость вещества ($c [\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}]$) – характеристика вещества, показывающая « как много » теплоты нужно, чтобы нагреть 1 кг на 1 К (или: « как много » теплоты выйдет, если остынет 1 кг на 1 К). (рис.21, 22)

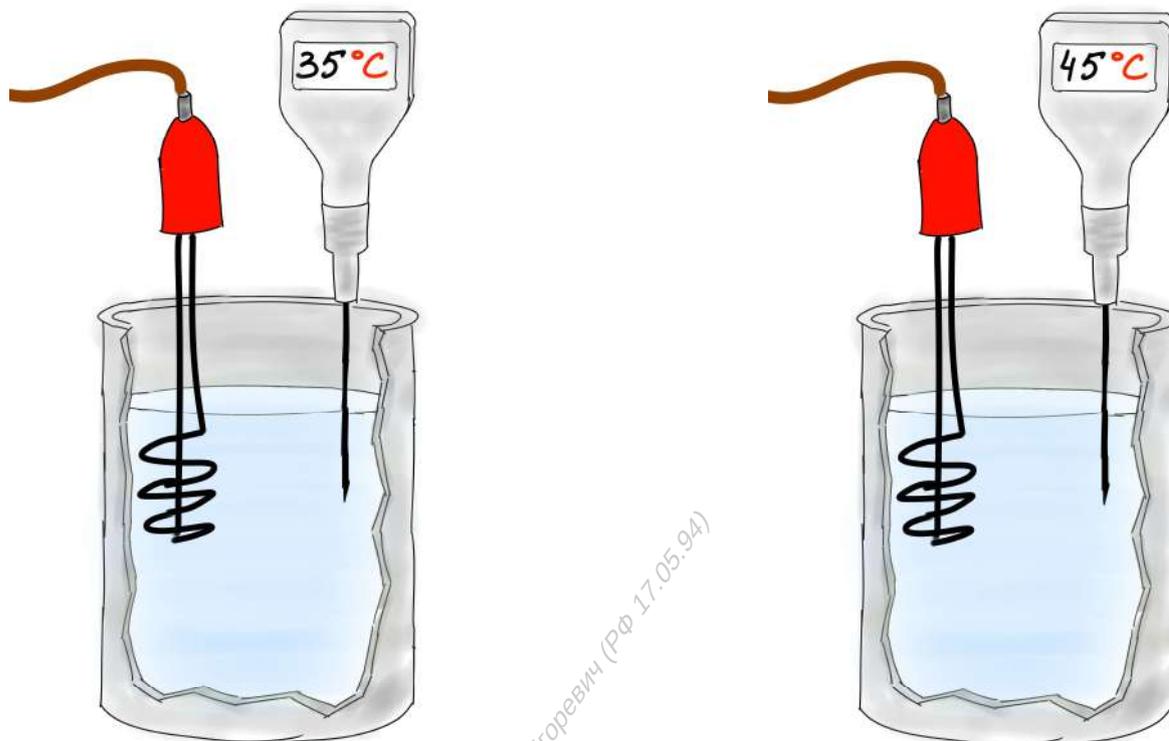


Рисунок 21 – Пример для Удельная теплоемкость вещества: нагреватель греет жидкость

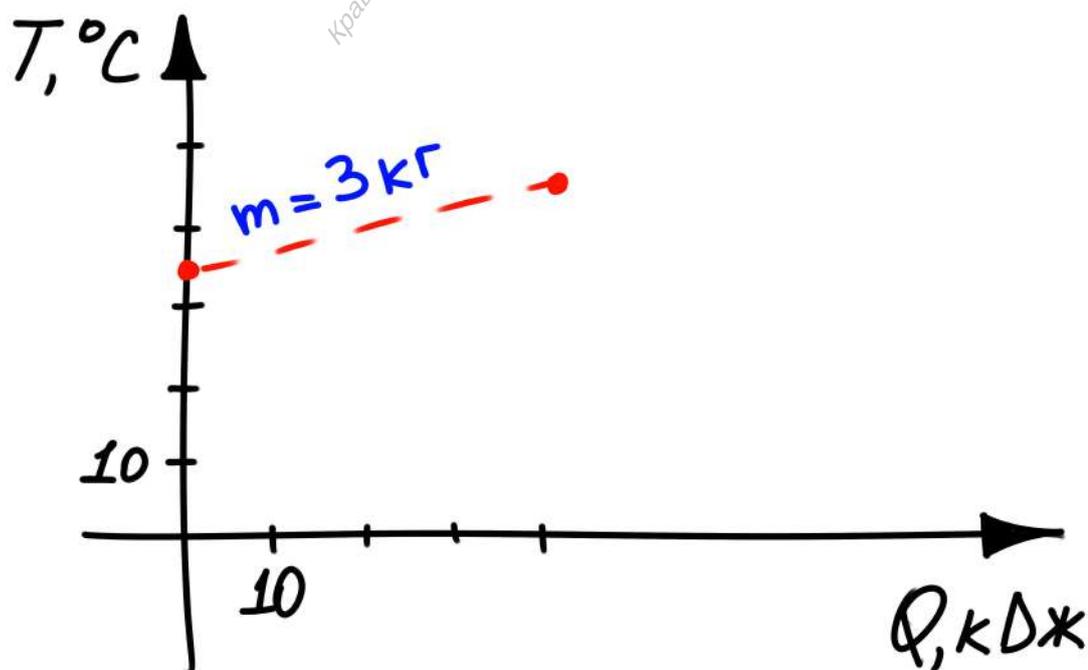


Рисунок 22 – Пример для Удельная теплоемкость вещества: нагрев видно, можно посчитать « c »





Теплоемкость тела ($C [\frac{\text{Дж}}{\text{К}}]$) – характеристика тела, показывающая « как много » теплоты нужно, чтобы нагреть на 1 К (или: « как много » теплоты выйдет, если остынет на 1 К). (рис.23)

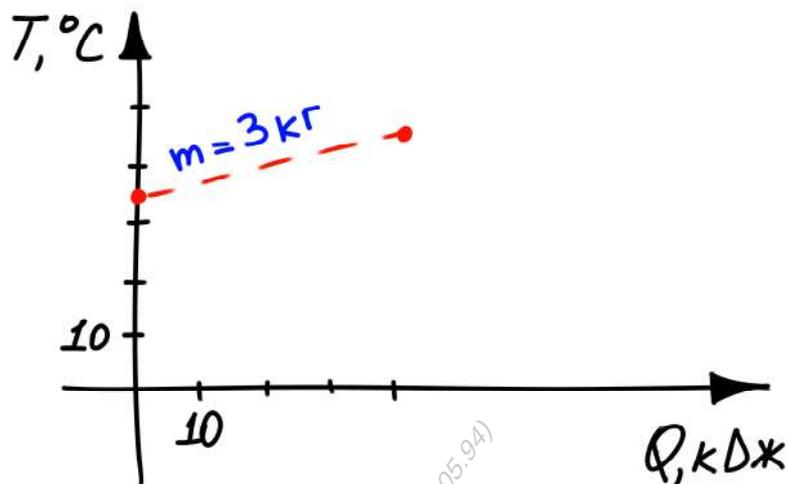


Рисунок 23 – Пример для Теплоемкость тела: тело массой 3 кг нагревается, как найти теплоемкость тела? (что означает « C »?)

Теплота парообразования ($Q [\text{Дж}]$) – Теплота для парообразования тела при температуре кипения. (рис.24)

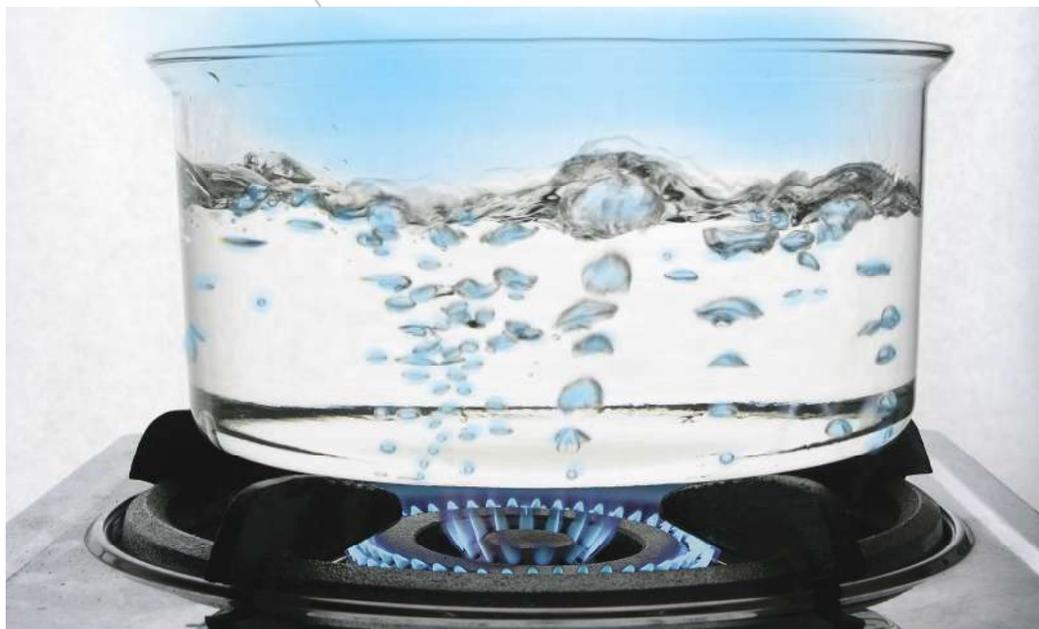


Рисунок 24 – Пример для Теплота парообразования: жидкость получает от огня тепло для превращения



Теплота конденсации (Q [Дж]) – Теплота от **конденсации** тела при температуре кипения. (рис.25)



Рисунок 25 – Пример для **Теплота парообразования**: пар конденсируется « белым облаком » и отдает тепло воздуху вокруг

Удельная теплота парообразования (r [$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$]) – характеристика вещества, показывающая « как много » теплоты нужно, чтобы превратить в пар 1 кг жидкости при температуре кипения (или: « как много » теплоты выйдет, если превратить в жидкость 1 кг пара при температуре кипения). (рис.26-27)

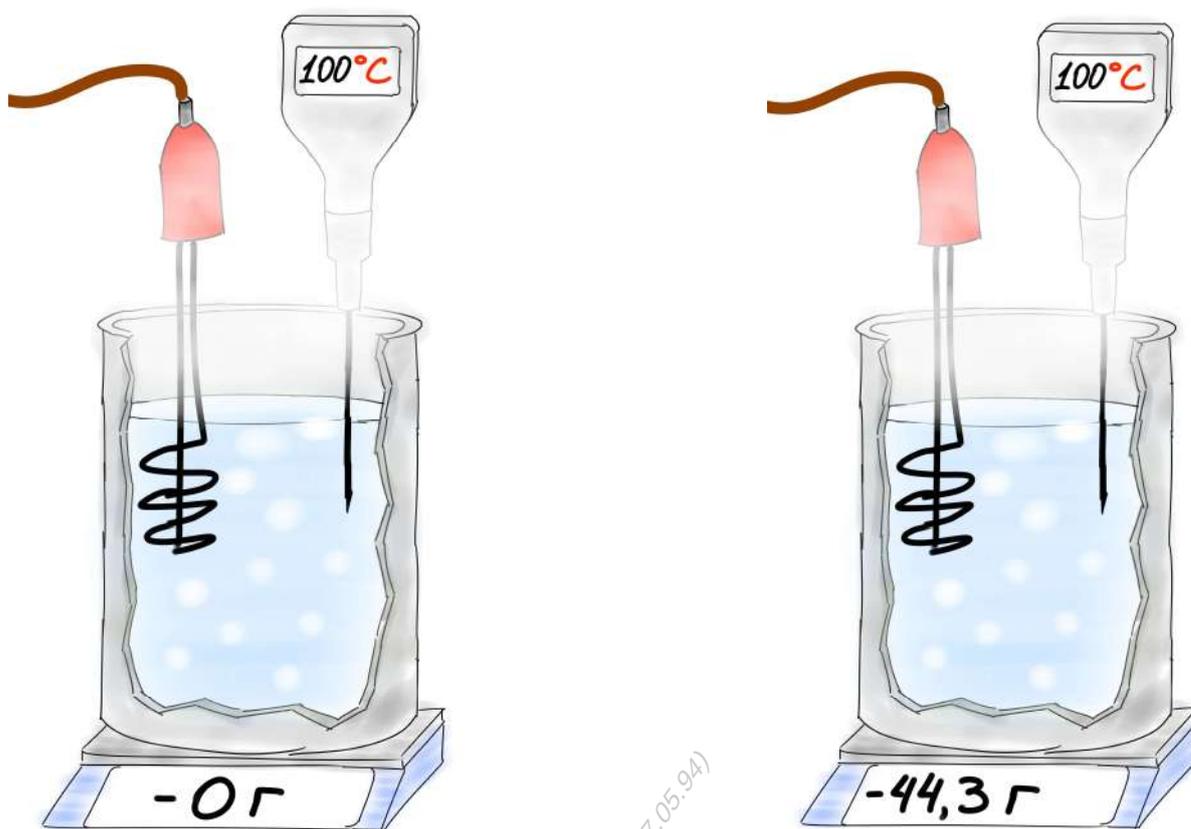


Рисунок 26 – Пример для Удельная теплота парообразования: нагреватель дает **тепло**, которое нужно для превращения в пар (жидкость кипит), весы показывают как уменьшается масса жидкости.

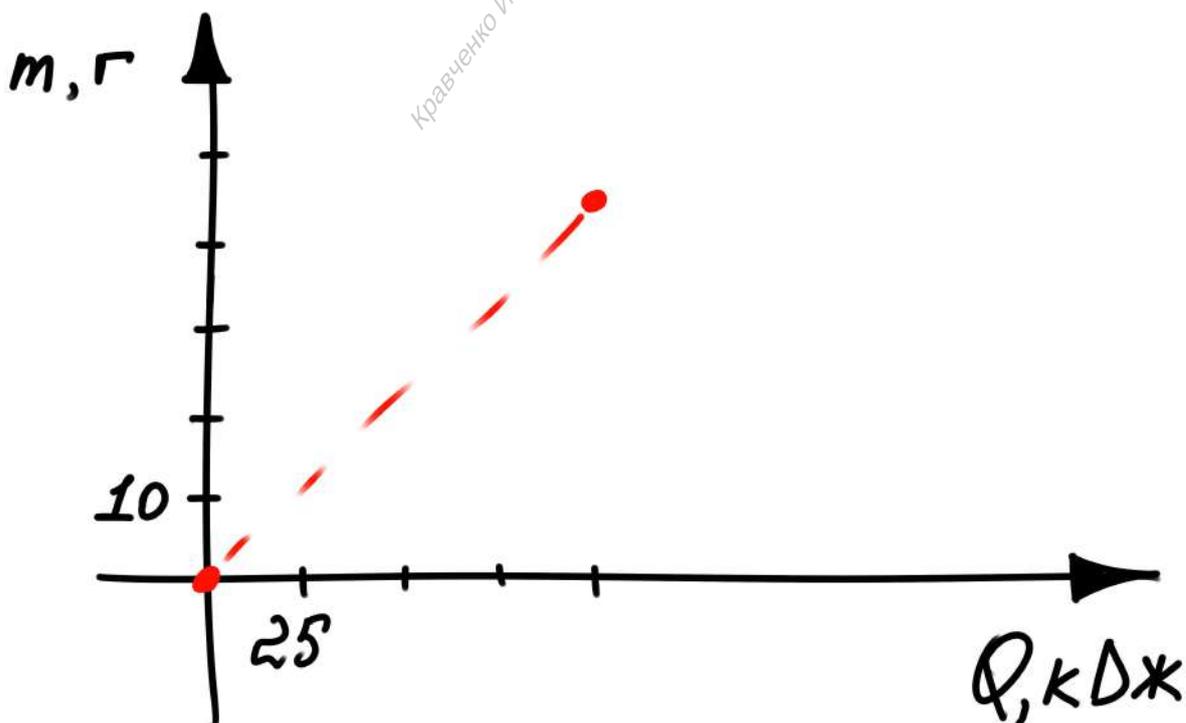


Рисунок 27 – Пример для Удельная теплота парообразования: нагреватель **выключили** спустя время, можно посчитать « г »



Теплота плавления (Q [Дж]) – Теплота для **плавления** тела при температуре плавления. (рис.28)



Рисунок 28 – Пример для **Теплота плавления**: твердое тело получает от устройства **тепло** для **превращения**

Теплота кристаллизации (Q [Дж]) – Теплота от **кристаллизации** тела при температуре плавления. (рис.29)



Рисунок 29 – Пример для **Теплота кристаллизации**: жидкость отдает **тепло** при **превращении**



Внимание. Аморфное твердое тело **НЕ** имеет определенной температуры плавления.

Удельная теплота плавления ($\lambda \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right]$) – характеристика вещества, показывающая « как много » теплоты нужно, чтобы превратить в жидкость 1 кг твердого тела при температуре плавления (или: «как много» теплоты выйдет, если превратить в твердое тело 1 кг жидкости при температуре плавления). (рис.30, 31)





Рисунок 30 – Пример для Удельная теплота плавления: нагреватель дает **тепло**, которое нужно для превращения в **жидкость** (лед тает), **весы** показывают **сколько массы** льда превратилось

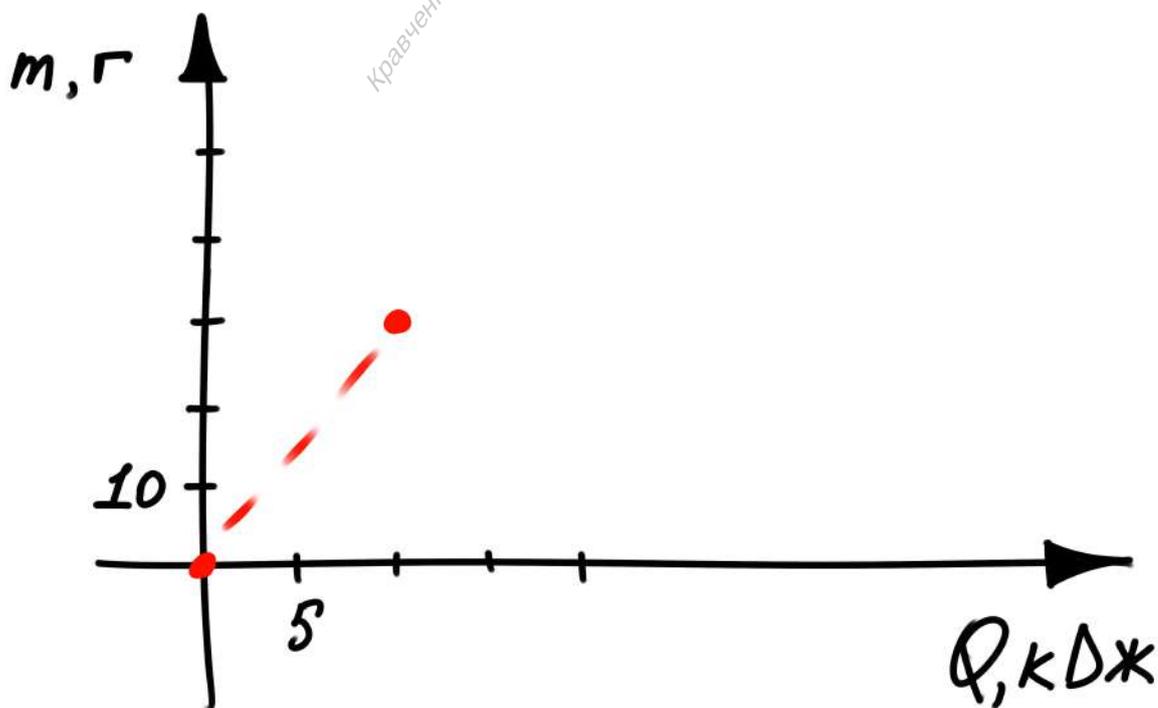


Рисунок 31 – Пример для Удельная теплота плавления: нагреватель выключили спустя время, можно посчитать « λ »



Теплота сгорания (Q [Дж]) – Теплота от **сгорания** тела. (рис.32)



Рисунок 32 – Пример для **Теплота сгорания**: топливо отдает **тепло** при **сгорании**

Удельная теплота сгорания (q [$\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$]) – характеристика вещества, показывающая « как много » теплоты выйдет, если сжечь 1 кг топлива. (рис.33, 34)



Рисунок 33 – Пример для Удельная теплота сгорания: топливо дает **тепло**, которое становится **энергией** для зарядки телефона



Рисунок 34 – Пример для Удельная теплота сгорания: дома можно измерить энергию, которая нужна для зарядки. Тогда можно понять, сколько энергии отдало топливо телефону до этого





Графики температуры тела: $T(t)$. (рис.35-39)

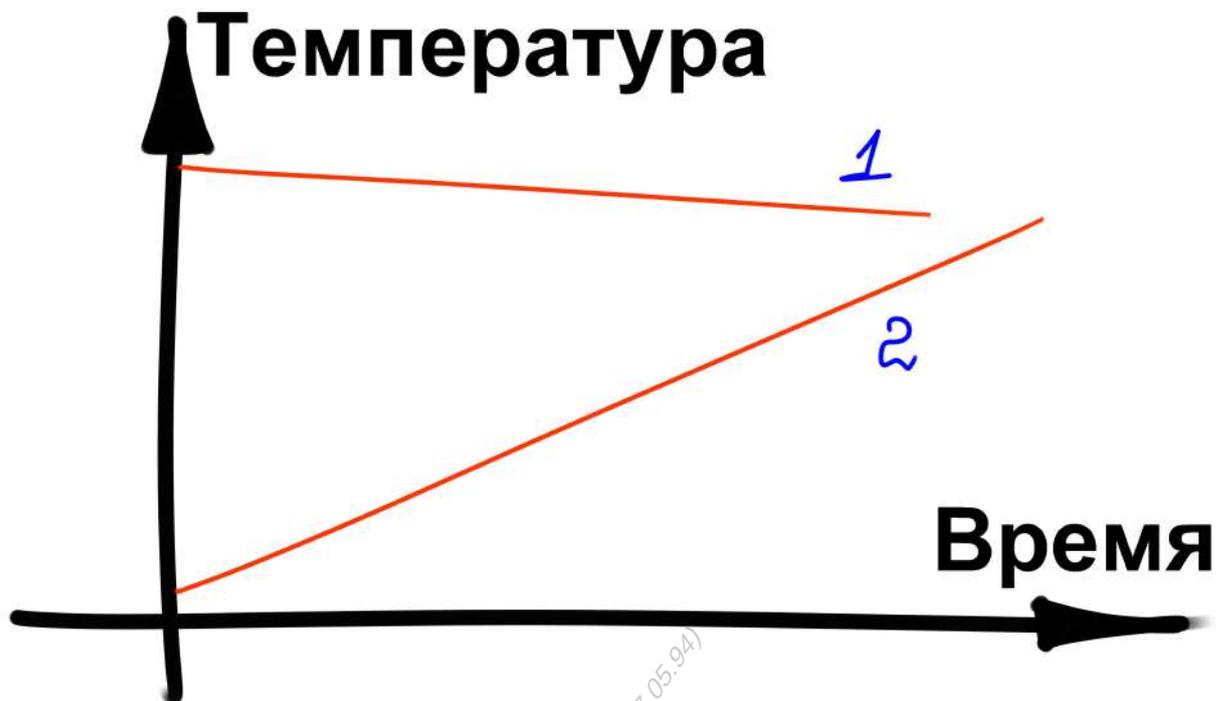


Рисунок 35 – Пример для **Графики температуры тела**: тела №1 и №2, **остывание** и **нагревание**, агрегатное состояние не меняется

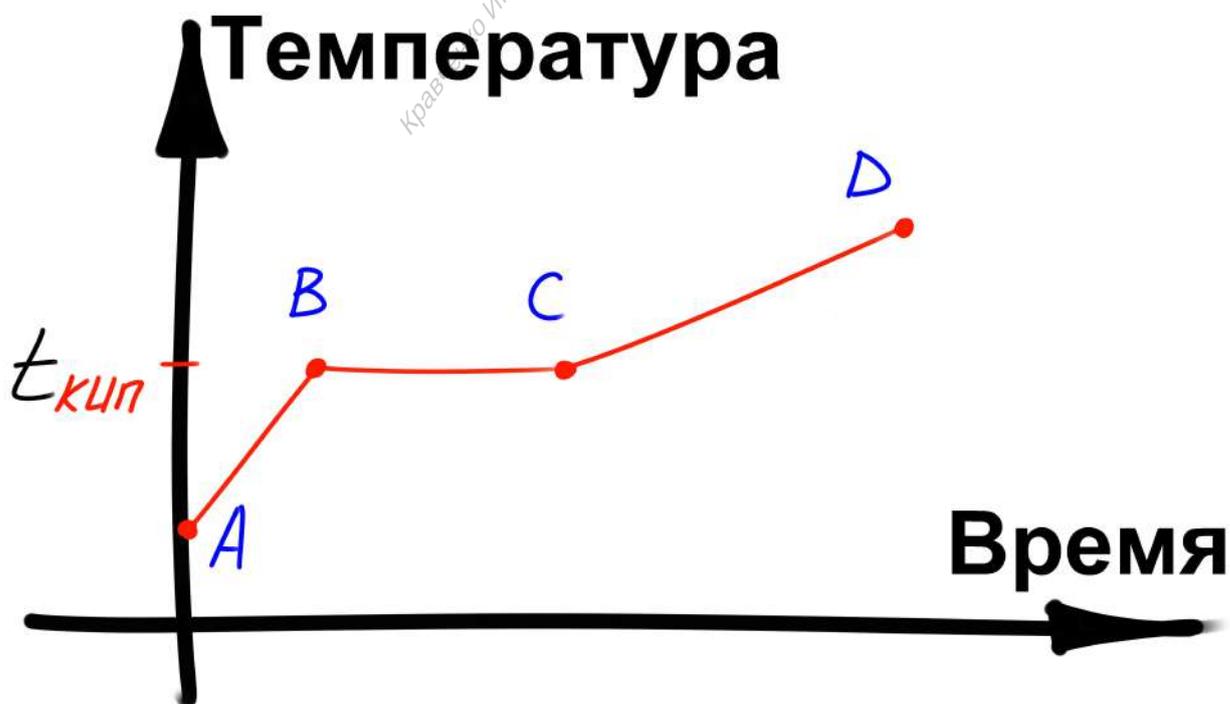


Рисунок 36 – Пример для **Графики температуры тела**: одно тело, АВ – **нагрев жидкого**, ВС – **кипение**, CD – **нагрев газа**



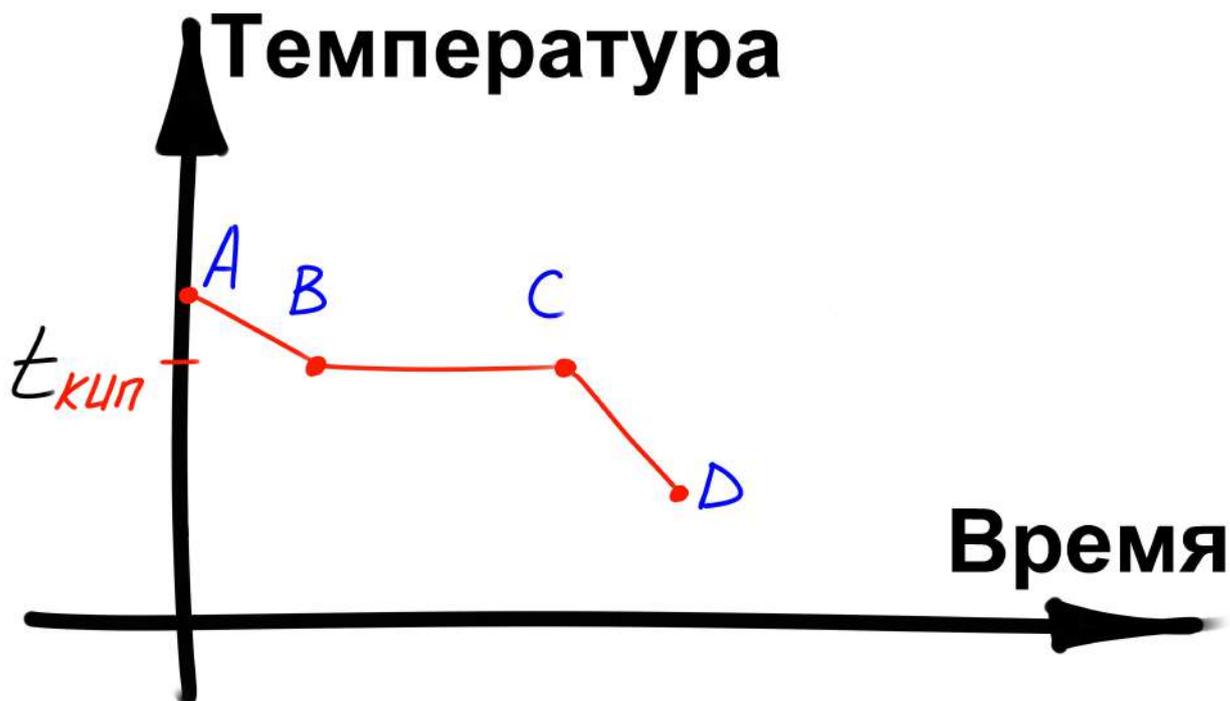


Рисунок 37 – Пример для Графики температуры тела: одно тело, АВ – остывание газа, ВС – **конденсация**, CD – остывание жидкого

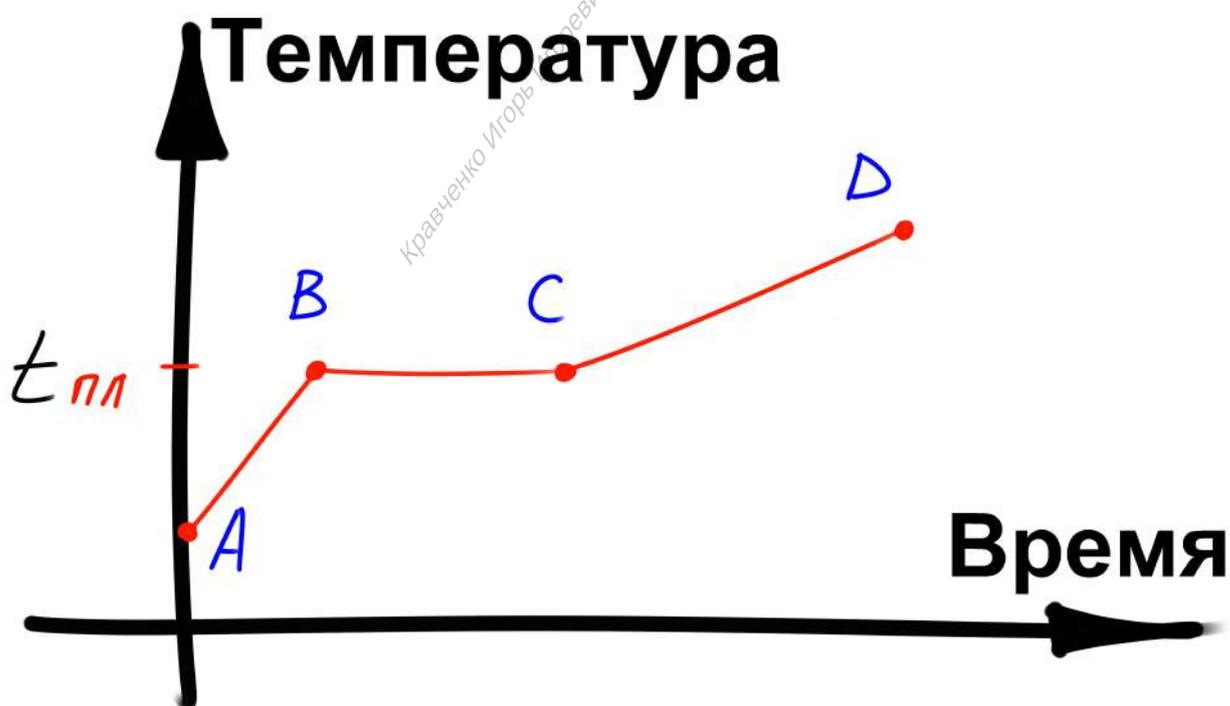


Рисунок 38 – Пример для Графики температуры тела: одно тело, АВ – нагрев твердого, ВС – **плавление**, CD – нагрев жидкого



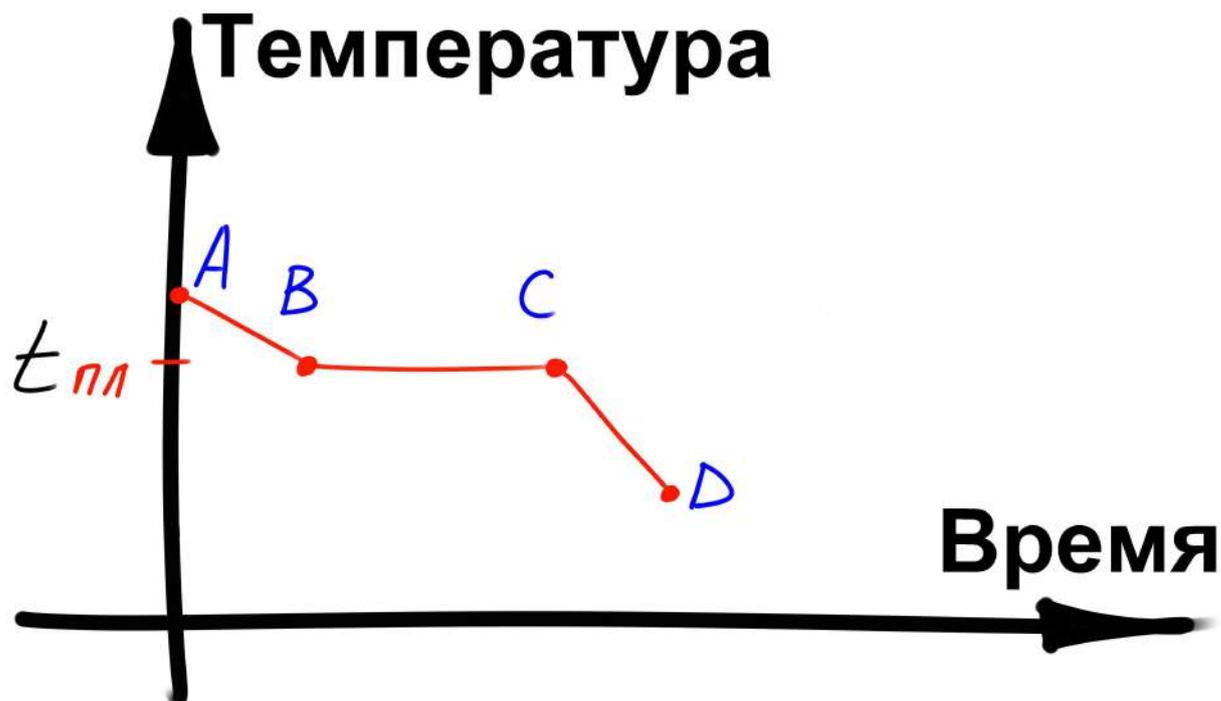


Рисунок 39 – Пример для **Графики температуры тела**: одно тело, АВ – остывание жидкого, ВС – **отвердевание (кристаллизация)**, CD – остывание твердого

КПД теплового устройства (η [..]) – характеристика, показывающая эффективность устройства. (рис.40)

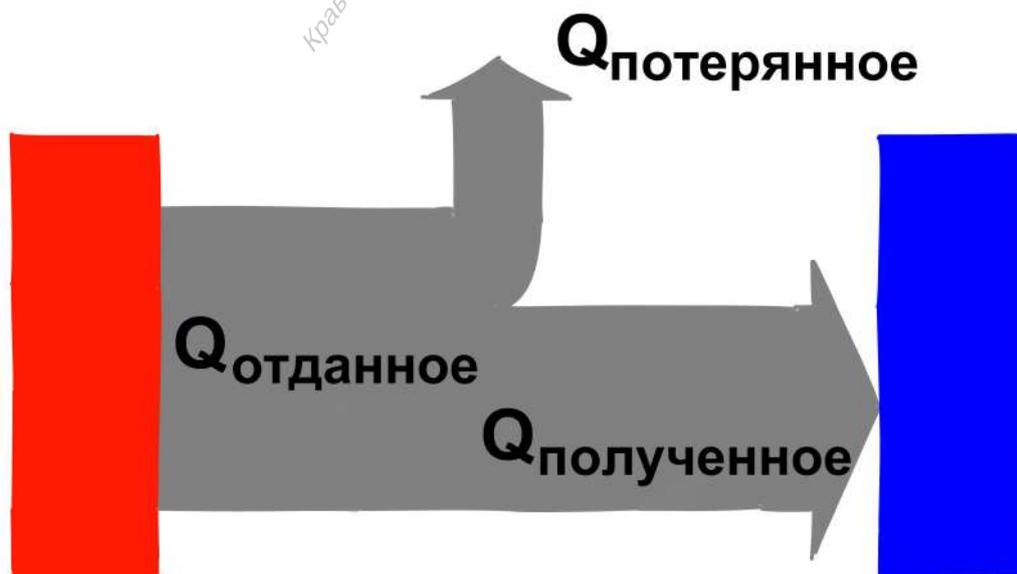


Рисунок 40 – Пример для **КПД теплового устройства**:

■ → отдает **тепло** на → ■
 но
■ получает не всё, что дает ■



Тепловая мощность (P [Вт]) – тепло, передающееся в единицу времени.

(рис.41)



Рисунок 41 – Пример для **Тепловая мощность: тепло, поданное за 1 с (СИ)**

Работа газа (A [Дж]) – работа силы газа. (рис.42)

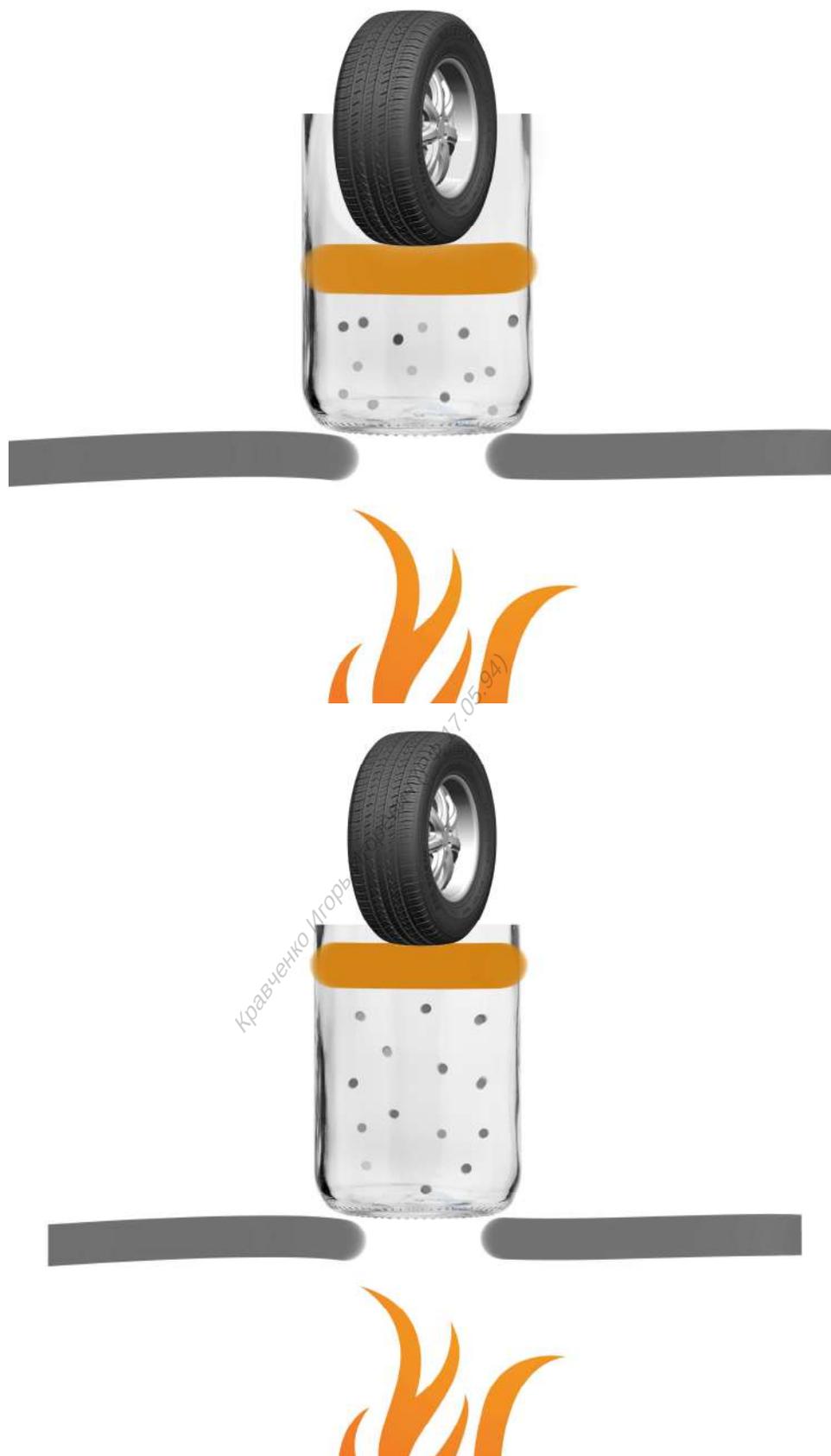


Рисунок 42 – Пример для **Работа газа: газ заставляет крышку подниматься**





Вычисление работы по графику процесса на PV-диаграмме: (рис.43)

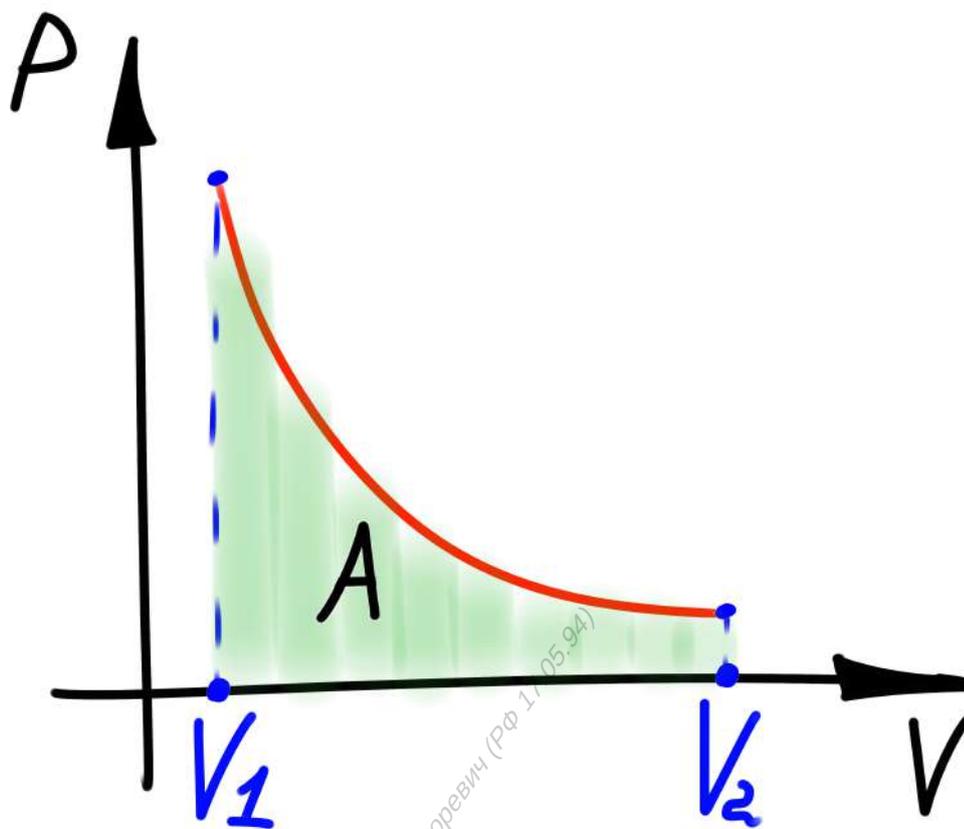


Рисунок 43 – Пример для **Вычисление работы по PV-диаграмме:**
работа газа = площадь фигуры между графиком и осью «V»

Эквивалентность механической энергии и количества теплоты:

« **равные** количества **работа (A)** и **теплота (Q)** **одинаково** эффективны »

(рис.44, 45)



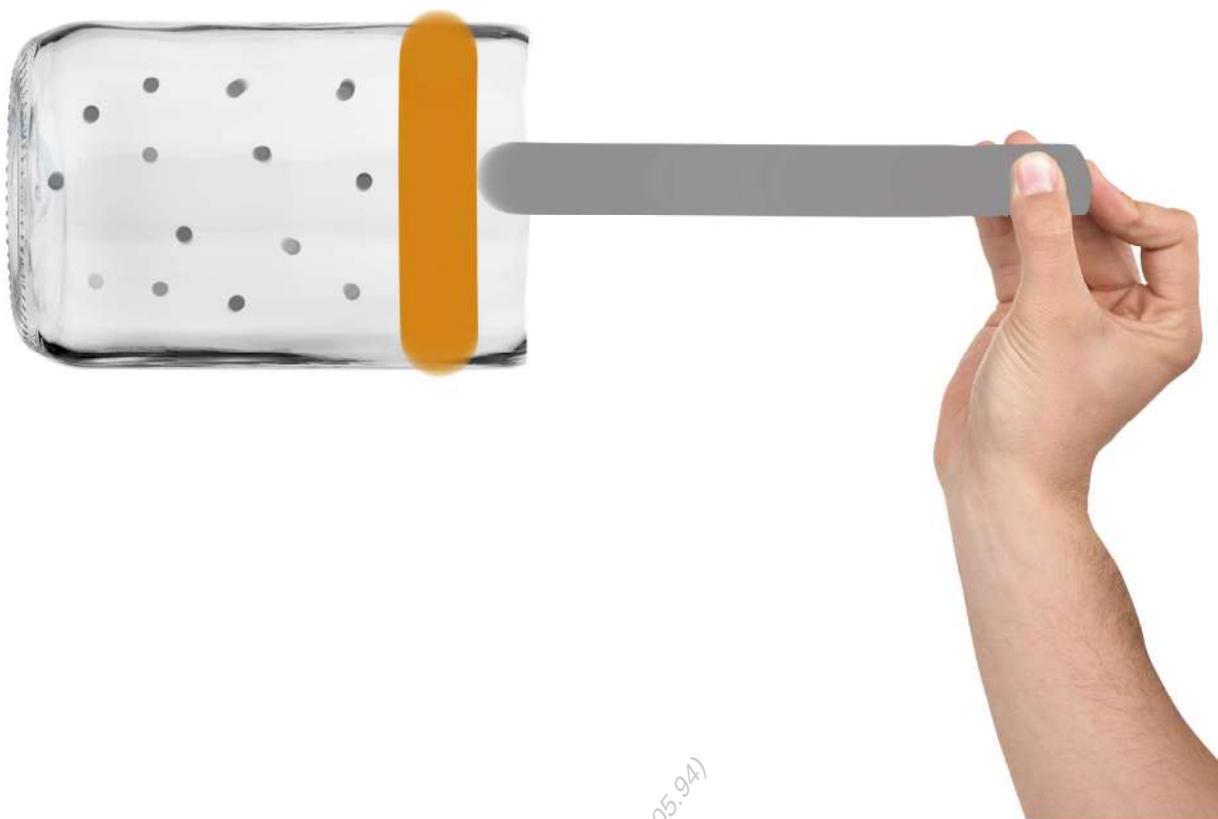


Рисунок 44 – Пример для **Эквивалентность механической энергии и количества теплоты: «Ситуация №1»**. Можно совершить **работу над газом**, энергия идет на газ.

Это то же самое, что толкать мяч, где энергия идет на мяч.





Рисунок 45 – Пример для Эквивалентность механической энергии и количества теплоты: «Ситуация №2». Можно передавать тепло газу, энергия идет на газ.

Внимание. Итак: сколько тратим работу, столько тратим на нагрев. Каждая ситуация будет требовать одинаковое количество энергии снаружи, если нужно увеличить энергию газа определенно.

Механизм превращения механической энергии во внутреннюю энергию:

$$\ll E \rightarrow A \rightarrow \Delta U \gg$$

(рис.46)



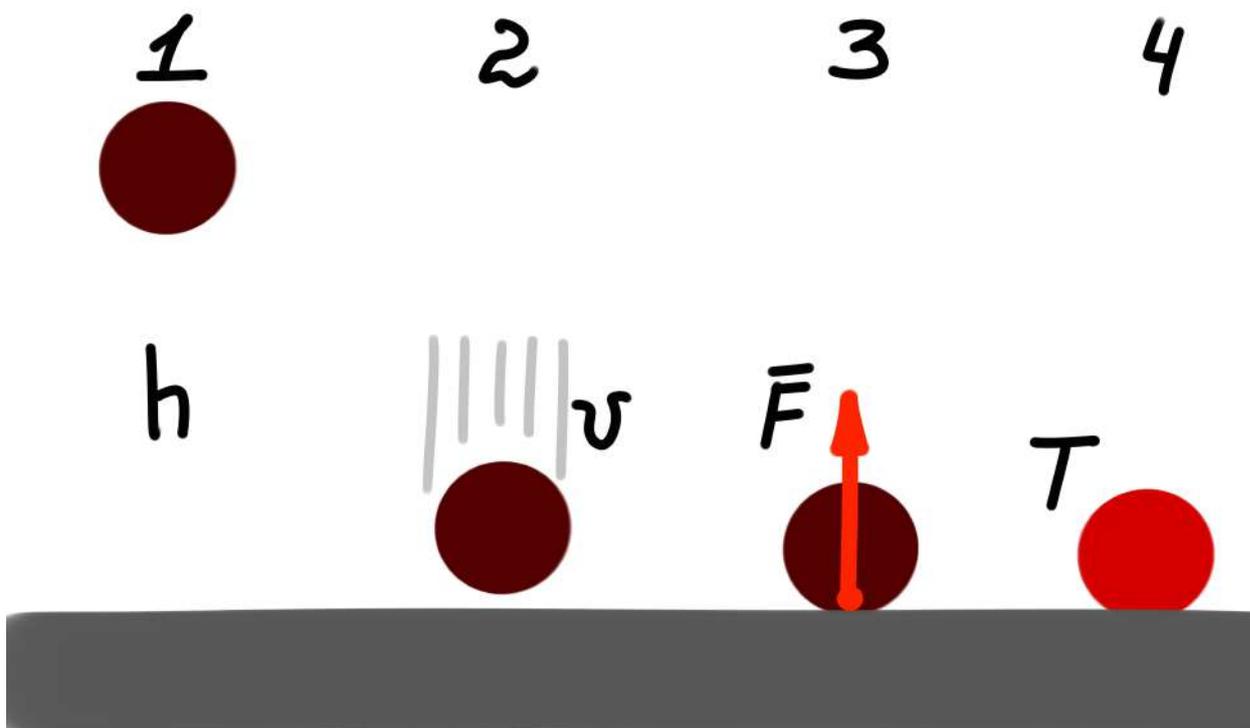


Рисунок 46 – Пример для Механизм превращения:

- 1: **Потенциальная** энергия;
- 2: **Кинетическая** энергия;
- 3: **Работа** над телом;
- 4: **Увеличение внутренней энергии** тела;

Первый закон термодинамики – правило, помогающее энергетически рассчитывать процессы с газом:

« **тепло**, переданное газу, идёт на **изменение внутренней** энергии газа и на совершение газом **работа** »

(рис.47)



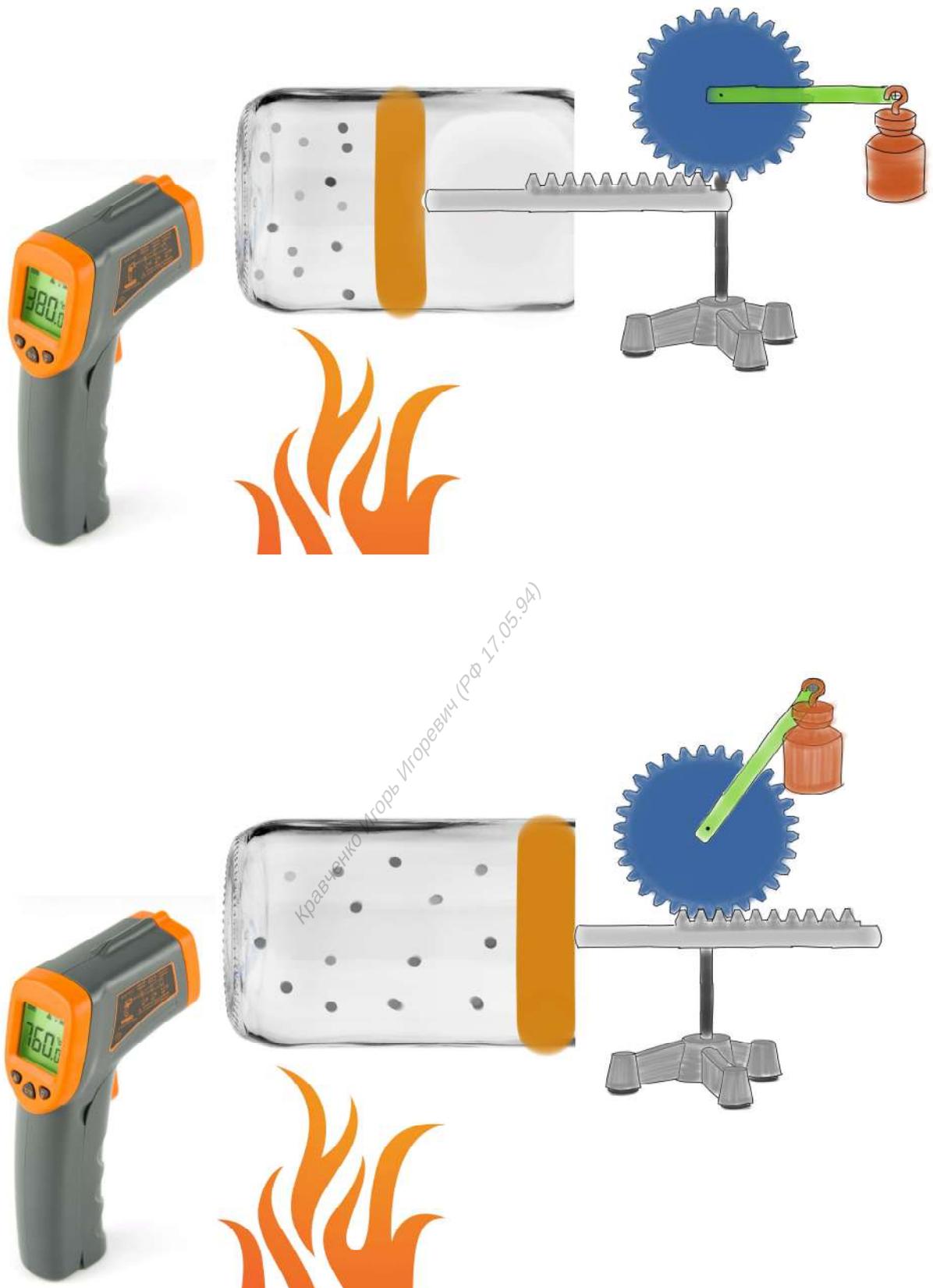


Рисунок 47 – Пример для **Первый закон термодинамики:**

- **огонь** дает **тепло**

- газ нагревается $\Rightarrow U \uparrow$

- газ расширяется \Rightarrow газ совершает **работу A**





Первый закон термодинамики для изопроцессов:

1. Изотермический процесс, $T = \text{const}$:

$$\ll U = \text{const} \gg$$

(рис.48)

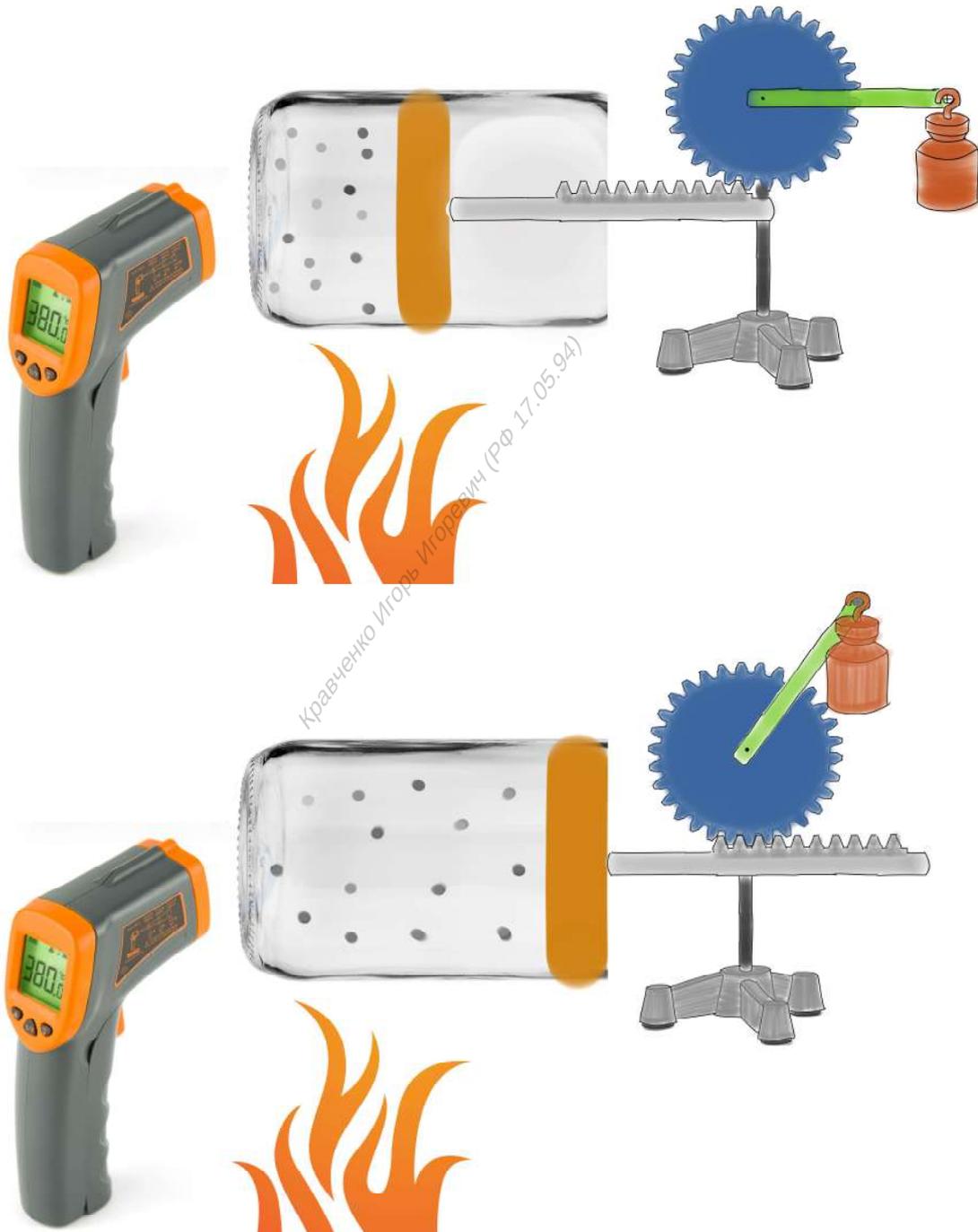


Рисунок 48 – Пример для Изотермический Первый закон термодинамики:

- огонь дает **тепло**
- газ **НЕ** нагревается $\Rightarrow \sim U$
- газ расширяется \Rightarrow газ совершает **работу A**





2. Изохорный процесс, $V = \text{const}$:

$$\ll A = 0 \gg$$

(рис.49)



Рисунок 49 – Пример для **Изохорный Первый закон термодинамики:**

- **огонь** дает **тепло**
- газ нагревается $\Rightarrow U \uparrow$
- газ **НЕ** расширяется \Rightarrow газ совершает **работу $A = 0$**





3. Изобарный процесс, $P = \text{const}$:

« $U \neq \text{const}$ и $A \neq 0$ »

(рис.50)



Рисунок 50 – Пример для **Изобарный Первый закон термодинамики:**

- **огонь** дает **тепло**

- газ нагревается $\Rightarrow U \uparrow$

- газ расширяется \Rightarrow газ совершает **работу A**



4. Адиабатный процесс, $Q = 0$: (рис.51, 51a)

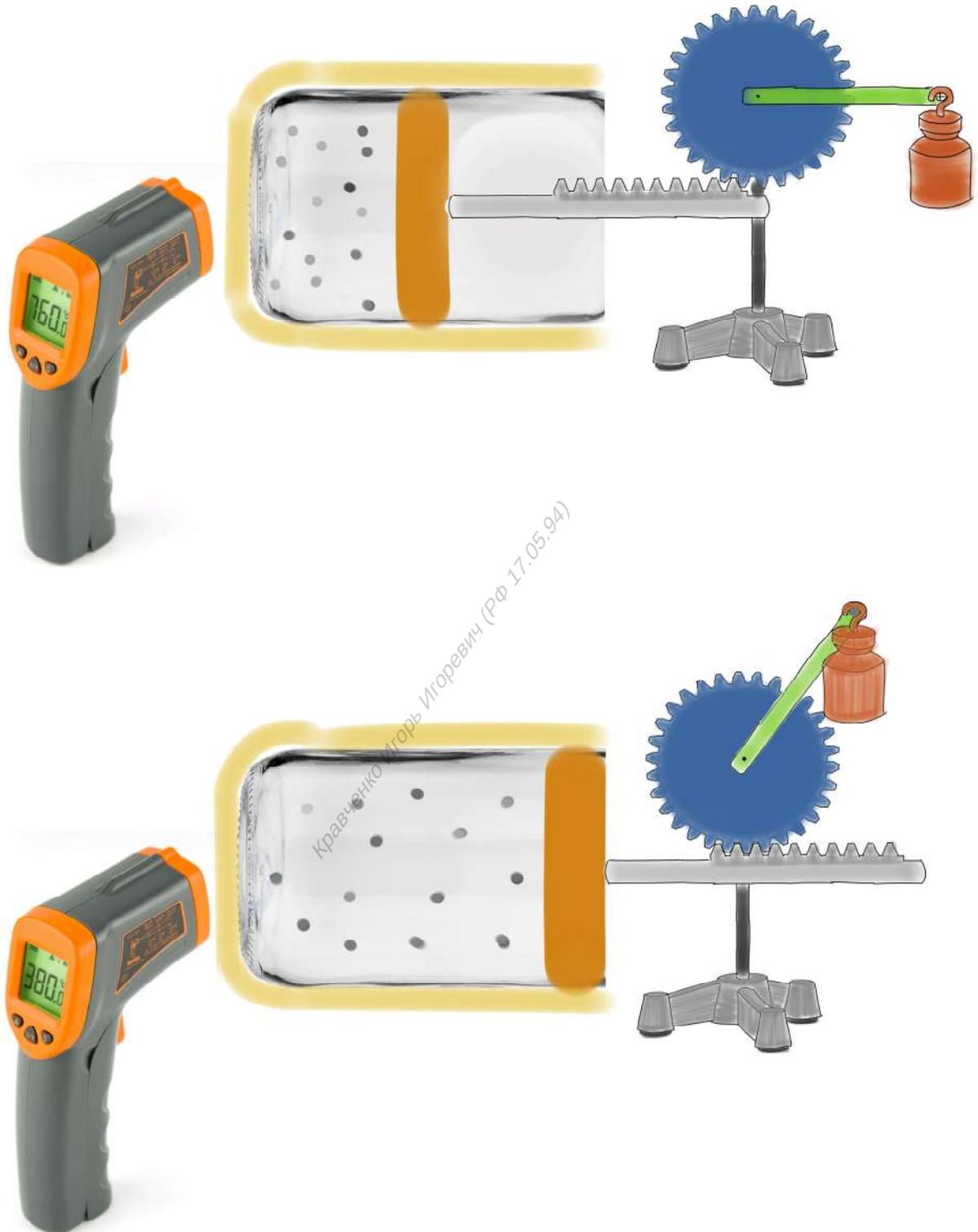


Рисунок 51 – Пример для Адиабатный Первый закон термодинамики:

- газ НЕ обменивается **теплом** $\Rightarrow Q = 0$

- газ остывает $\Rightarrow U \downarrow$

- газ расширяется \Rightarrow газ совершает **работу A**



Рисунок 51а – Пример для **Адиабатный процесс**: **зеленая** линия соответствует **адиабатному** процессу

Второй закон термодинамики:

« Процесс, где **тепло** само переходит от **менее нагретого** к **более нагретому**, **невозможен** »

(рис.52)



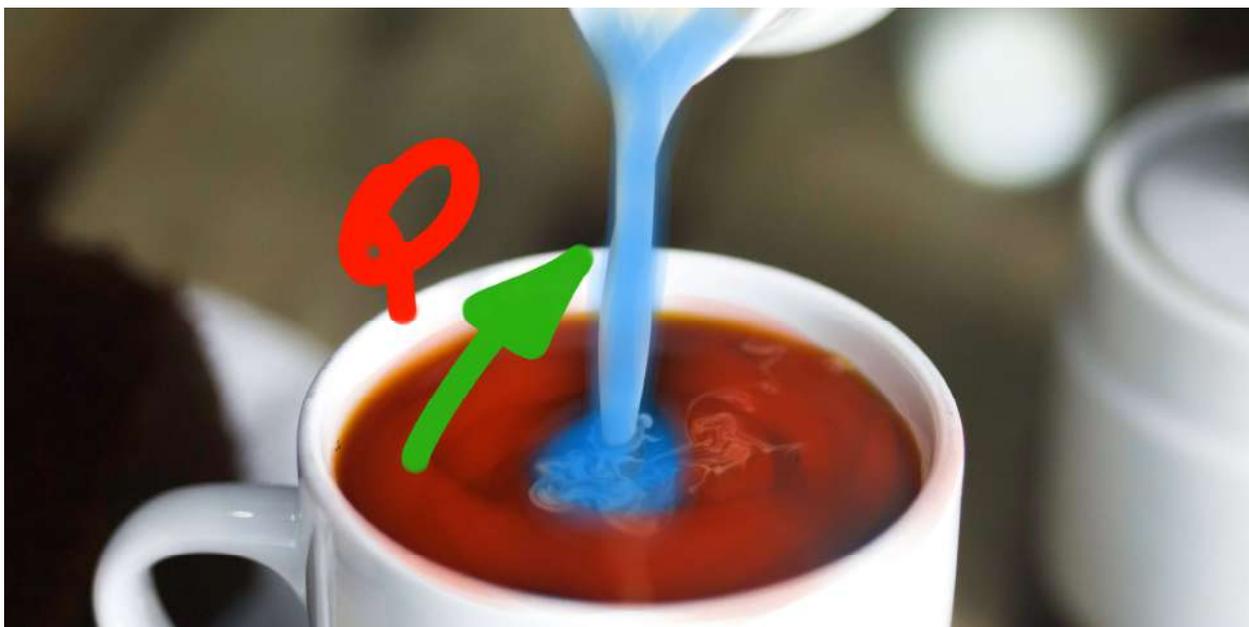


Рисунок 52 – Пример для **Второй закон термодинамики**: **тепло** само всегда переходит **от горячего к холодному**

Внимание. «Само» означает: тела изолированы от внешней среды.

Необратимость – невозможность самопроизвольного процесса в обратном направлении. (рис.53)



Рисунок 53 – Пример для **Необратимость**: **тепло** рассеивается **само**





Тепловая машина – устройство, где тепло превращается в механическую работу или наоборот:

« (Q → A) или (A → Q) »

(рис.54, 55)

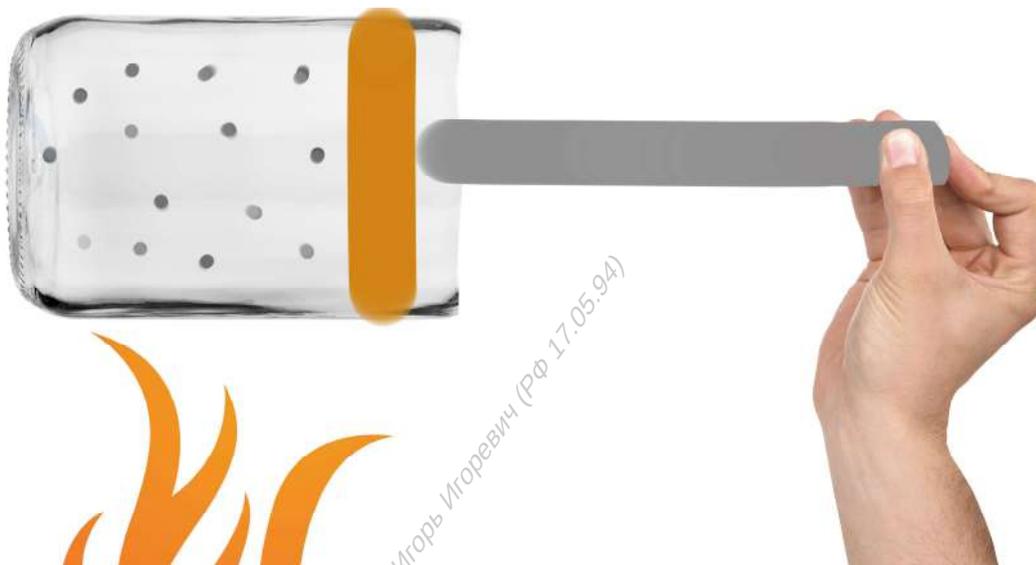


Рисунок 54 – Пример для Тепловая машина:

1. если огонь нагревает бочку, то газ толкает поршень
2. если рука толкает поршень, то газ нагревает банку



Рисунок 55 – Пример для Тепловая машина: схема:

1. Нагреватель – « горячее » тело
2. Рабочее тело – газ
3. Холодильник – « холодное » тело



**Принцип действия тепловых машин:**

Для теплового двигателя: (рис.56)

Нагреватель → Q_H → **Рабочее тело** → Q_X → **Холодильник**

↓

A

↓

Механизм

Принцип действия на схеме:

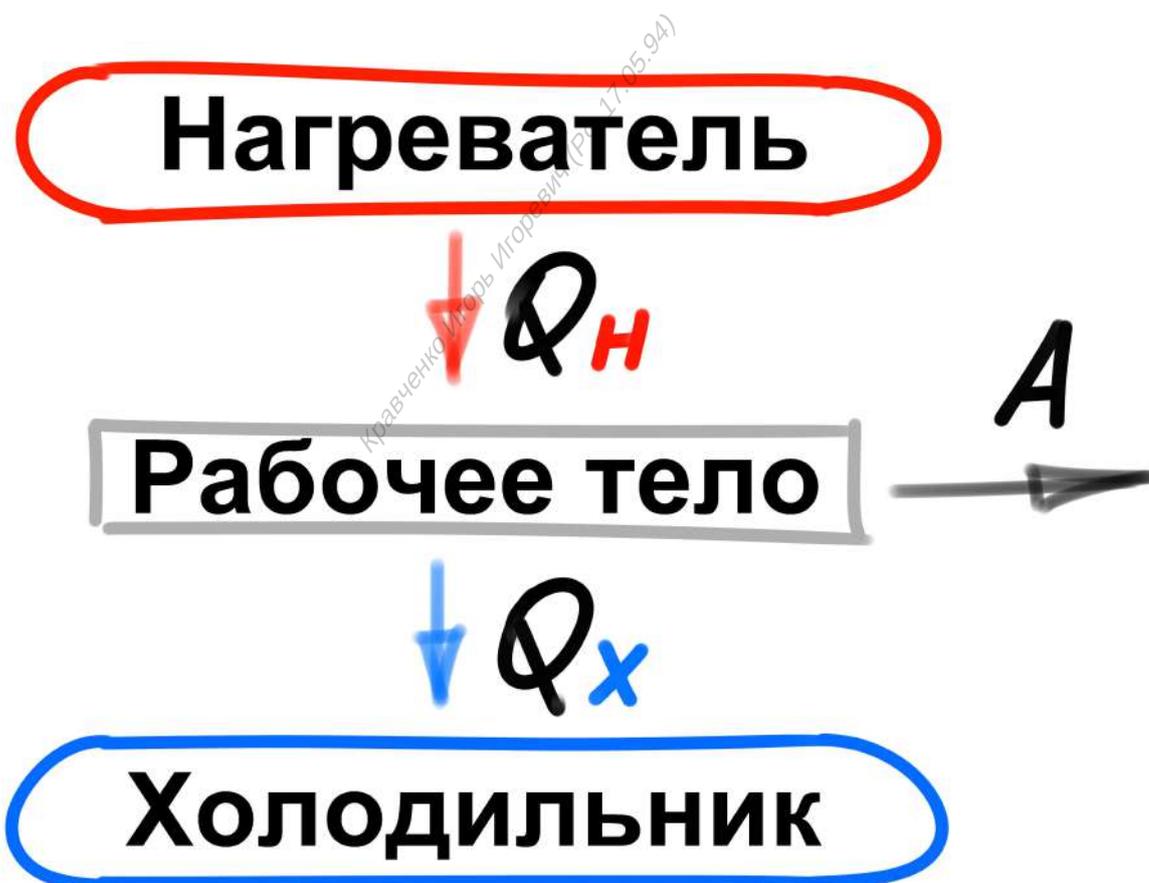


Рисунок 56 – Пример для Принцип действия тепловых машин:

Нагреватель греет газ ⇒ **Газ** ↑расширяется↑ и толкает поршень ⇒ **газ** греет **Холодильник** ⇒ **Газ** ↓сжимается↓. Далее действие повторяется.



Цикл – процесс с Рабочим телом, после которого Рабочее тело имеет начальное состояние. (рис.56а)

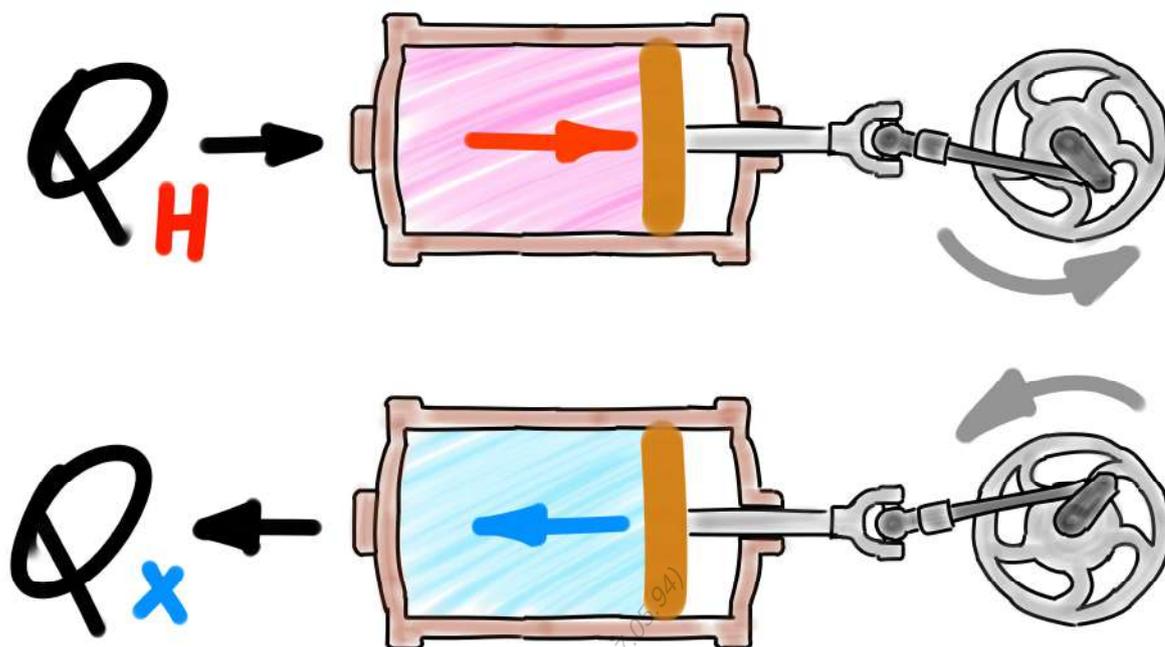


Рисунок 56а – Пример для Цикл: Поршень уходит вправо→, затем приходит ←-влево

КПД (η [..]) – характеристика эффективности Тепловой машины. (рис.57)

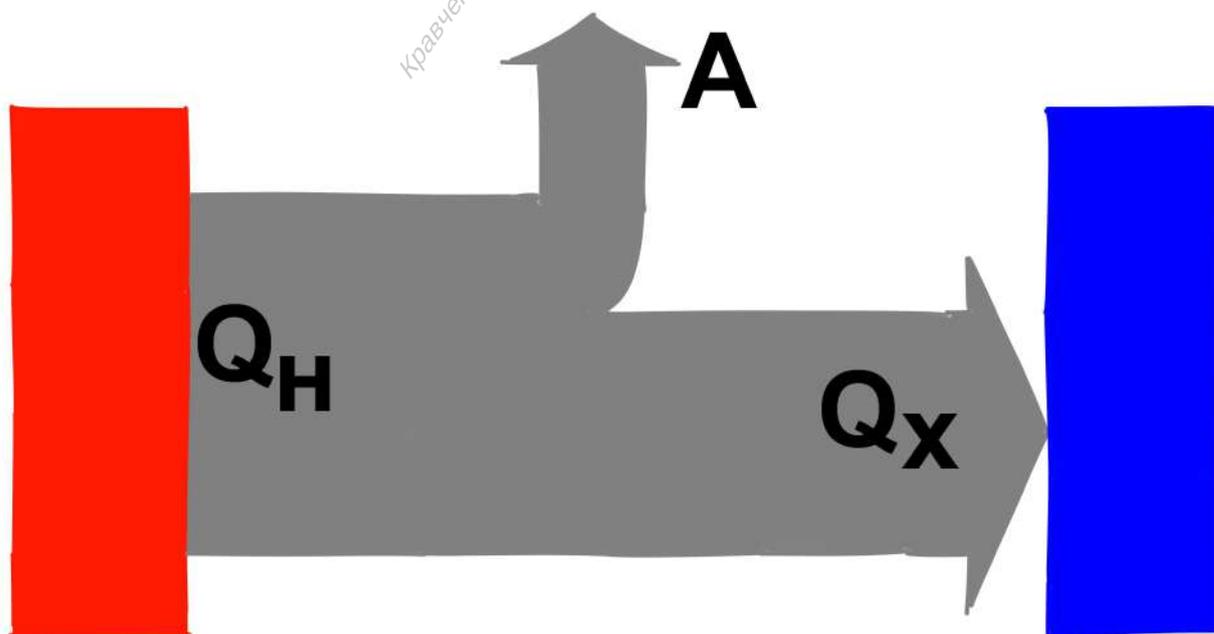


Рисунок 57 – Пример для КПД: при $\sim Q_H$:

$\downarrow Q_X \Rightarrow \eta \uparrow \Rightarrow$ Эффективность \uparrow

Максимальное значение КПД (η_{\max} [..]) – КПД цикла Карно: (рис.58)

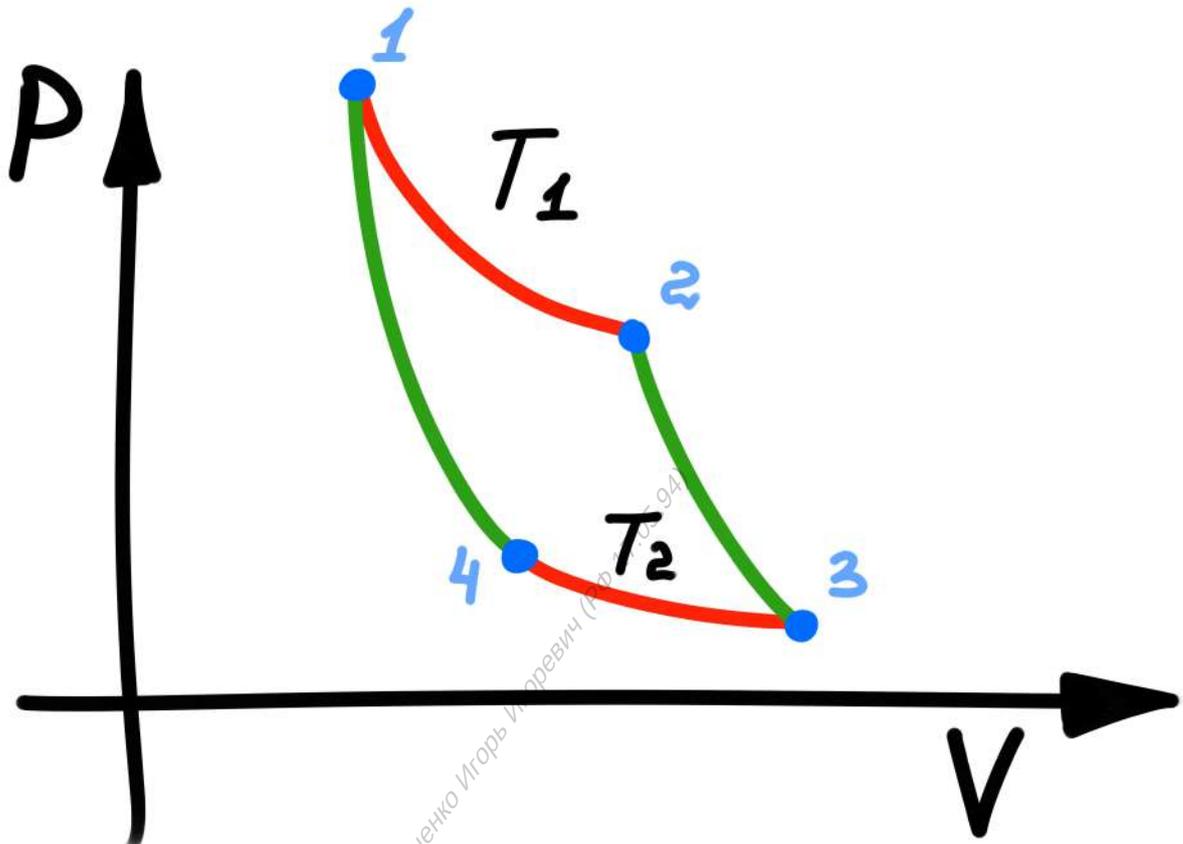


Рисунок 58 – Пример для **Максимальное значение КПД: Цикл Карно, η_{\max}**
(1-изотерма-2-адиабата-3-изотерма-4-адиабата-1)

Уравнение теплового баланса – уравнение, помогающее рассчитать процессы **теплопередачи между телами** по закону сохранения энергии.
(рис.59)



Рисунок 59 – Пример для **Уравнение теплового баланса**: **темное** тело **отдает тепло**, а **белое** тело **получает тепло**. Если считать, что белое и темное тела **изолированы**, то **отданное тепло равно принятому теплу** между ними.



ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

Электродинамика – раздел Физики, основанный на представлении о том, что **атомы** состоят из особых « **заряженных частиц** ». (рис.1)

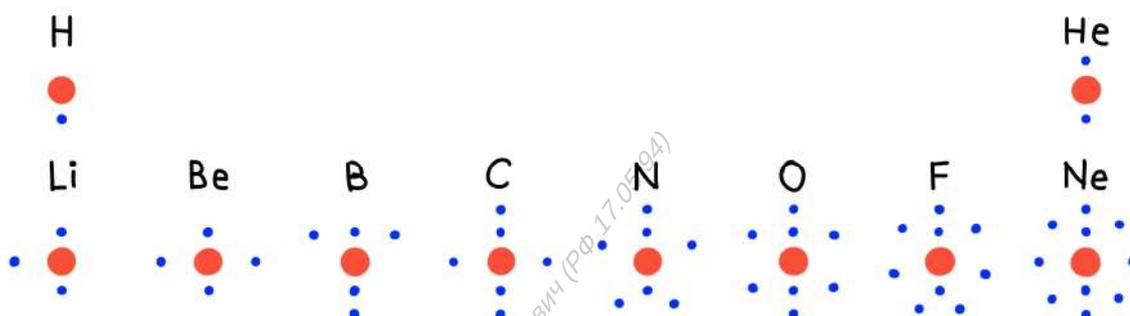


Рисунок 1 – Пример для Электродинамика:

атом

=

центральный **красный** заряженный шар

+

вокруг **синие** заряженные шары

Внимание. **Красный** шар – **Ядро**. **Синий** шар – **Электрон** « e » (-).

Электрическое поле – невидимая материя **вокруг** заряженной частицы, **которой** заряженная частица **влияет** на **другую** заряженную частицу. (рис.2)





Рисунок 2 – Пример для **Электрическое поле**: « заряженные провода »
влияют на лампу ⇒ лампа горит

Модель ядра: (рис.3)

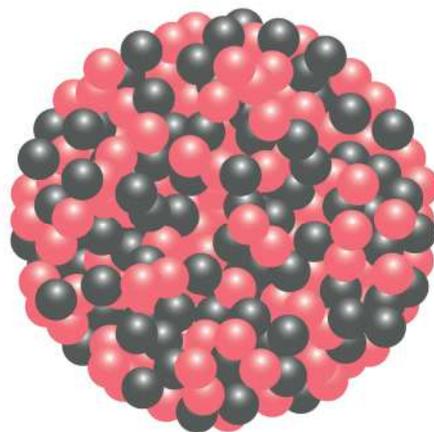


Рисунок 3 – Пример для **Ядро**: **красные** – заряженные **Протоны « p »** ;
серые – незаряженные **нейтроны**

Внимание. Ядро заряжено **Протонами (+)**.





Электромагнитное взаимодействие – взаимодействие между заряженными частицами. (рис.4)

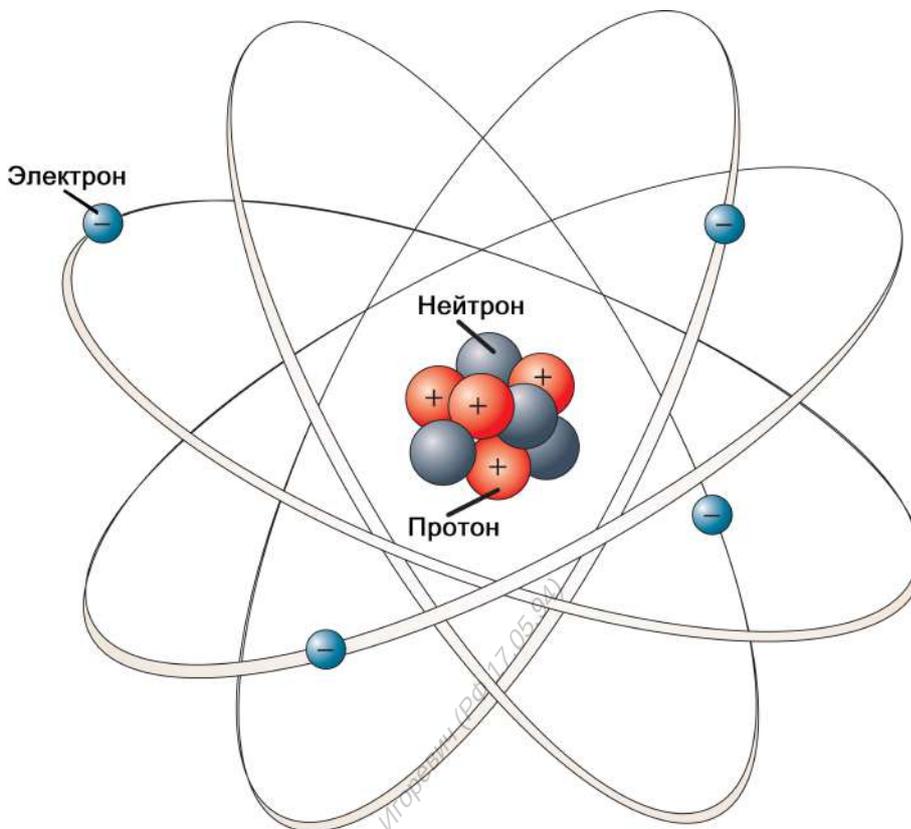


Рисунок 4 – Пример для **Электромагнитное взаимодействие**: атом собран потому, что **электроны** притягиваются к **протонам**. **Электроны** – « свободные одиночки ». **Протоны** – « ограниченные коллективисты ».

Внимание. **Электроны** « как планеты » обращаются **около Ядра**.

Заряженное тело – тело, где:

« Количество **Протонов** \neq Количество **Электронов** »

(рис.5)



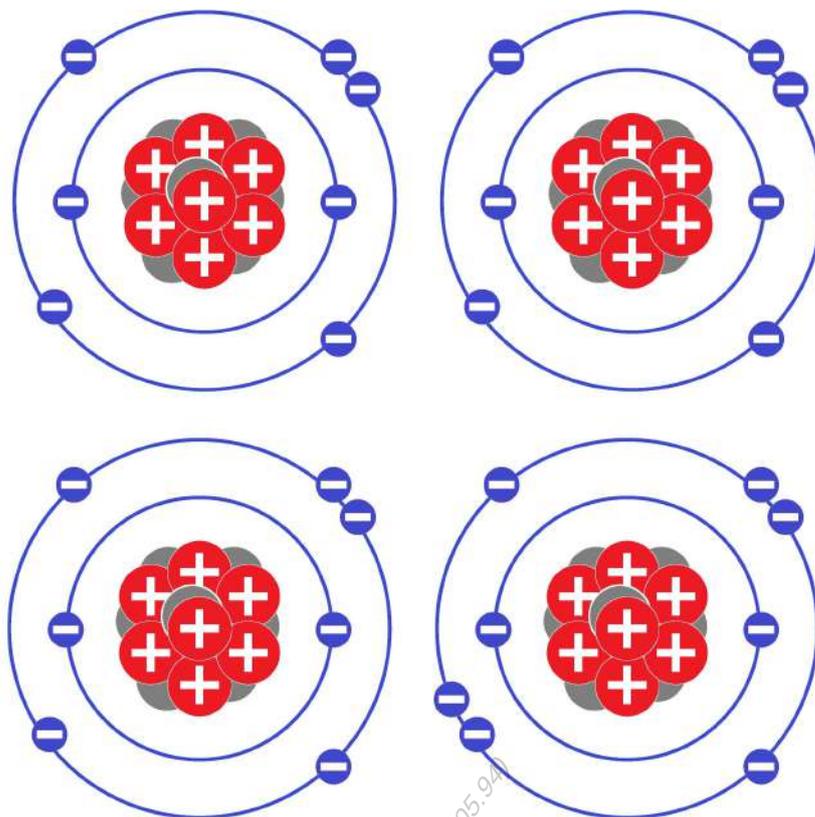


Рисунок 5 – Пример для **Заряженное тело**: **малое тело** из четырех атомов.

Тело заряжено?

Внимание. Частица = тело малое.

Электрический заряд (q ; Q [Кл]) – характеристика заряженного тела, показывающая **способность** этого тела **взаимодействовать** с другим заряженным телом. (рис.6)

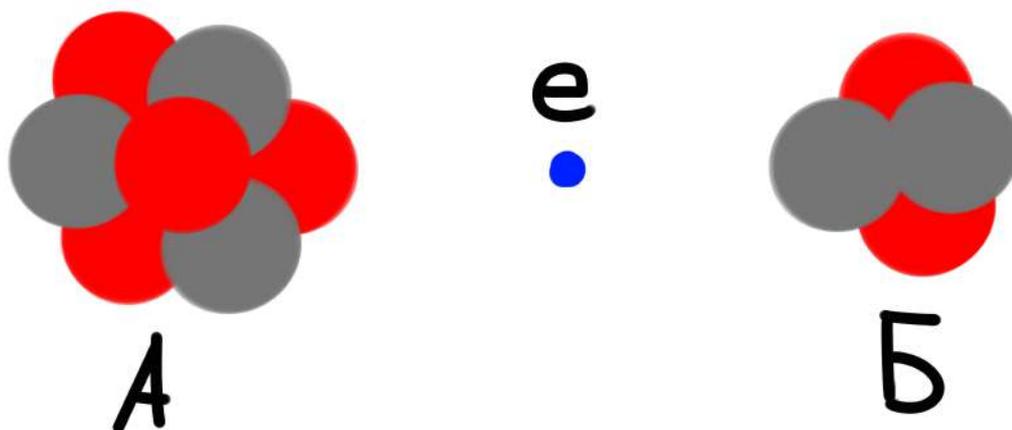


Рисунок 6 – Пример для **Электрический заряд**: **какое ядро** имеет **больше способности** взаимодействовать с \bullet ???





Внимание. «Заряд», так называют какое-нибудь заряженное тело.

Виды зарядов:

1. **(-q):** (рис.7)

« Протонов < Электронов »

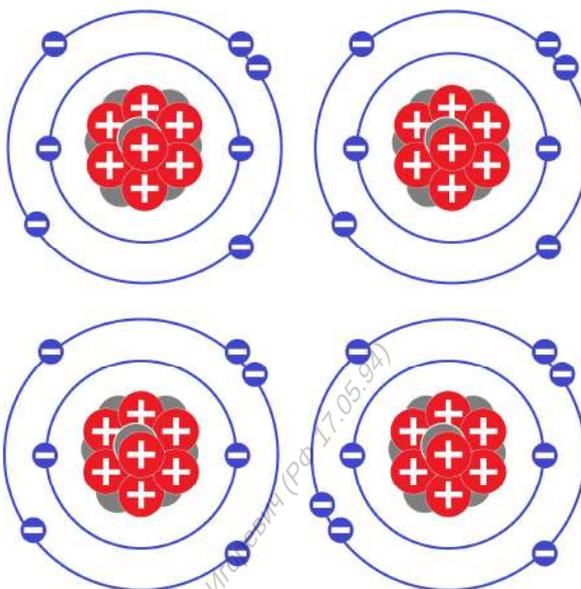


Рисунок 7 – Пример для (-q): тело, где: $N_p < N_e$

2. **(+q):** (рис.8)

« Протонов > Электронов »

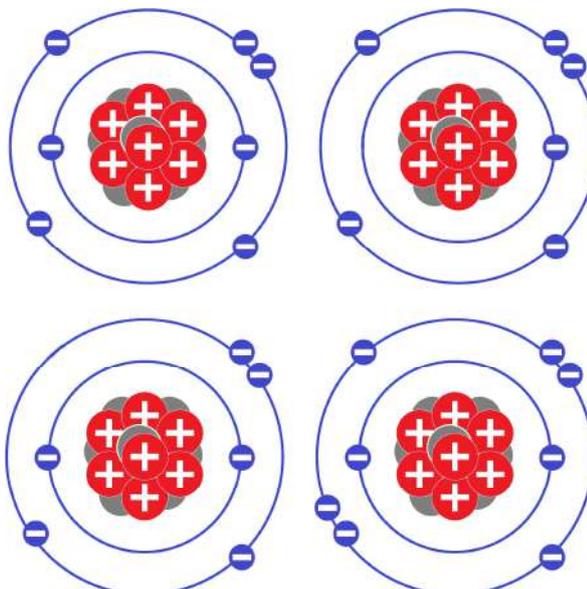


Рисунок 8 – Пример для (+q): тело, где: $N_p > N_e$





Взаимодействие зарядов: (рис.9)

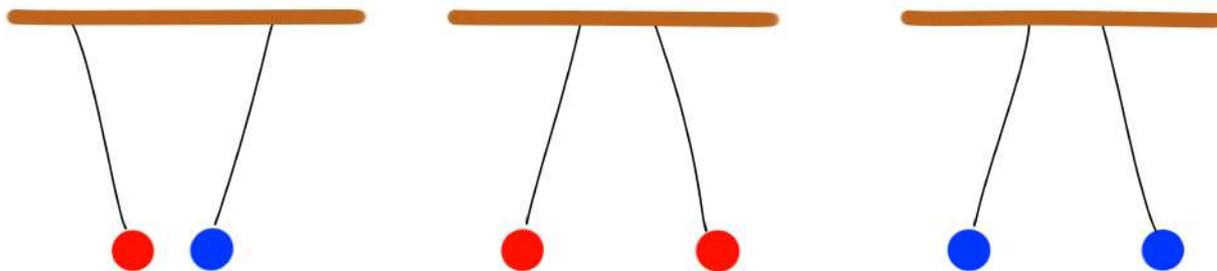
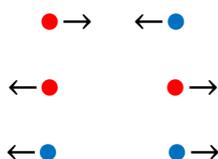


Рисунок 9 – Пример для **Взаимодействие зарядов:** Силы направлены так:



Элементарный электрический заряд (e [Кл]) – минимальный возможный заряд в природе. (рис10, 11)



Рисунок 10 – Пример для **Элементарный электрический заряд:**

у **Электрона** $q_e = -e$



Рисунок 11 – Пример для **Элементарный электрический заряд:**

у **Протона** $q_p = +e$

Внимание. **Электрон** и **Протон** имеют наименьший в природе заряд по модулю.



Электризация – процесс, **нарушающий** у тела условие:

$$\ll N_p = N_e \gg$$

Виды Электризации:

1. Трением: (рис.12-16)



Рисунок 12 – Пример для Электризация трением: два тела



Рисунок 13 – Пример для Электризация трением: каждое тело состоит из **Ядер** и **Электронов** (количество **●** и **●** больше, здесь упрощено)



Рисунок 14 – Пример для ЭлектрИзация трением: при трении тел:

● ↻ с левого тела на правое $\Rightarrow N_p \neq N_e \Rightarrow$ ЭлектрИзация



Рисунок 15 – Пример для ЭлектрИзация трением: тела отвели,
тела наэлектрИзованы \Rightarrow заряжены

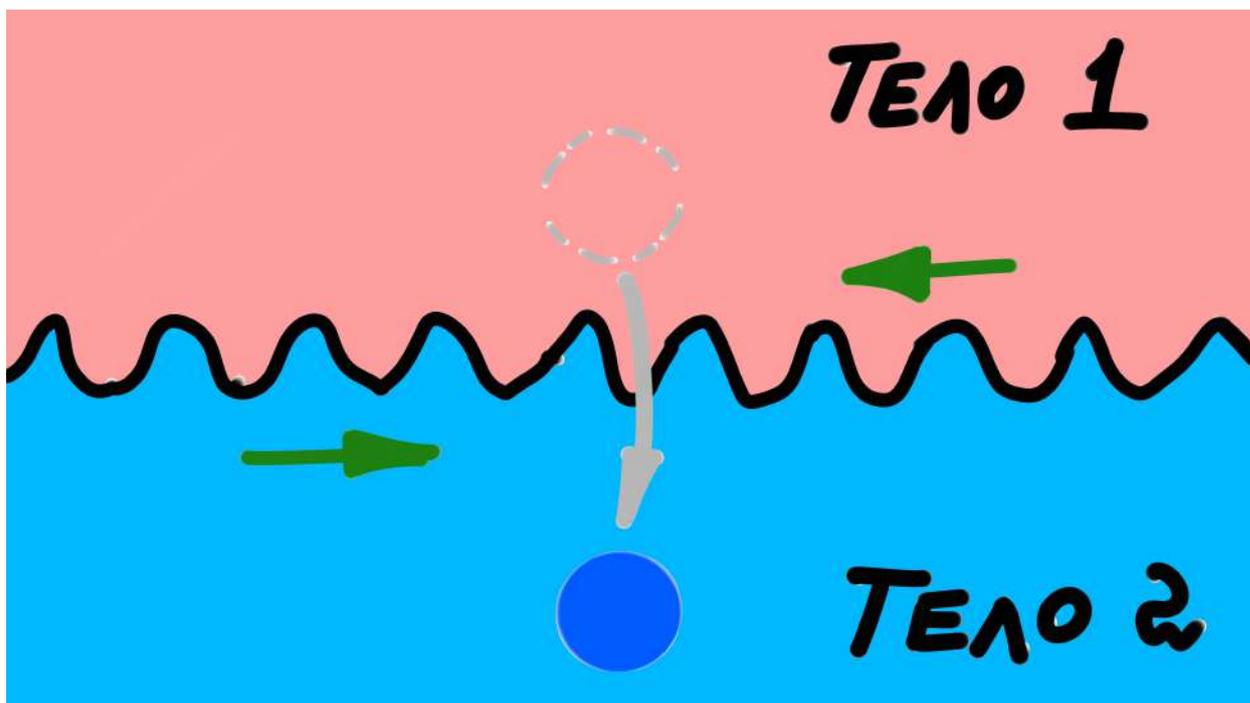


Рисунок 16 – Пример для Электризация трением: ● отрывается и удерживается на другом теле, ■ тело лучше держит ●

Внимание. Ядра или протоны не « умеют » перемещаться в твердом теле.

2. Электростатической индукцией: (рис.17, 18)

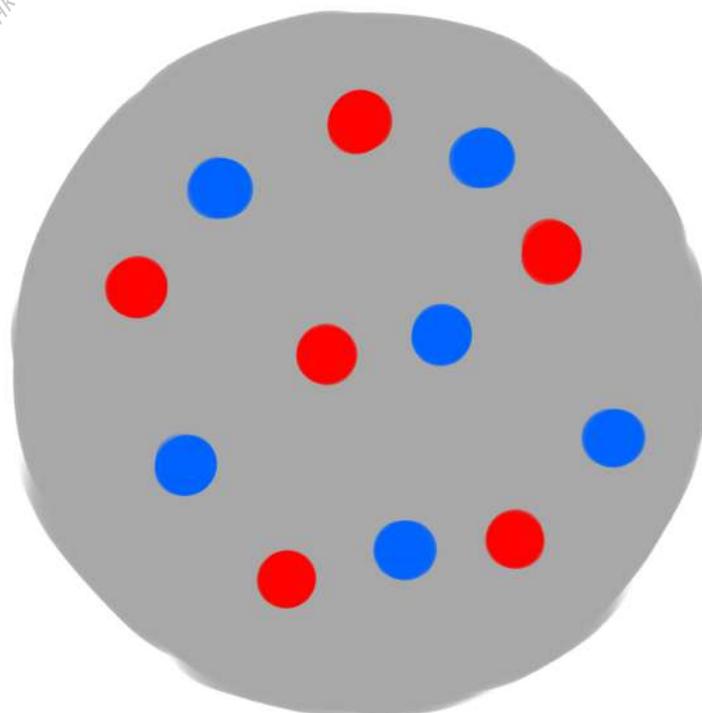


Рисунок 17 – Пример для Электризация Электростатической индукцией: металл-тело не заряжено, так как $N_p = N_e$



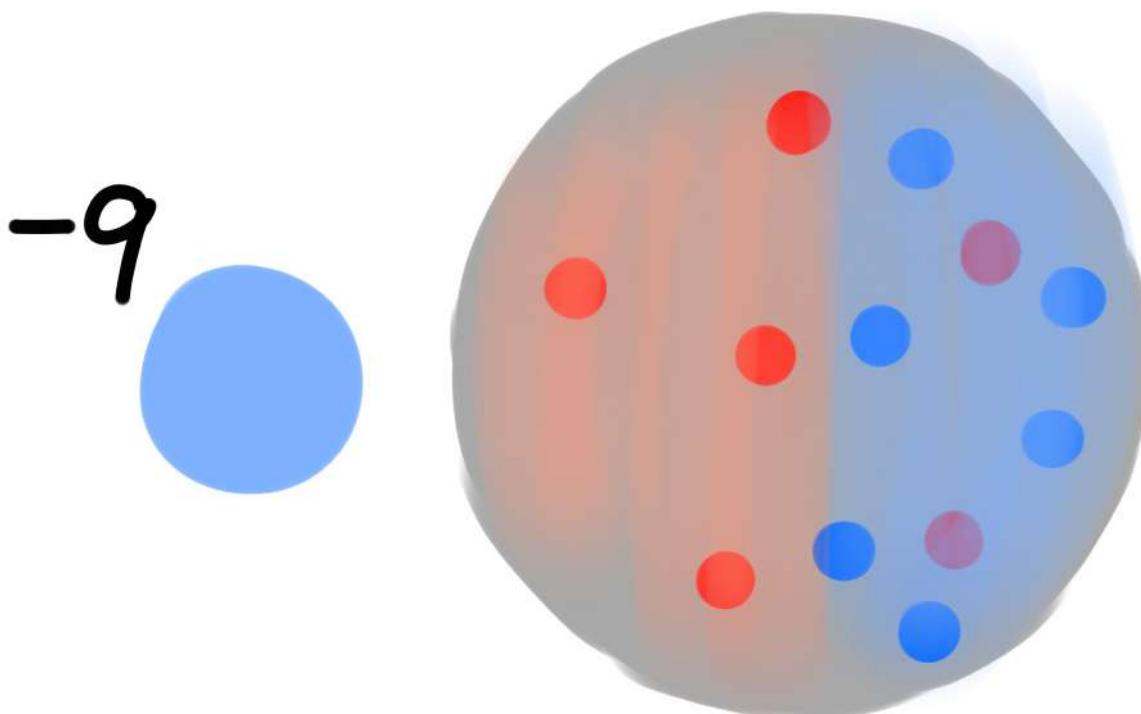


Рисунок 18 – Пример для ЭлектрИзация Электростатической индукцией: слева теперь заряд. « Правые • » чувствуют рядом « левый $-q$ », поэтому отходят, так как:



ЭлектрИзация правой и левой частей большого шара



левая часть большого шара наэлектризована $+$, $N_p > N_e$

и

правая часть большого шара наэлектризована $-$, $N_p < N_e$

Проявление ЭлектрИзации: (рис.19-22)

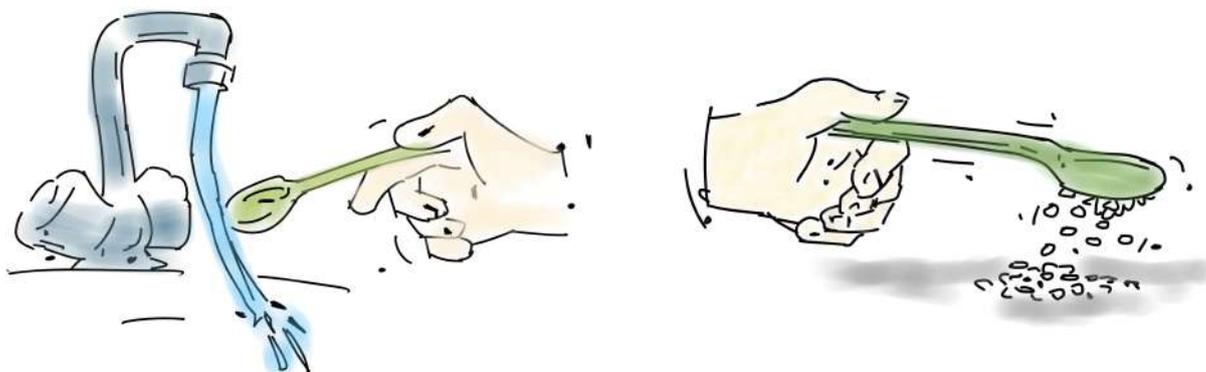


Рисунок 19 – Пример для Проявление ЭлектрИзации: бумажки притягиваются к наэлектризованной трением пластиковой **ложке**, струя отклоняется также этой **ложкой** (из-за Электростатической индукции)



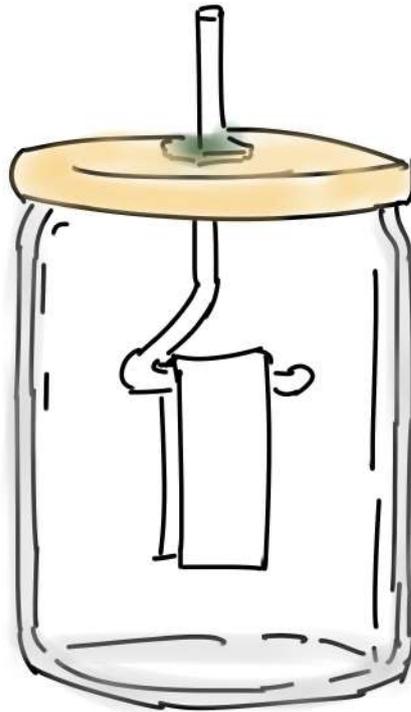


Рисунок 20 – Пример для **Проявление Электризации: Электроскоп – банка**, в которой **металлический стержень с « лепестками »**

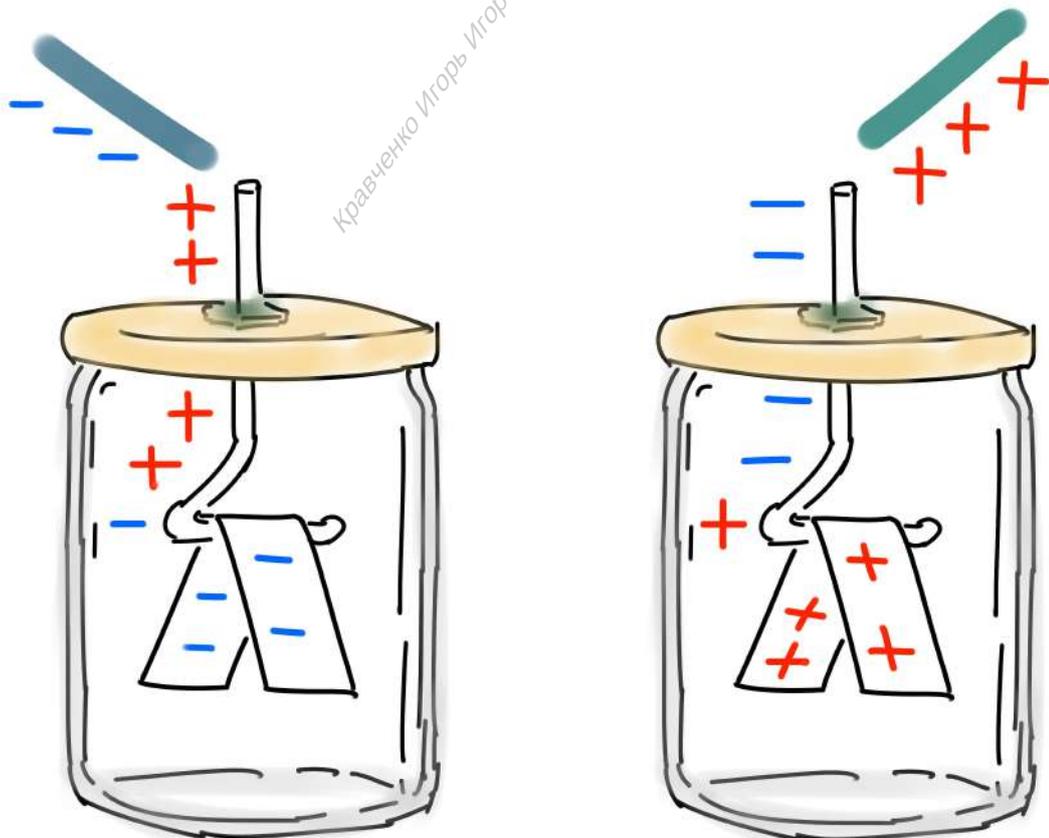


Рисунок 21 – Пример для **Проявление Электризации: « лепестки » расходятся** из-за **Электростатической индукции**

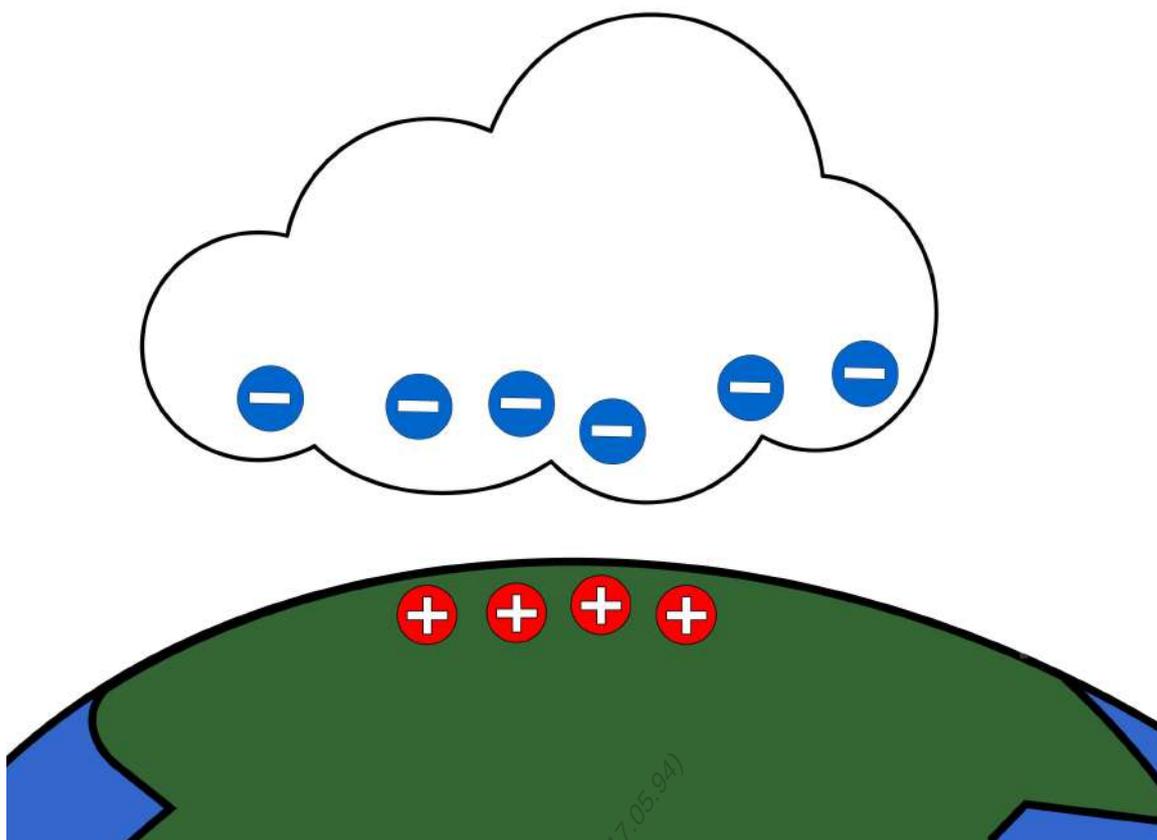


Рисунок 22 – Пример для **Проявление Электризации**: в туче льдинки, которые сталкиваются и электризуются. Оказывается, что в **нижней** части тучи скапливается **-заряды**, в верхней **+заряды**. Из-за **Электростатической индукции -заряды** уходят с поверхности земли **вглубь**, на поверхности остаются **+заряды**.

Закон сохранения электрического заряда:

« заряд изолированной системы постоянен »

(рис.23-26)



Ситуация 1:

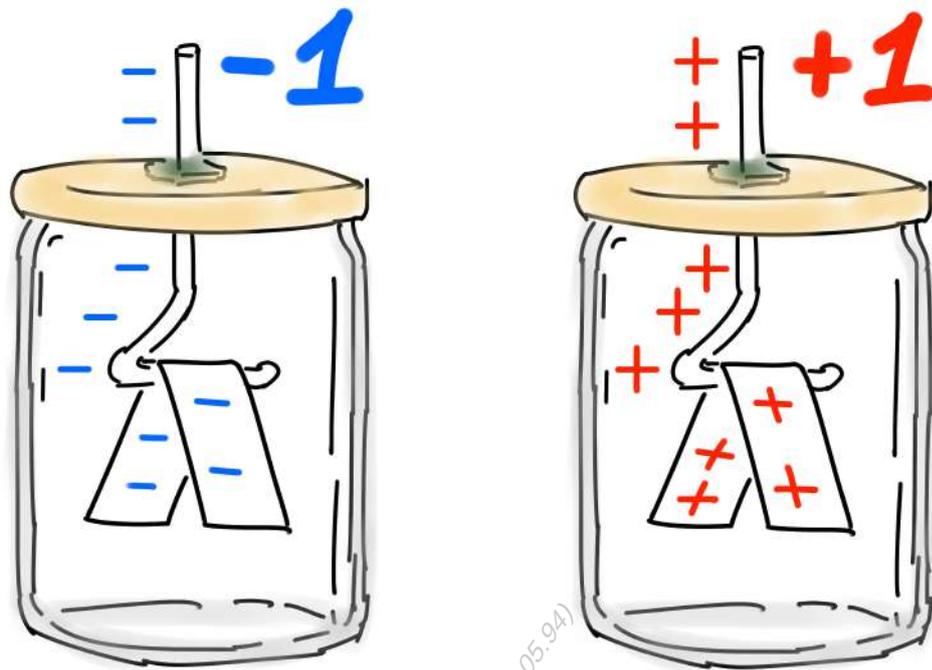


Рисунок 23 – Пример для **Проявление Электризации**: заряд системы:

$$Q = q_1 + q_2 = -1 + 1 = 0$$

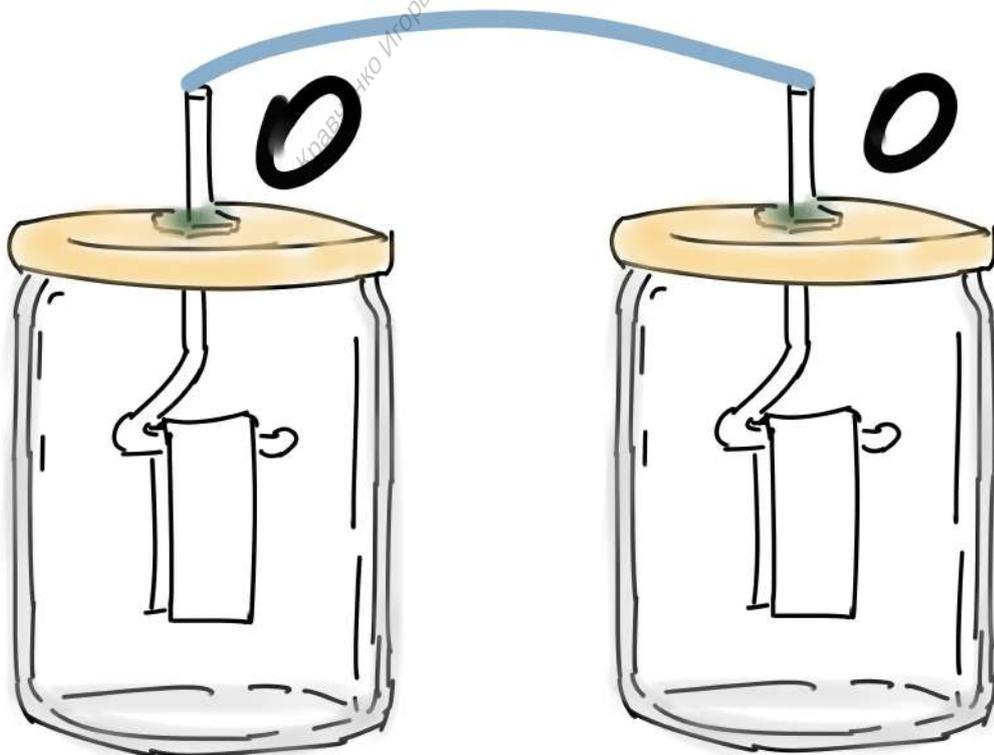


Рисунок 24 – Пример для **Проявление Электризации**: заряд системы:

$$Q = q_1 + q_2 = 0 + 0 = 0$$

Ситуация 2:

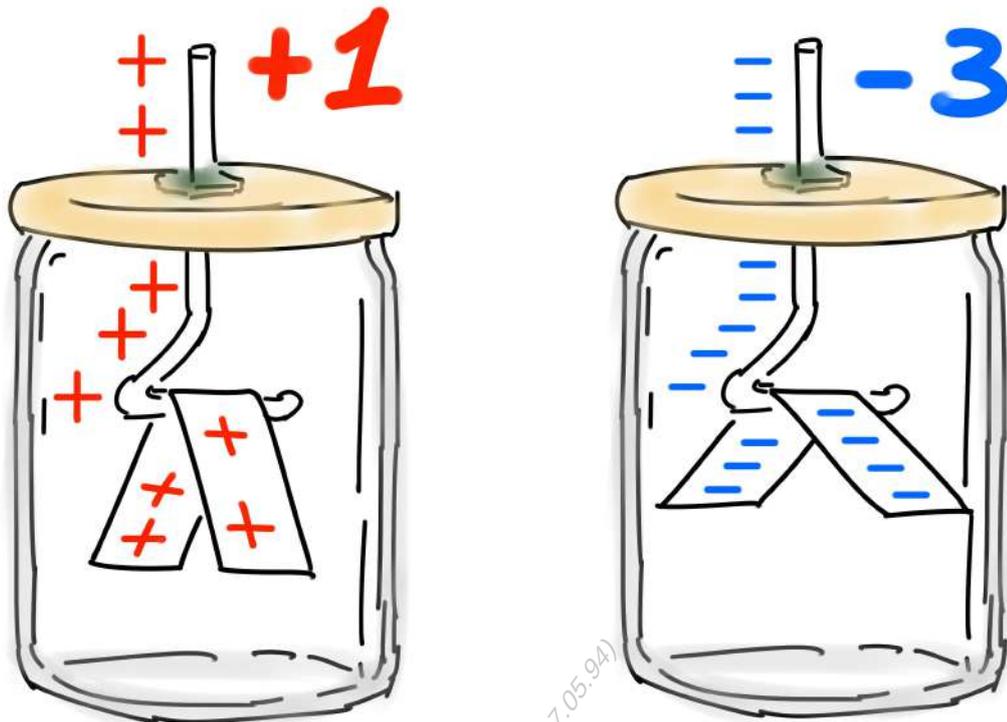


Рисунок 25 – Пример для Проявление Электризации: заряд системы:

$$Q = q_1 + q_2 = 1 + -3 = -2$$

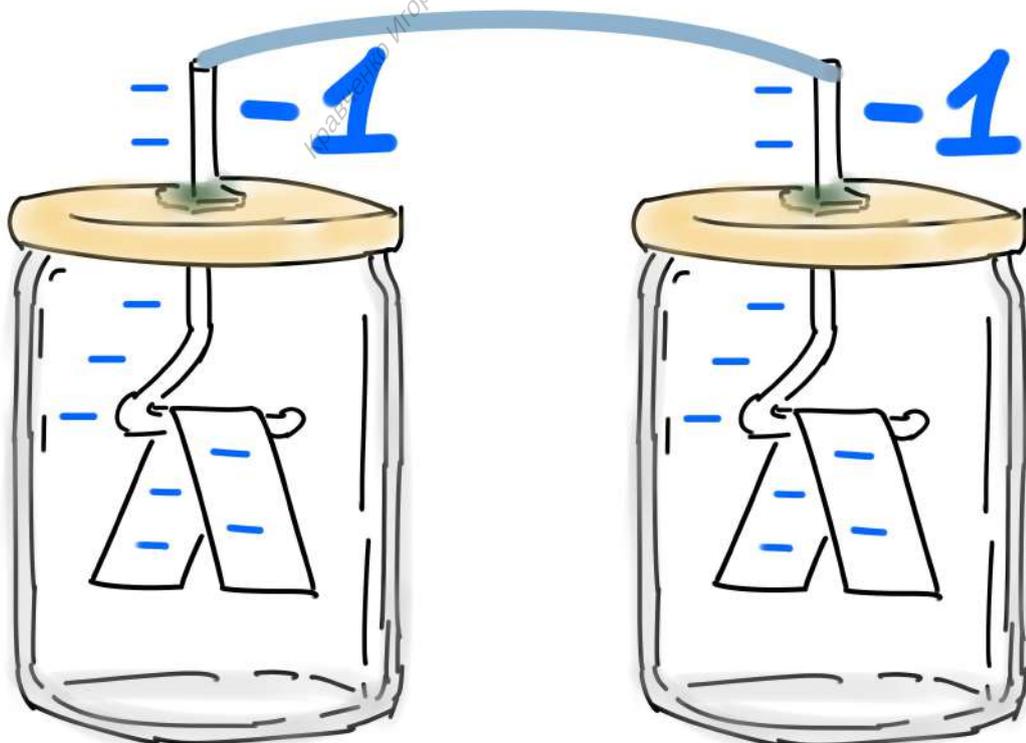


Рисунок 26 – Пример для Проявление Электризации: заряд системы:

$$Q = q_1 + q_2 = -1 + -1 = -2$$



Точечный заряд – заряженная материальная точка. (рис.27)



Рисунок 27 – Пример для **Точечный заряд**: тут **Синий** = Точечный

Закон Кулона – правило, помогающее рассчитать влияния между зарядами. (рис.28, 29)

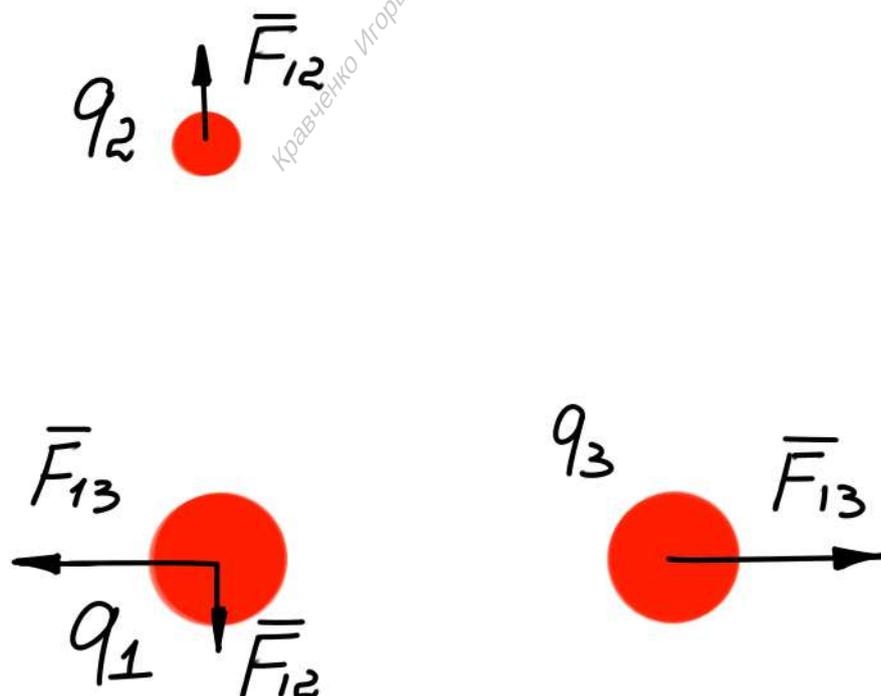


Рисунок 28 – Пример для **Закон Кулона**: расстояния одинаковые:

$$q_3 > q_2 \Rightarrow F_{13} > F_{12}$$



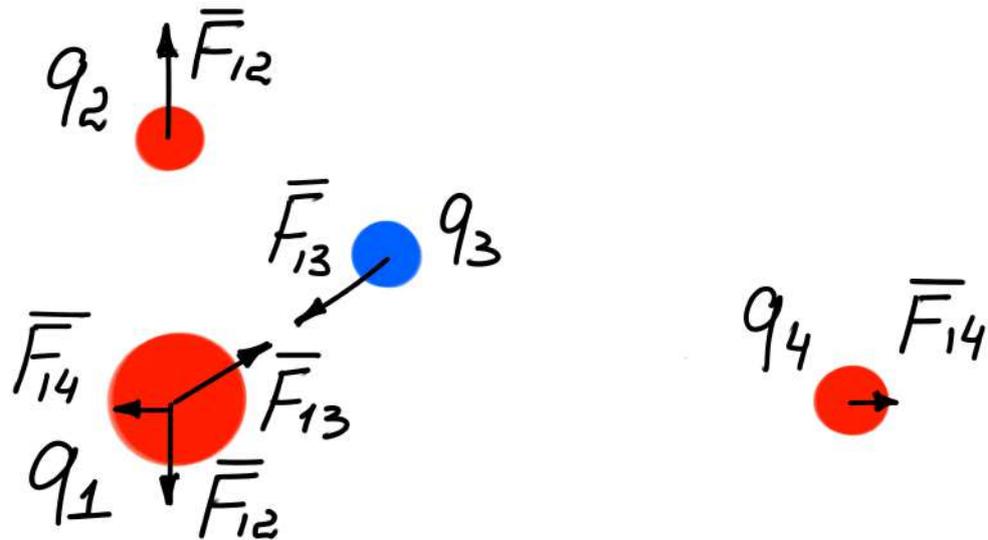


Рисунок 29 – Пример для **Закон Кулона**:

$q_3 = q_2$ (расстояния одинаковы) $\Rightarrow F_{13} = F_{12}$

и

$q_4 = q_3$ (расстояния разные) $\Rightarrow F_{13} > F_{14}$

Электрическое поле: (рис.30)

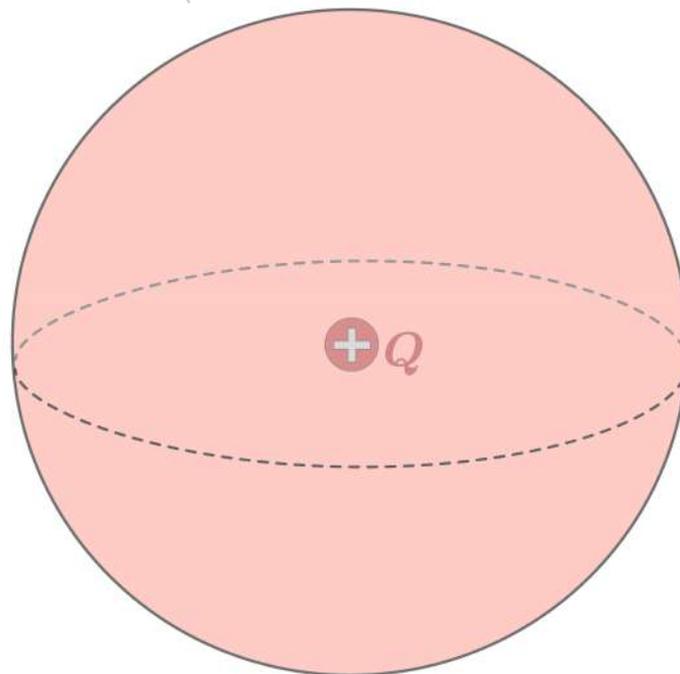


Рисунок 30 – Пример для **Электрическое поле**: **Заряд** создает вокруг **Поле**



Действие Эл.Поля на заряд: (рис.31)

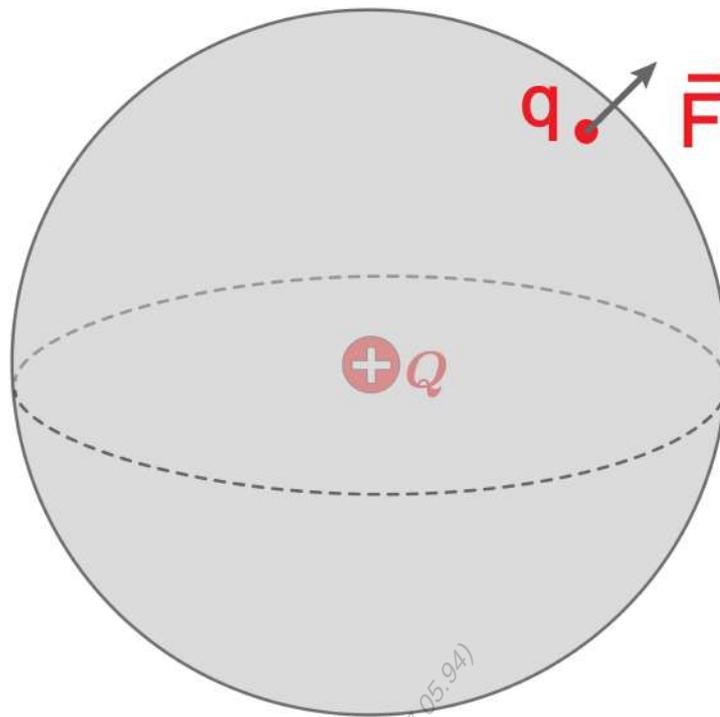


Рисунок 31 – Пример для Действие Эл.Поля на заряд: Эл.Поле отталкивает **заряд**

Скорость распространения электромагнитных взаимодействий: (рис.32-34)

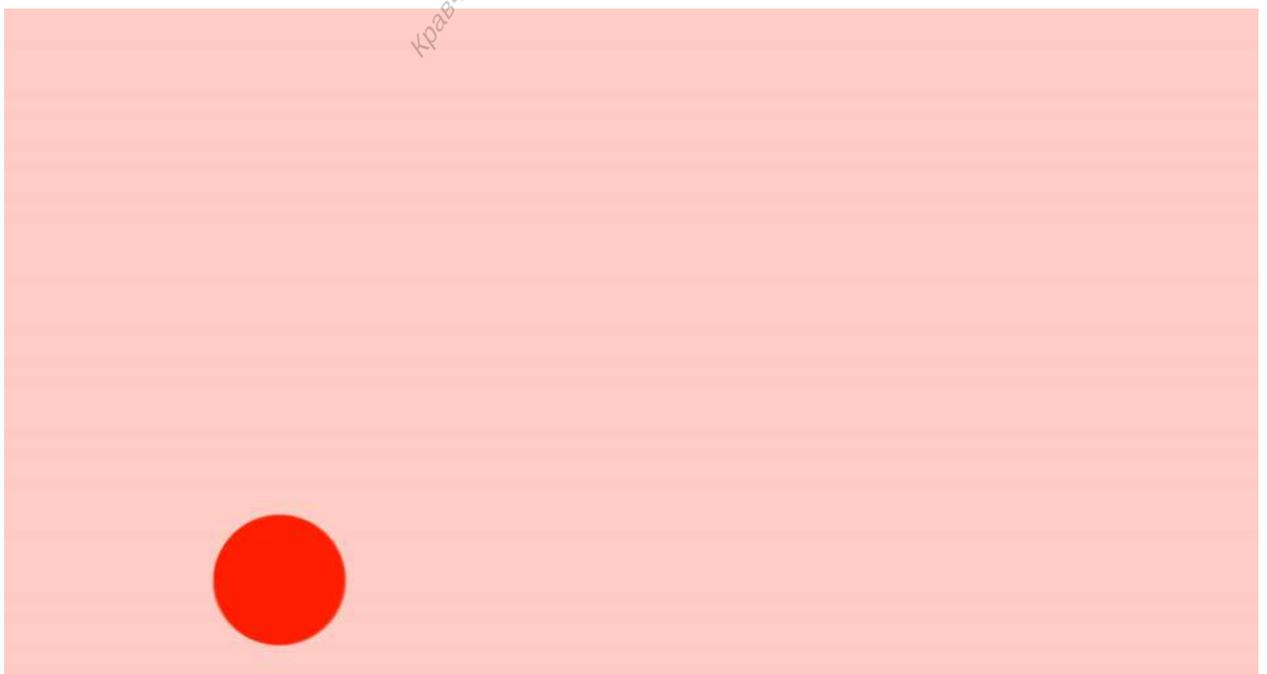


Рисунок 32 – Пример для **Скорость распространения эл.магн. взаимодействий:** **заряд,**
вокруг **Поле**

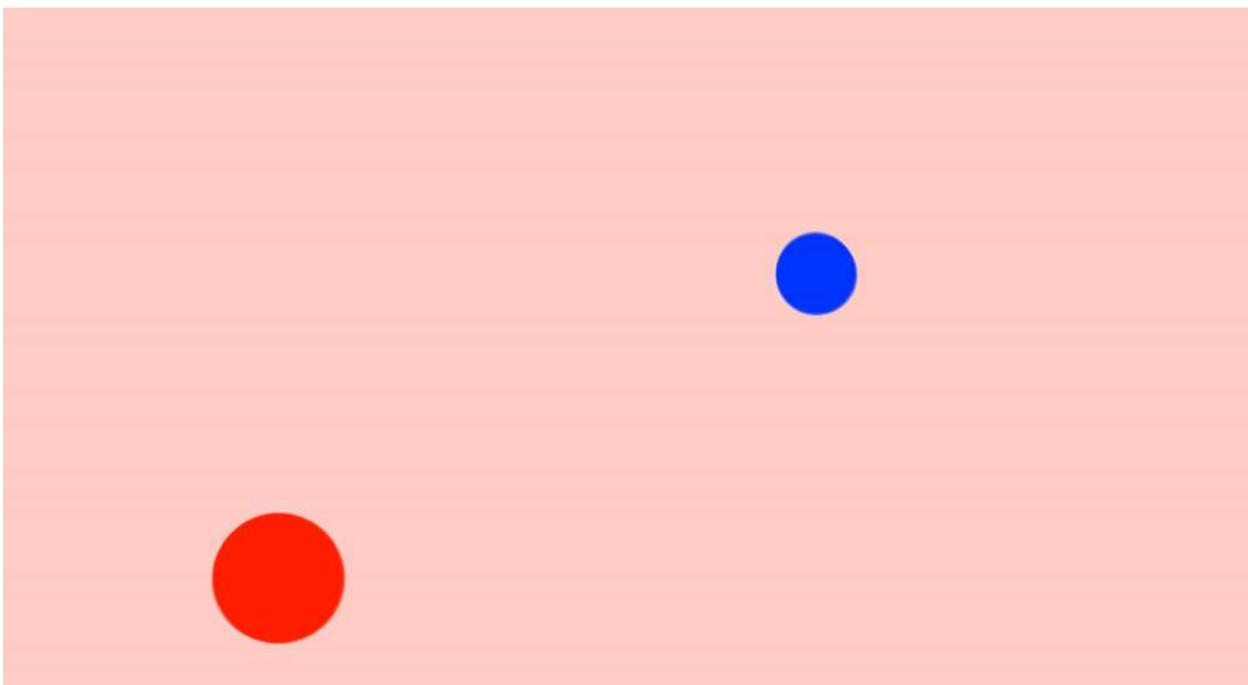
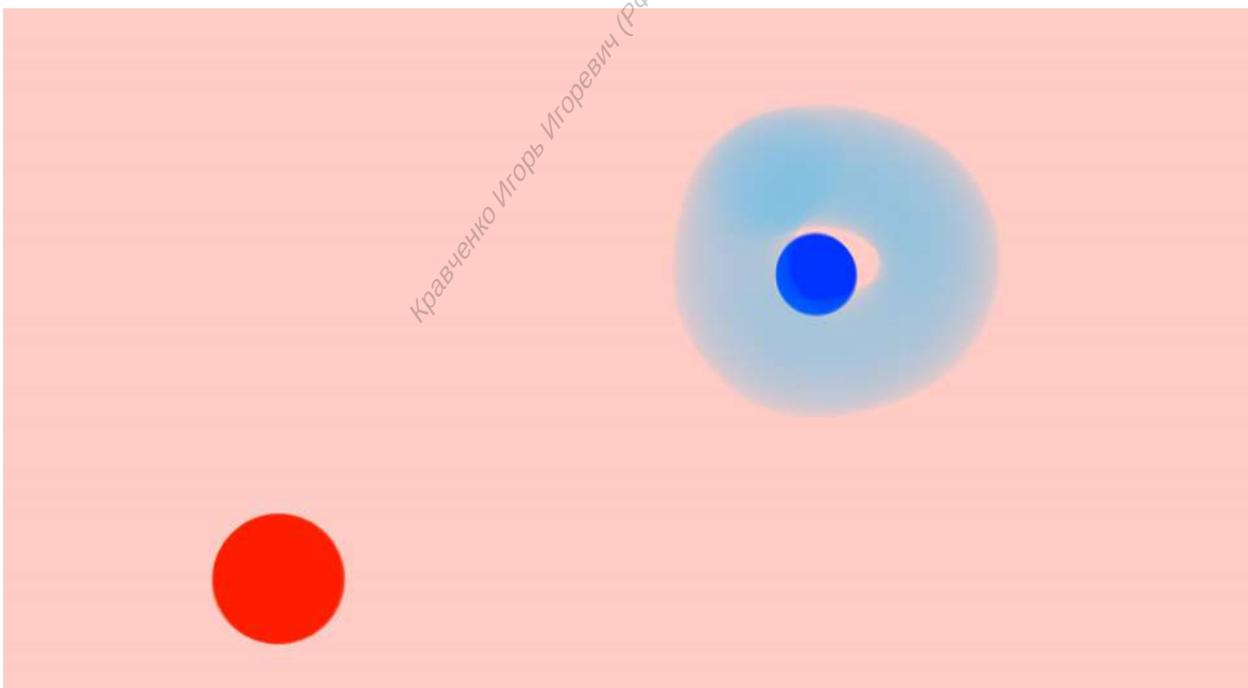


Рисунок 33 – Пример для **Скорость распространения эл.магн. взаимодействий:** появляется **заряд**. Взаимодействия нет, так как **Поле заряда** не дошло до **заряда**



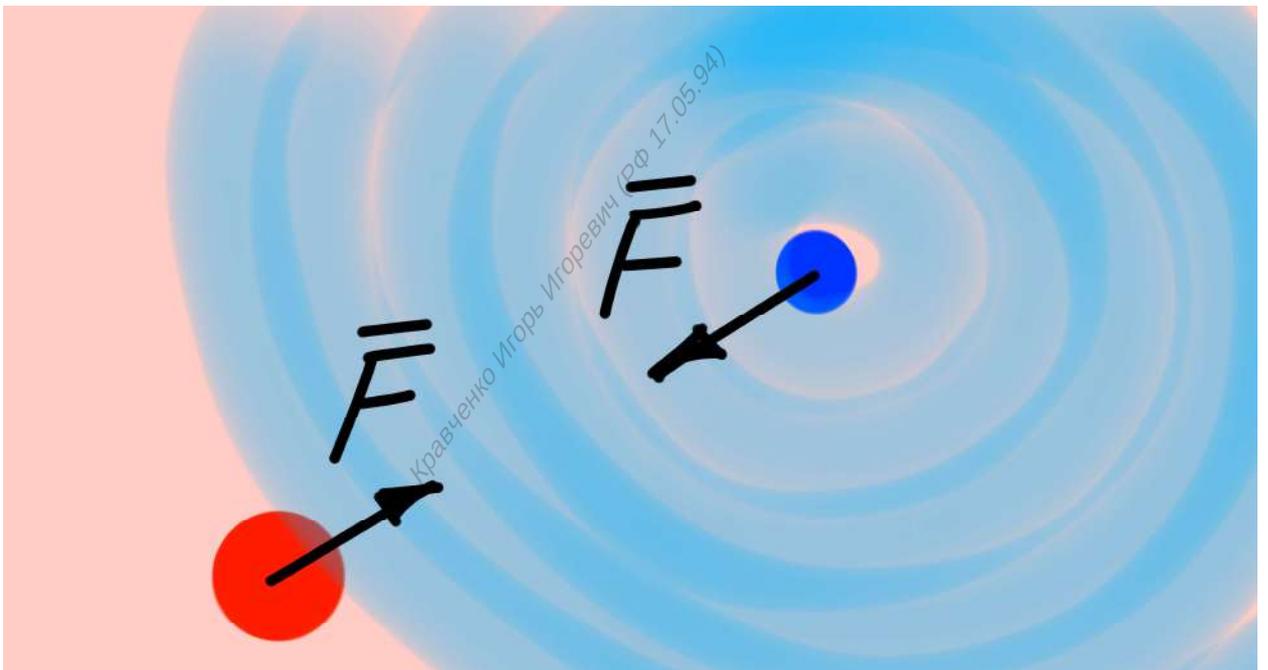
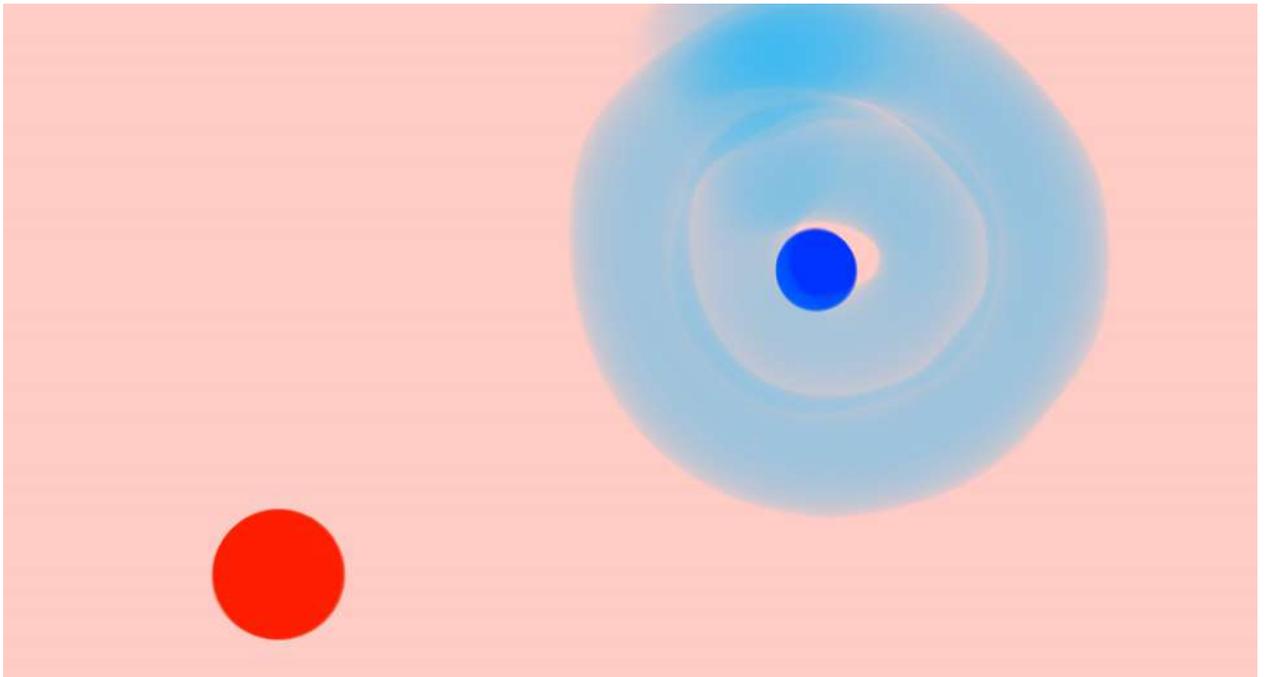


Рисунок 34 – Пример для **Скорость распространения эл.магн. взаимодействий: Поле** идет, потом доходит. Далее **появляется взаимодействие.**

Внимание. **Скорость распространения эл.магн. взаимодействий (Электромагнитного Поля):**

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$





Напряженность (\vec{E} [Н/Кл или В/м]) – характеристика интенсивности Поля. (рис.35)

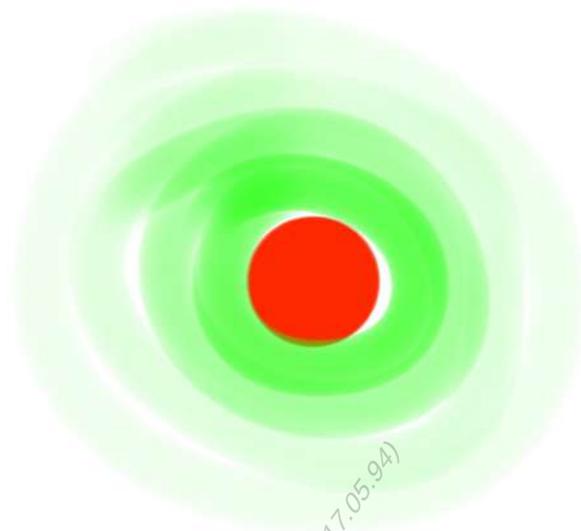


Рисунок 35 – Пример для **Напряженность: Поле слабеет с расстоянием**

Внимание. Напряженность – **силовое** свойство эл.поля:

$$\vec{E} \uparrow \Rightarrow \vec{F} \uparrow$$

Пробный заряд (q_0 [Кл]) – точечный **+заряд** для **обнаружения эл.поля** (\vec{E}) пространства. (рис.36-38)



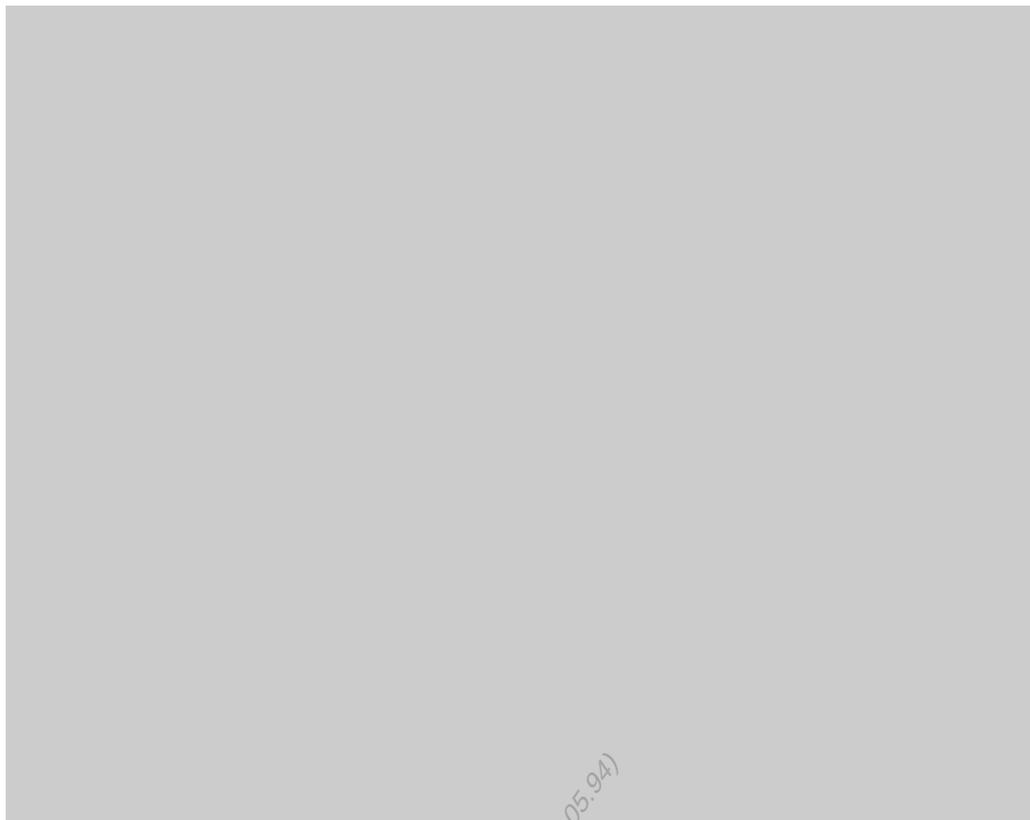


Рисунок 36 – Пример для **Пробный заряд: пространство. Эл.поле может быть невидимым.**

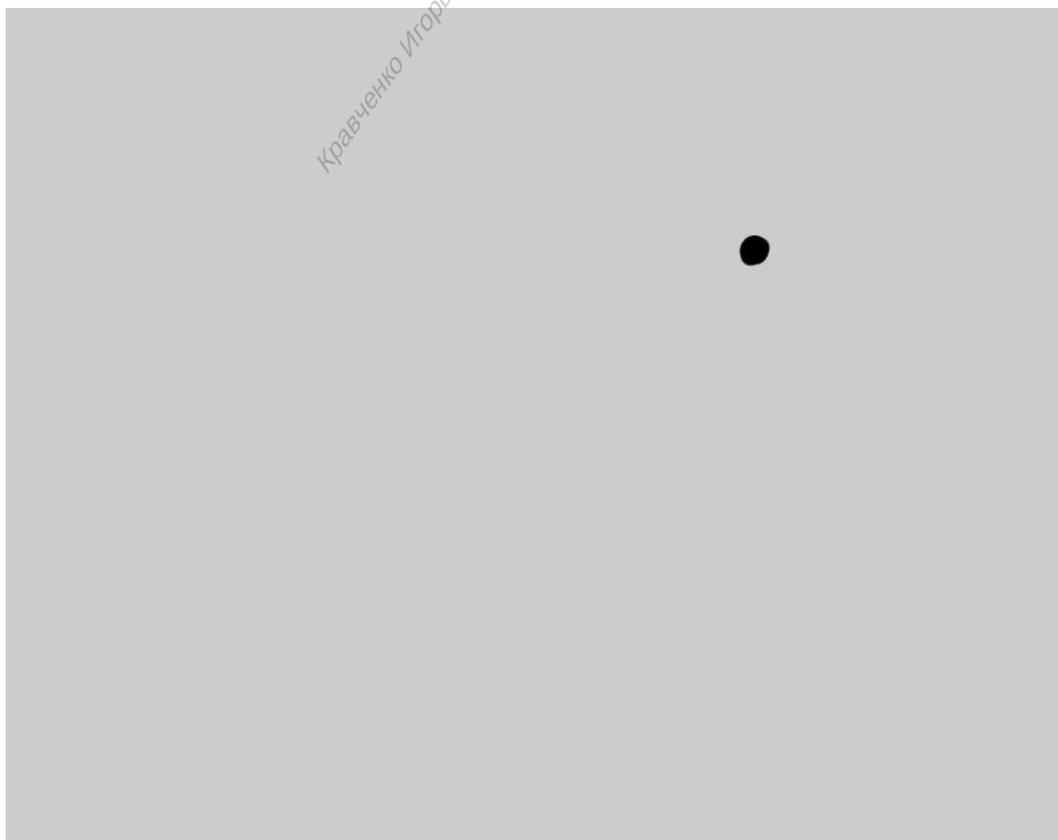


Рисунок 37 – Пример для **Пробный заряд: проверим, есть ли тут эл.поле**



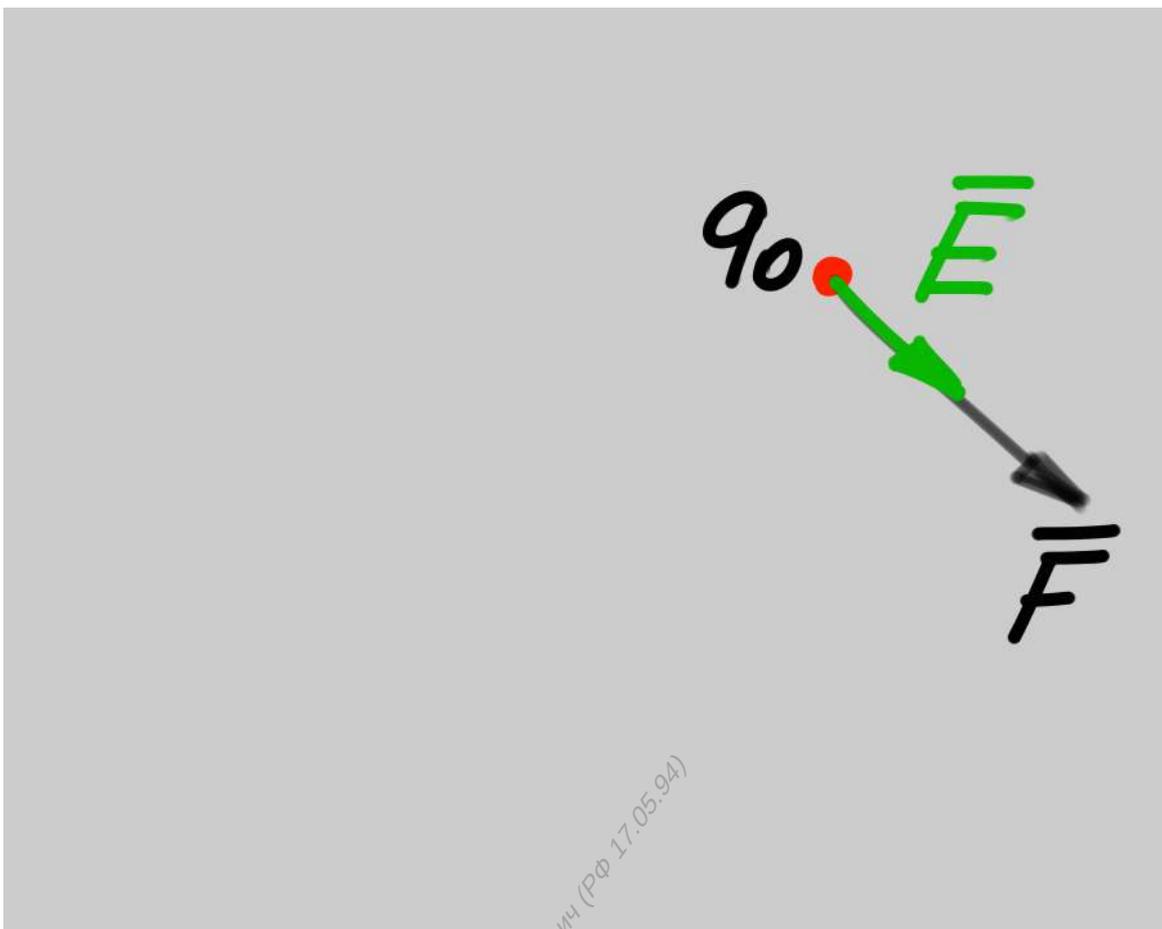


Рисунок 38 – Пример для **Пробный заряд**: помещаем в точку q_0 , сила показывает \vec{E} . Эл.поле тут есть.

Однородное эл.поле – поле, где $\vec{E} = const$: (рис.39)

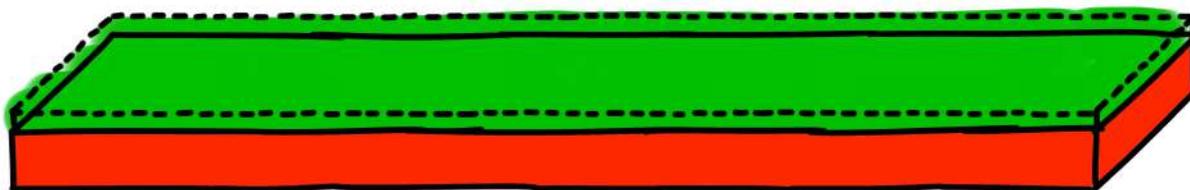


Рисунок 39 – Пример для **Однородное эл.поле**: заряженная плоскость.

$\vec{E} = const$ в **зеленой** области (расстояние до пластины \ll размеров пластины).

Линия напряженности – изображение эл.поля в пространстве, в каждой точке линии вектор \vec{E} касателен или параллелен. (рис.40)



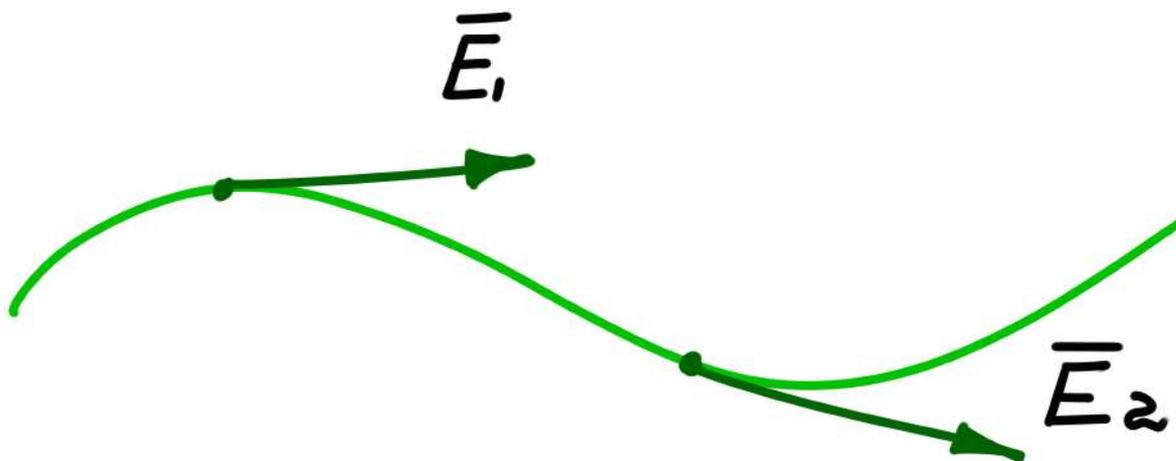


Рисунок 40 – Пример для **Линия напряженности**: эл.поле неоднородно волнообразно. Эл.поле направлено слева направо. \vec{E} показывает направление эл.поля в точке пространства.

Внимание.

« Силовая линия = Линия напряженности »

Картины линий напряженности:

1. Точечный заряд: (рис.41)

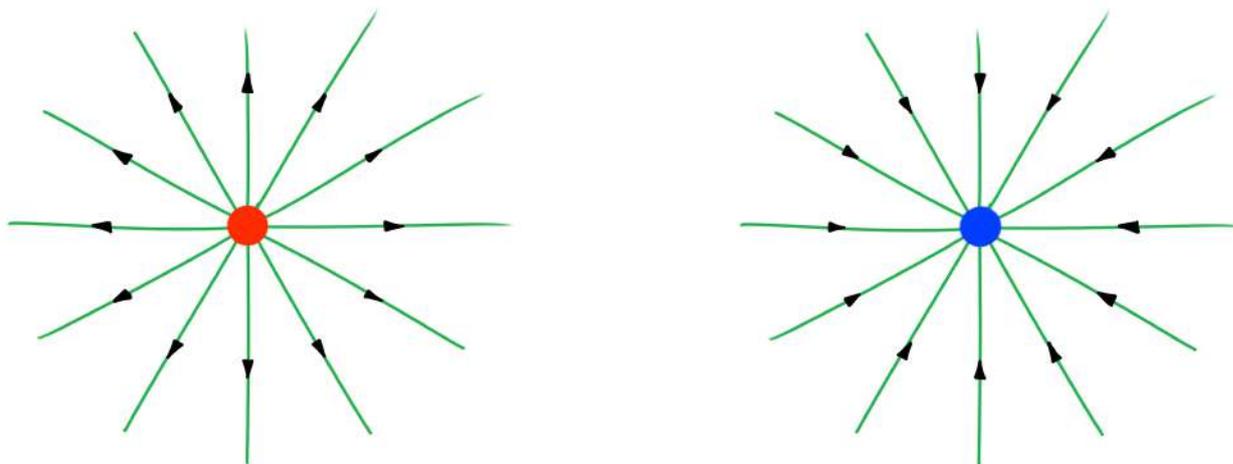


Рисунок 41 – Пример для **Точечный заряд**: силовые линии $\uparrow\uparrow \vec{E}$. \uparrow Густота силовых линий $\Rightarrow \uparrow E$ в этой области пространства.





2. Заряженная плоскость: (рис.42)

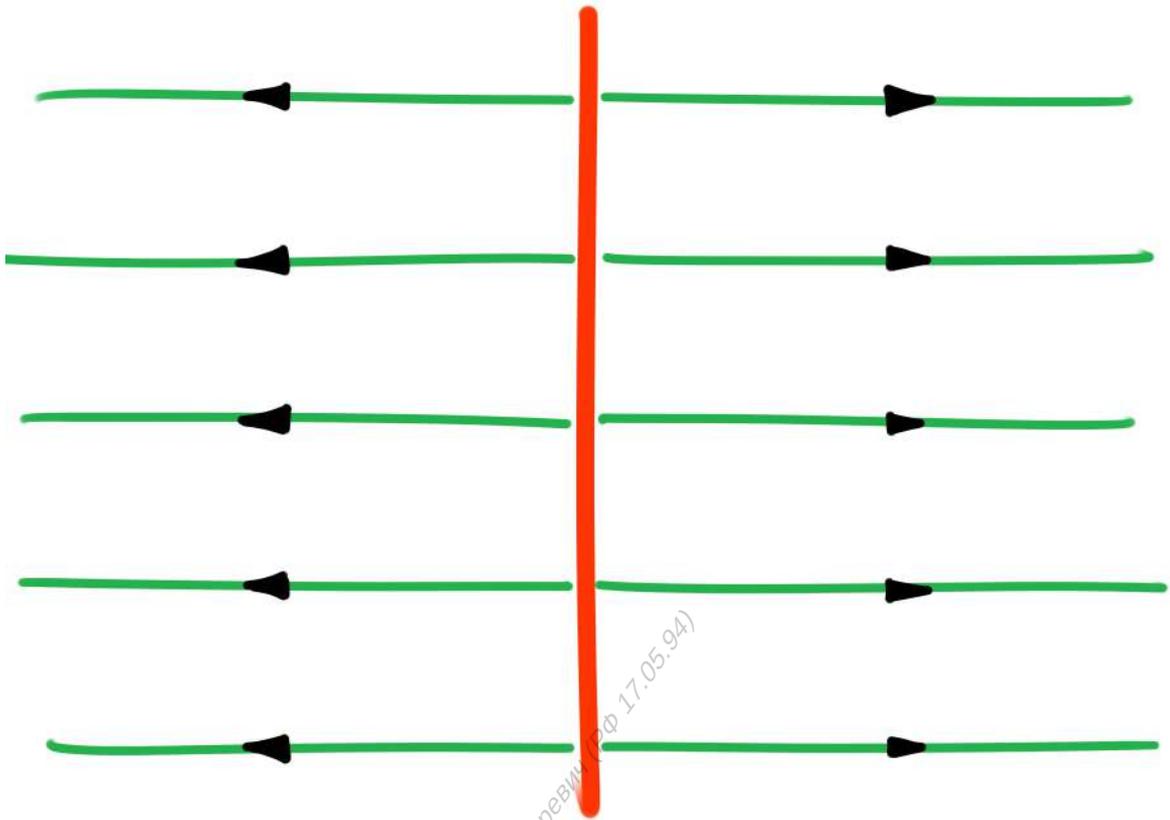


Рисунок 42 – Пример для Заряженная плоскость: силовые линии $\uparrow \uparrow \vec{E}$.
[Густота силовых линий = const] \Rightarrow поле однородно.

Внимание. Силовые линии:

« начинаются на +зарядах

и

заканчиваются на -зарядах »

(рис.43)



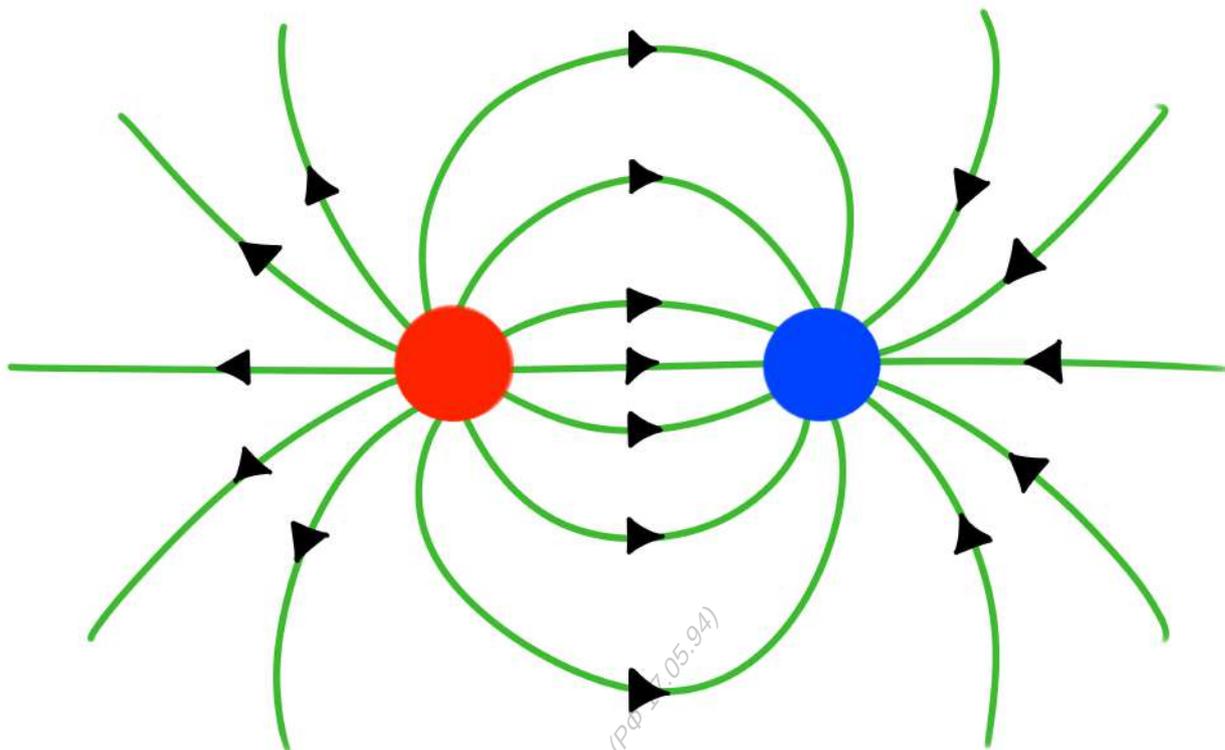


Рисунок 43 – Пример для **начинаются на + и заканчиваются на -**: + ● ↻ ● -

Внимание. Далее полагаем, что эл.поле постоянно во времени (электростатическое).

Потенциальность эл. поля:

« **Работа** силы эл.поля **не зависит от траектории** перемещения заряда.

Работа **зависит от начального и конечного** положений заряда.

Работа по замкнутому пути = 0. »

(рис.44)



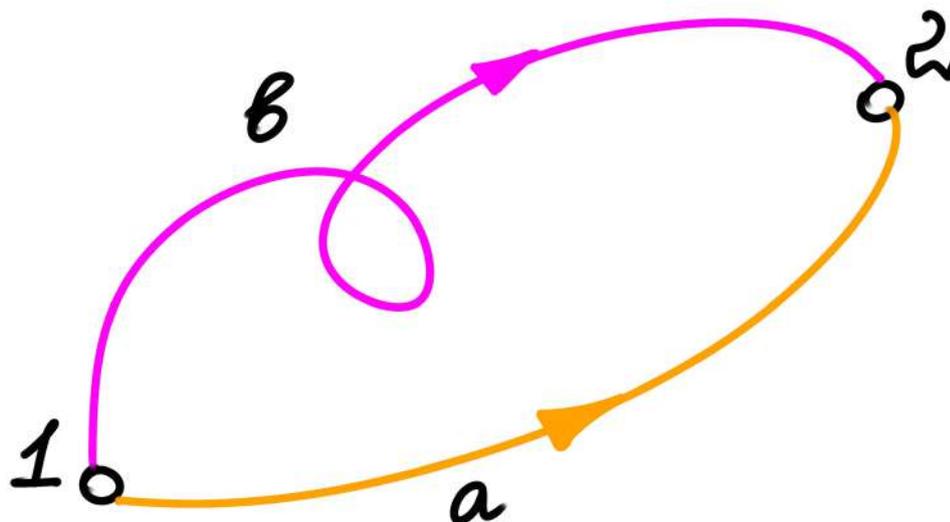


Рисунок 44 – Пример для Потенциальность эл. поля:

$$A_{1a2} = A_{1b2}$$

$$A_{12} = \text{const}$$

$$A_{1a2b1} = A_{1b2a1} = A(C) = 0$$

Потенциальная энергия в эл.поле (W [Дж]) – энергия заряда из-за взаимодействия эл.полем. (рис.45)

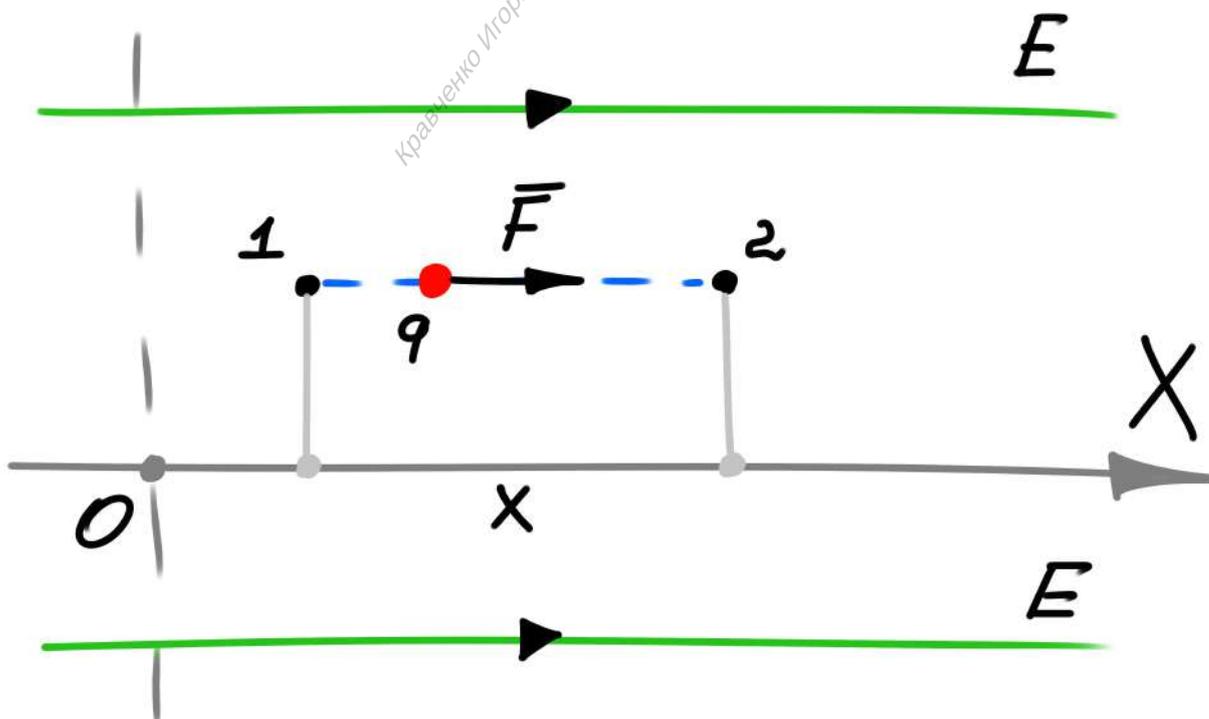


Рисунок 45 – Пример для Потенциальная энергия в эл.поле:

поле толкает заряд:

$$v \uparrow \Rightarrow E_K \uparrow \Rightarrow W \downarrow (E = E_K + W = \text{const})$$





Потенциал (φ [В]) – характеристика интенсивности Поля. (рис.46)

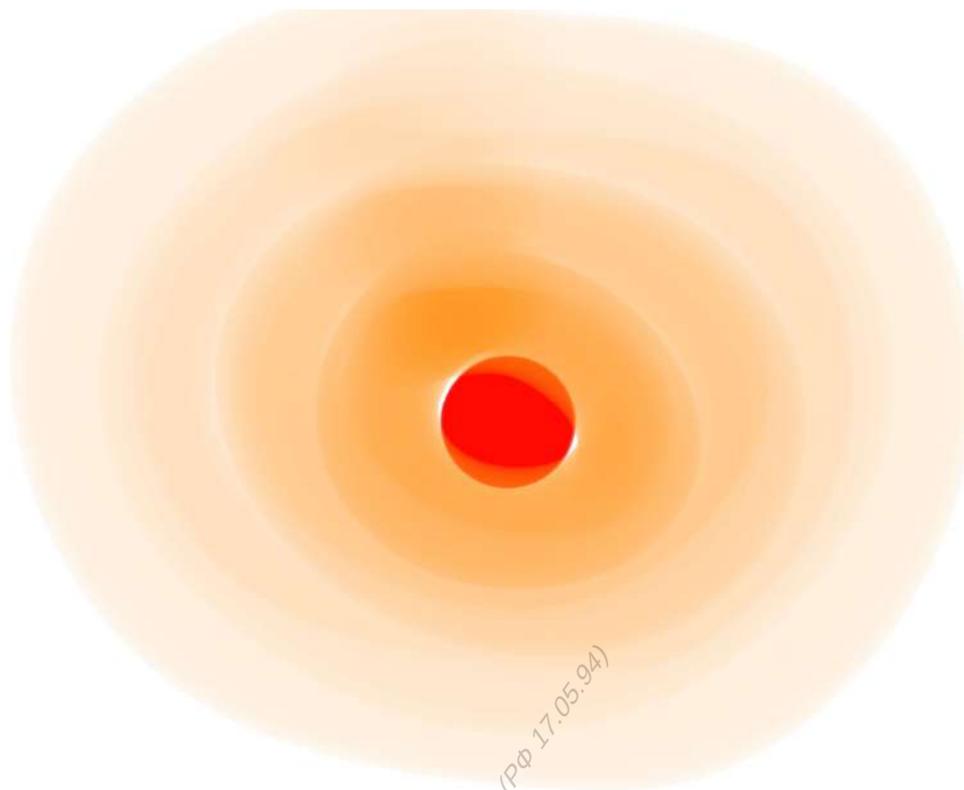


Рисунок 46 – Пример для **Потенциал**: Поле слабеет с расстоянием

Внимание. Потенциал – энергетическое свойство эл.поля:

$$\ll \varphi \uparrow \Rightarrow W \uparrow \gg$$

Внимание. Напряжённость указывает **убывание потенциала**:

$$\varphi_1 \bullet \quad \xrightarrow{\quad \vec{E} \quad} \quad \bullet \varphi_2$$

$$(\varphi_1 > \varphi_2)$$

Разность потенциалов (Напряжение) (U [В]) – характеристика интенсивности Поля между двумя точками:

« потенциал **начальный** **минус** потенциал **конечный** »

(рис.47)



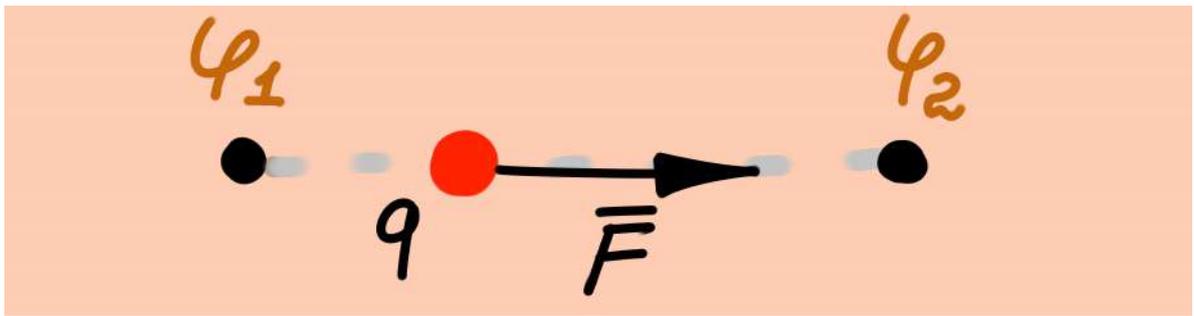


Рисунок 47 – Пример для Напряжение: $U = \varphi_1 - \varphi_2$

Эквипотенциальная поверхность – поверхность, где:

« $\varphi = \text{const}$ »

(рис.48, 49)

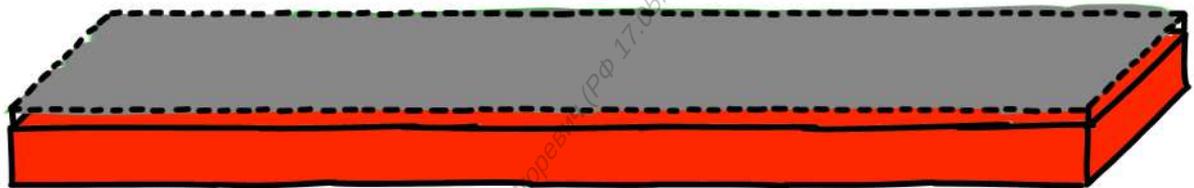


Рисунок 48 – Пример для Эквипотенциальная поверхность: для заряженной плоскости

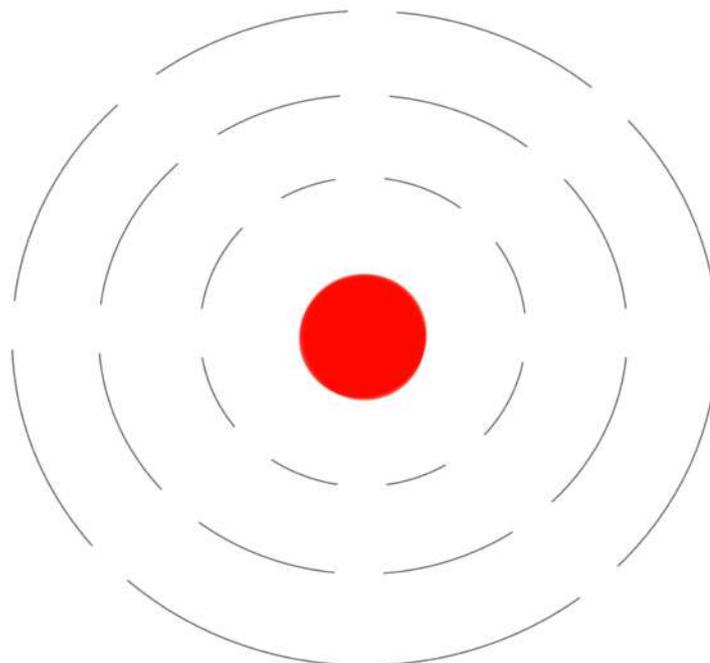


Рисунок 49 – Пример для Эквипотенциальная поверхность: для точечного заряда



Внимание. Эквипотенциальные поверхности \perp **СИЛОВЫМ** линиям: (рис.50, 51)

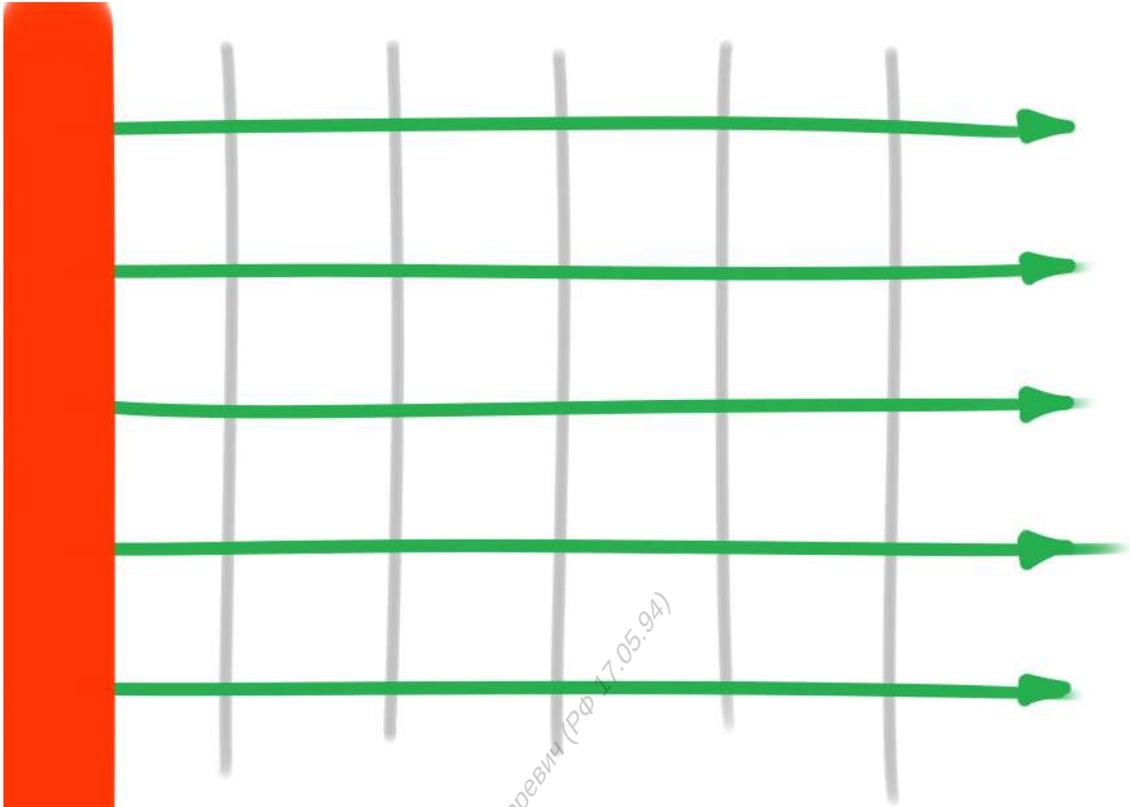


Рисунок 50 – Пример для Эквипотенциальные поверхности \perp **СИЛОВЫМ** линиям:
заряженная плоскость

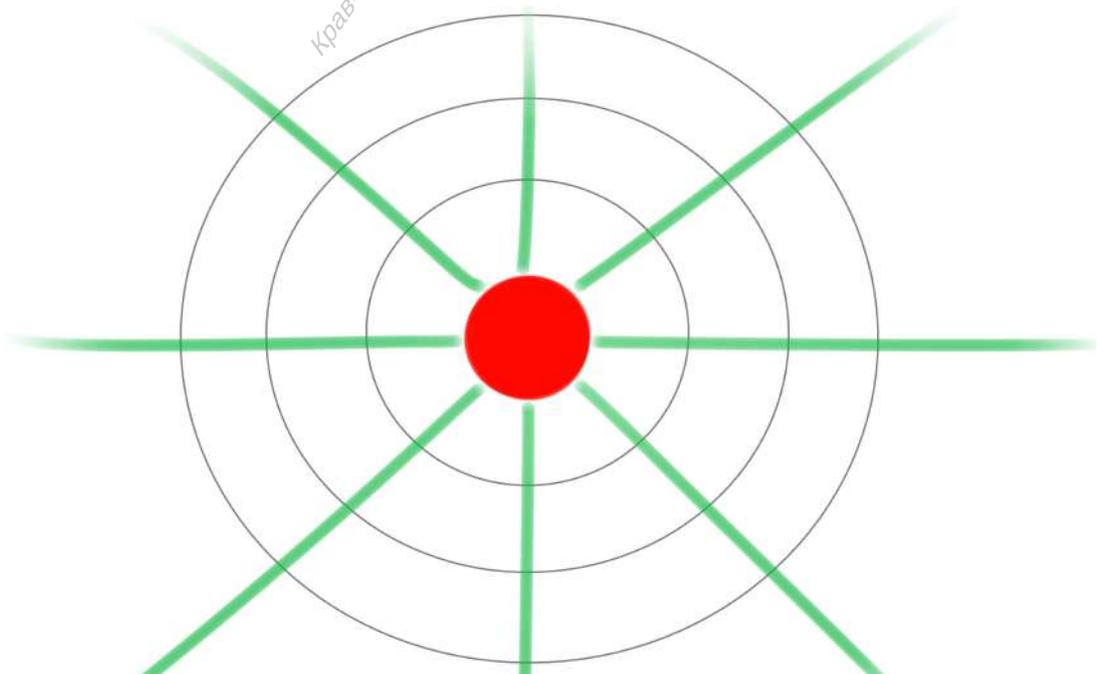


Рисунок 51 – Пример для Эквипотенциальные поверхности \perp **СИЛОВЫМ** линиям:
точечный заряд



Принцип суперпозиции электрических полей (\vec{E}):

« Напряженность поля от нескольких зарядов

=

сумма Напряженностей от отдельных зарядов »

(рис.52)

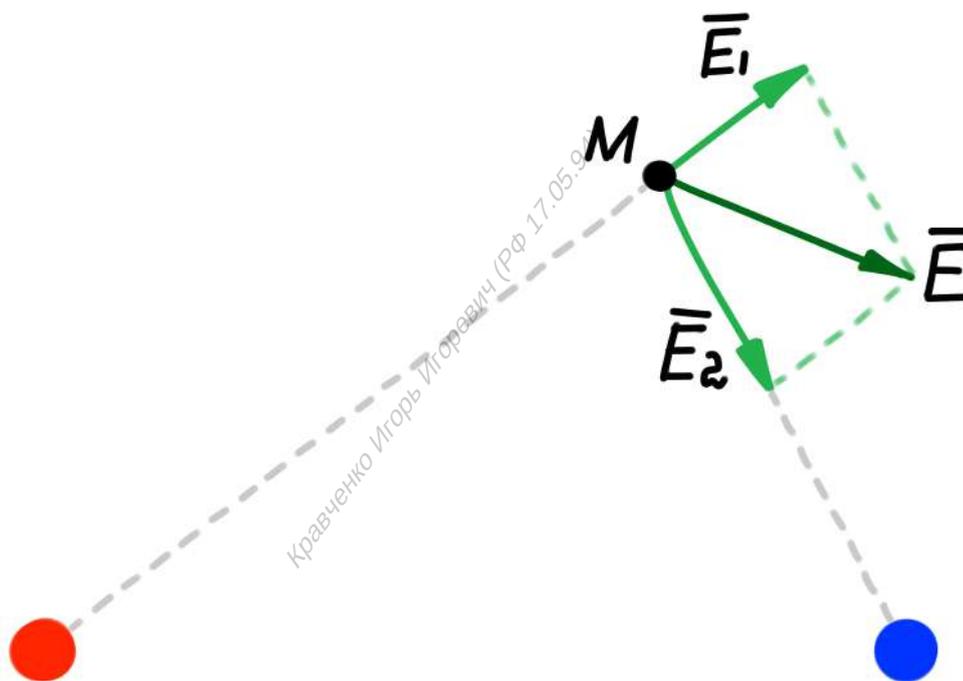


Рисунок 52 – Пример для **Принцип суперпозиции** электрических полей

$$(\vec{E}): \vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Принцип суперпозиции электрических полей (φ):

« Потенциал поля от нескольких зарядов

=

сумма потенциалов от отдельных зарядов »

(рис.53)



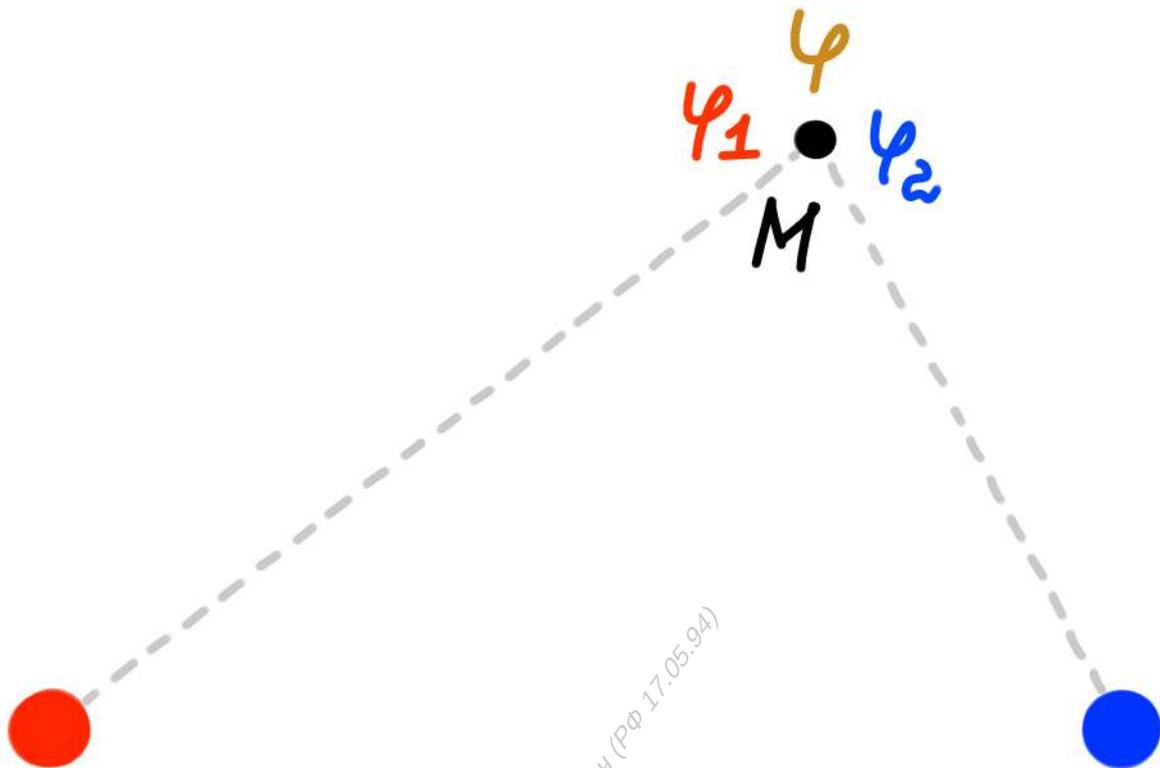


Рисунок 53 – Пример для **Принцип суперпозиции электрических полей**

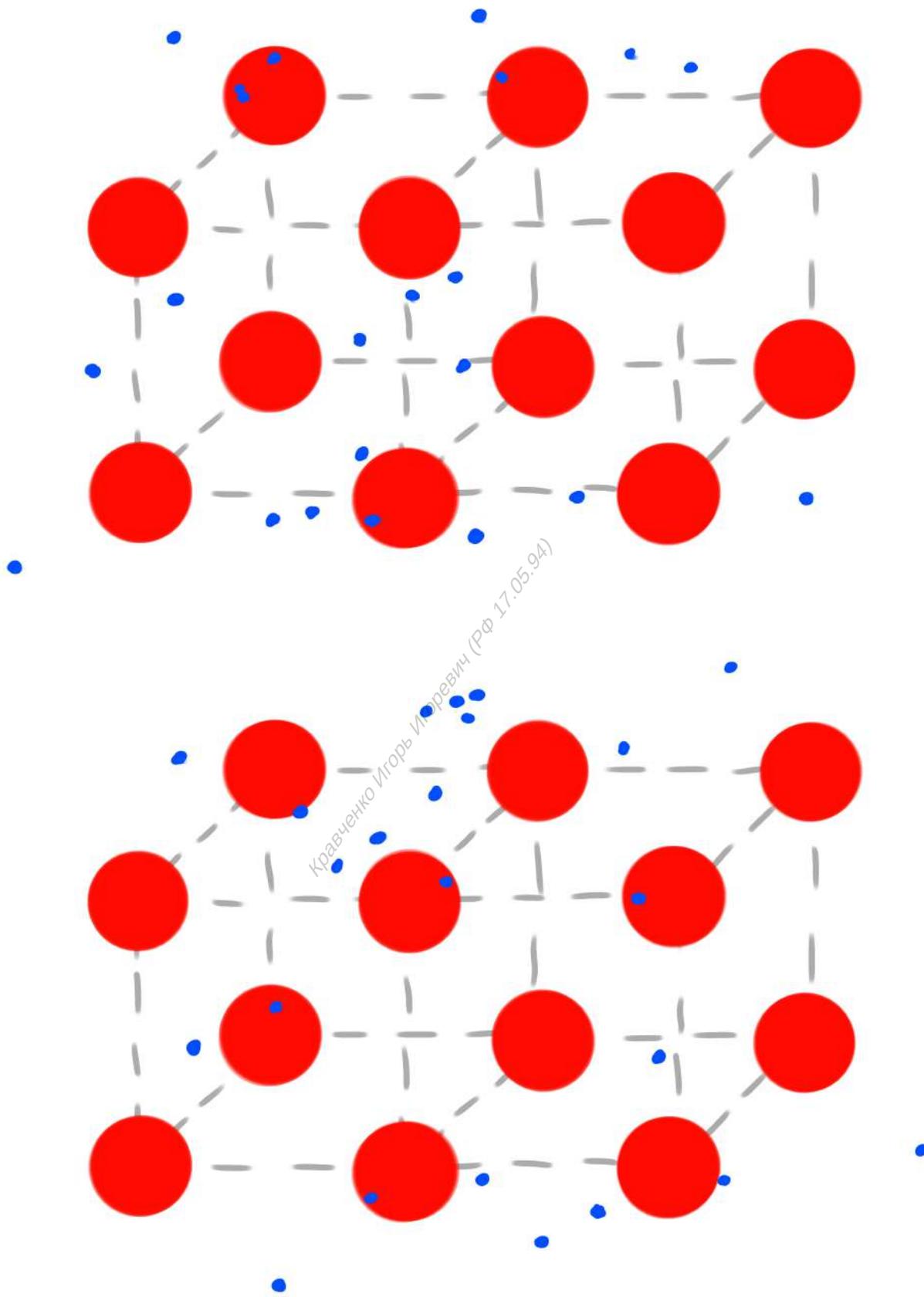
$$(\Phi): \Phi = \Phi_1 + \Phi_2$$

Проводник – тело из вещества, где:

« внутри имеются **свободные заряженные частицы** »

(рис.54)





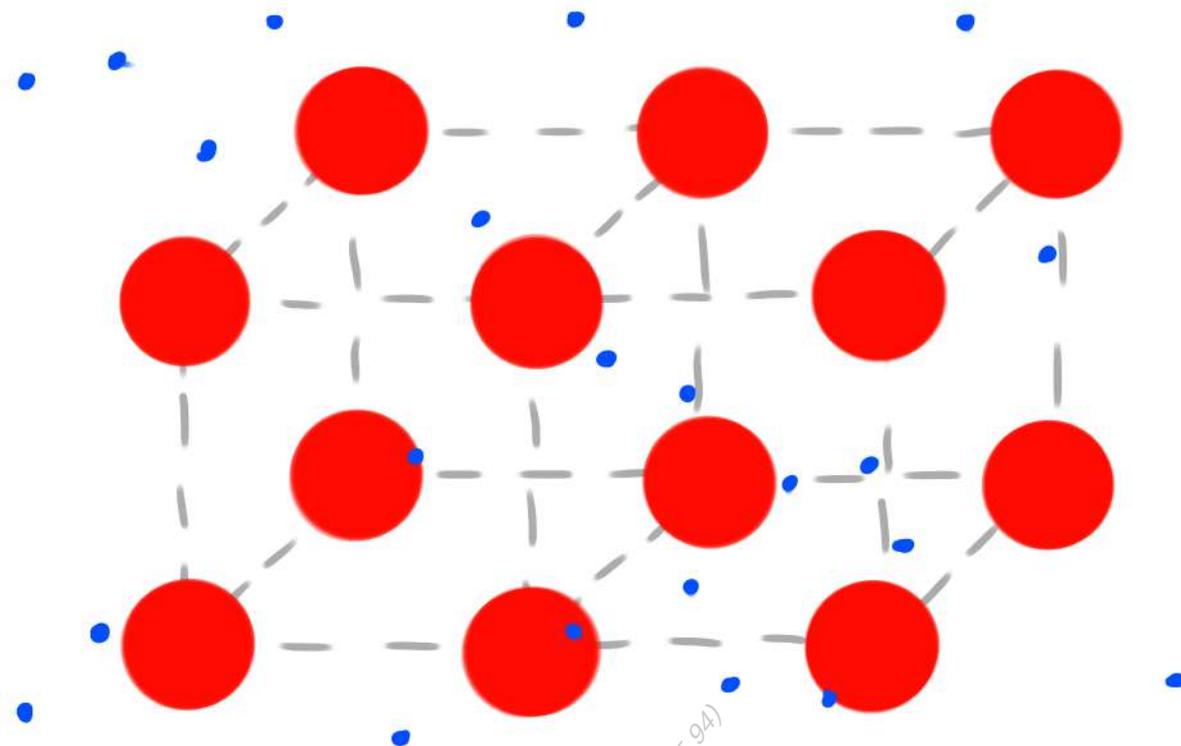


Рисунок 54 – Пример для **Проводник: синие свободны** (перемещаются). **Красные ограничены.**

Виды проводников:

1. Металл: (рис.55-57)

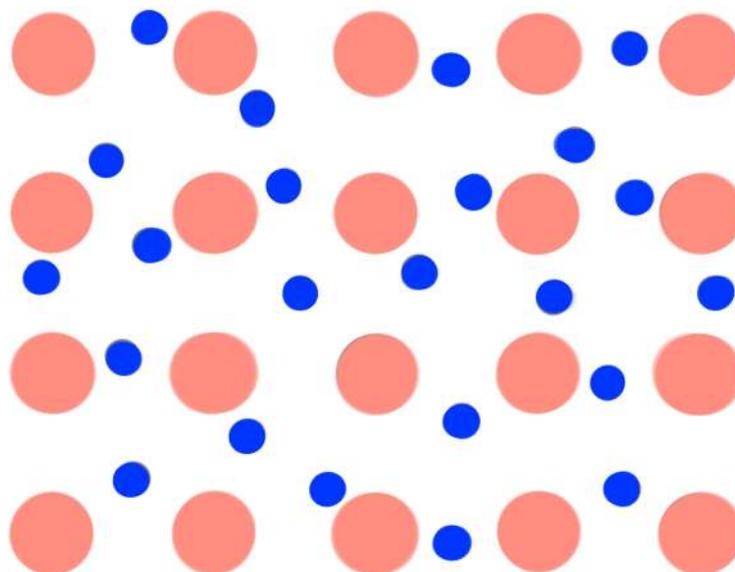


Рисунок 55 – Пример для **Проводник: Металл. В каждом атоме есть свободные электроны, которые могут переходить в другие места.**



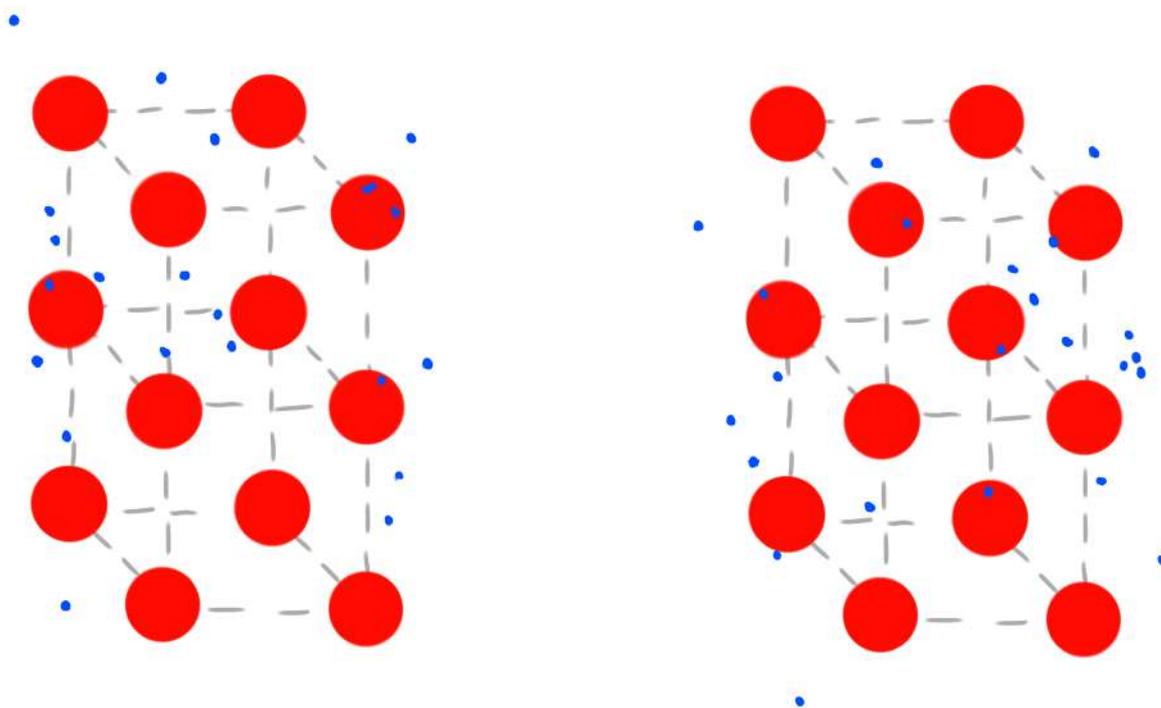


Рисунок 56 – Пример для **Проводник: Металл**. Хаотическое движение **электронов** («**электронный газ**»).

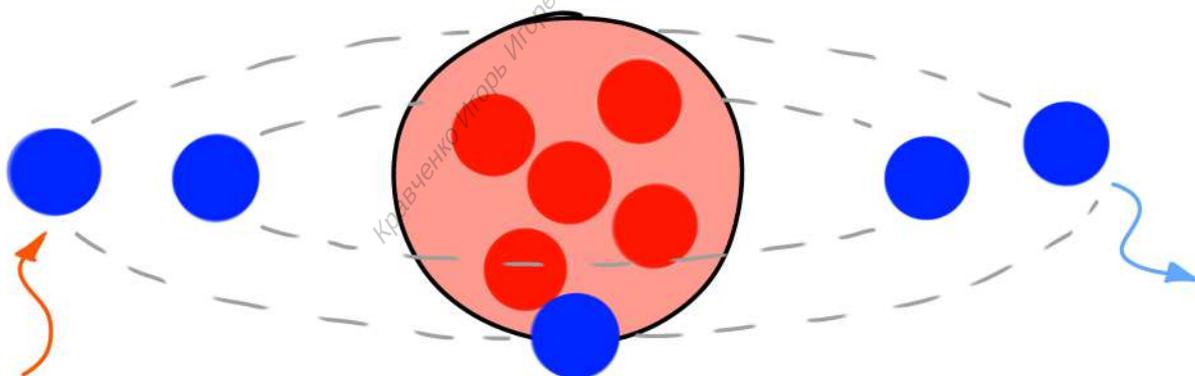


Рисунок 57 – Пример для **Проводник: Металл**. Атом может отдать **электрон**, но сразу приходит **другой электрон** (и наоборот) (так образуется «**электронный газ**»)

Внимание. Ион – заряженная молекула или атом. (рис.58, 59)



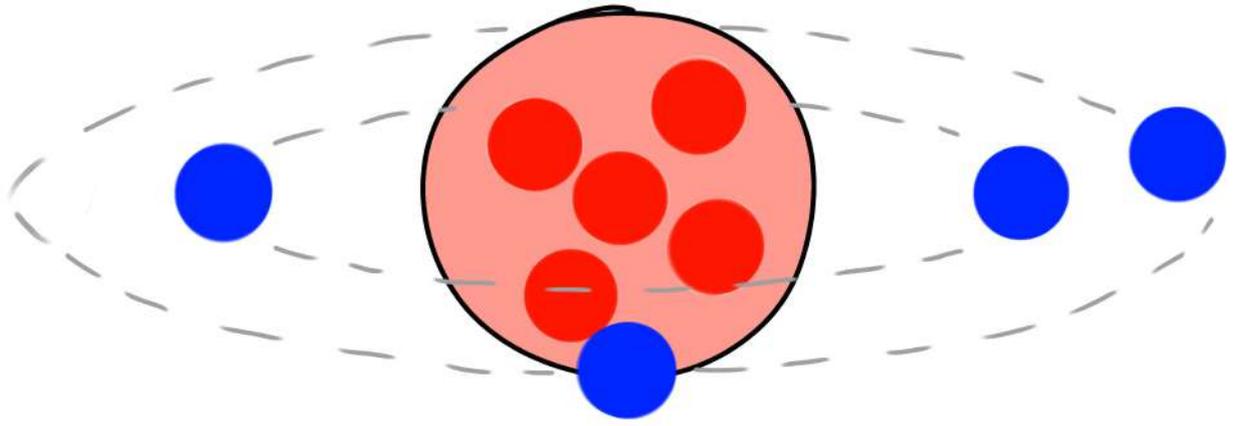


Рисунок 58 – Пример для Ион: **+Ион**

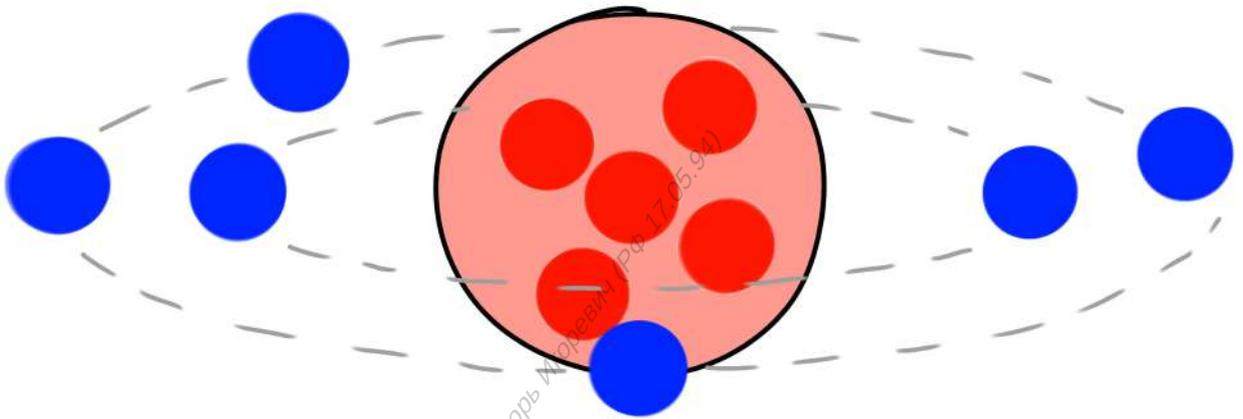
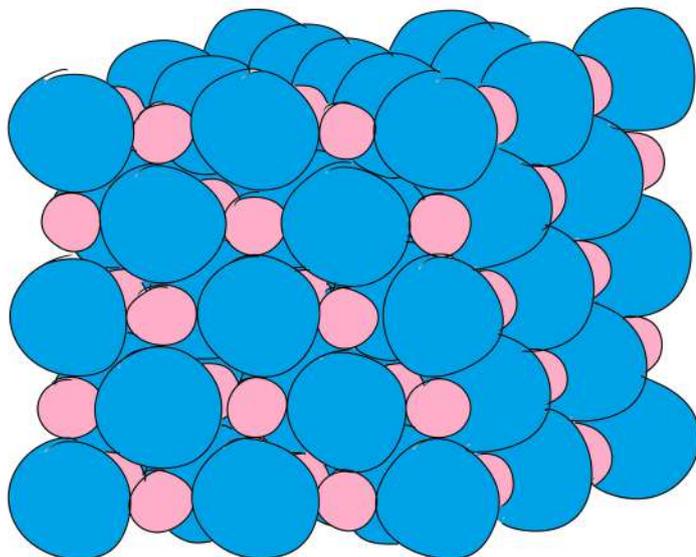


Рисунок 59 – Пример для Ион: **-Ион**

2. Электролит: (рис.60, 61)



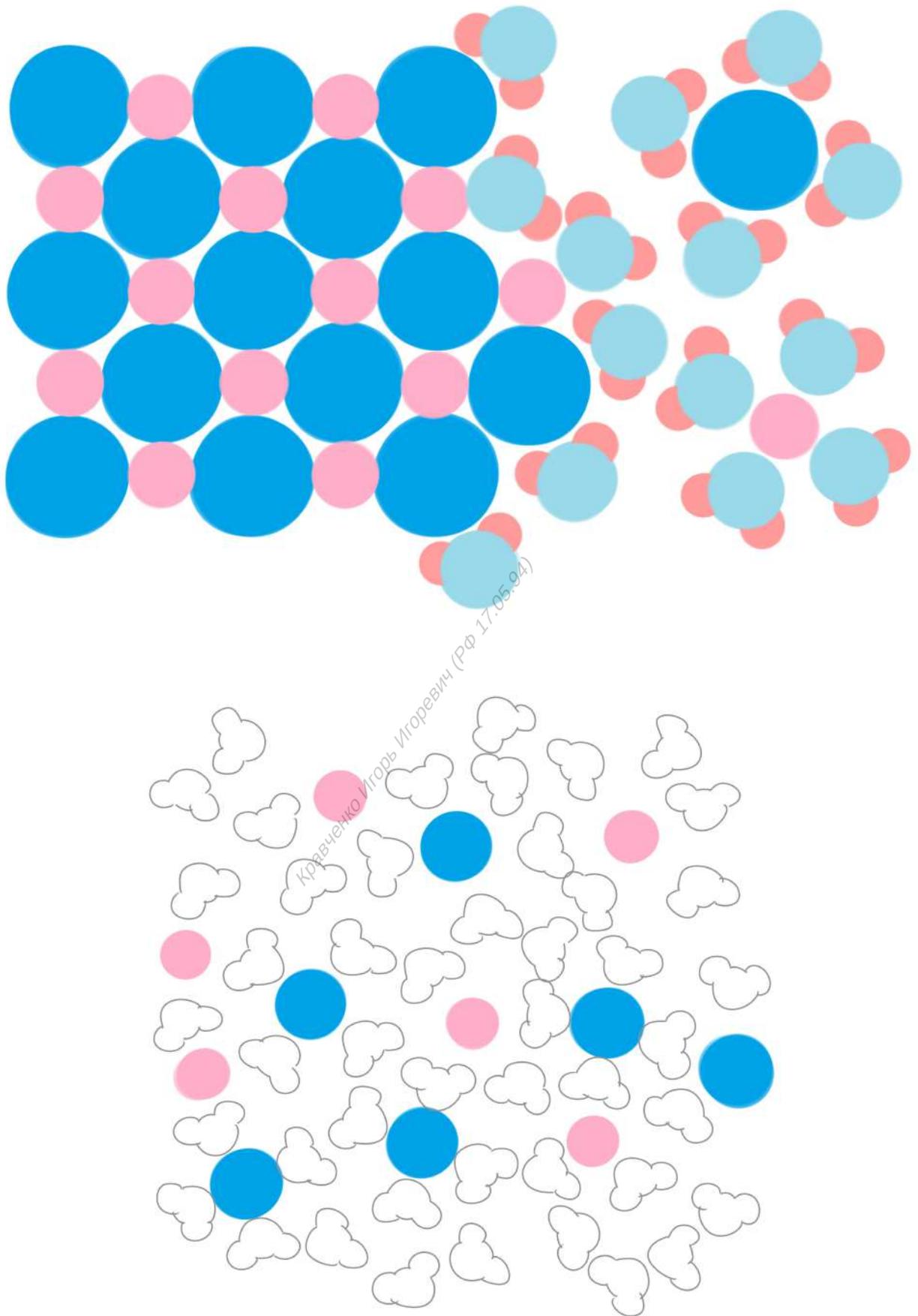


Рисунок 60 – Пример для **Электролит**: ионное соединение растворяется в воде \Rightarrow **Ионы свободны (раствор)**



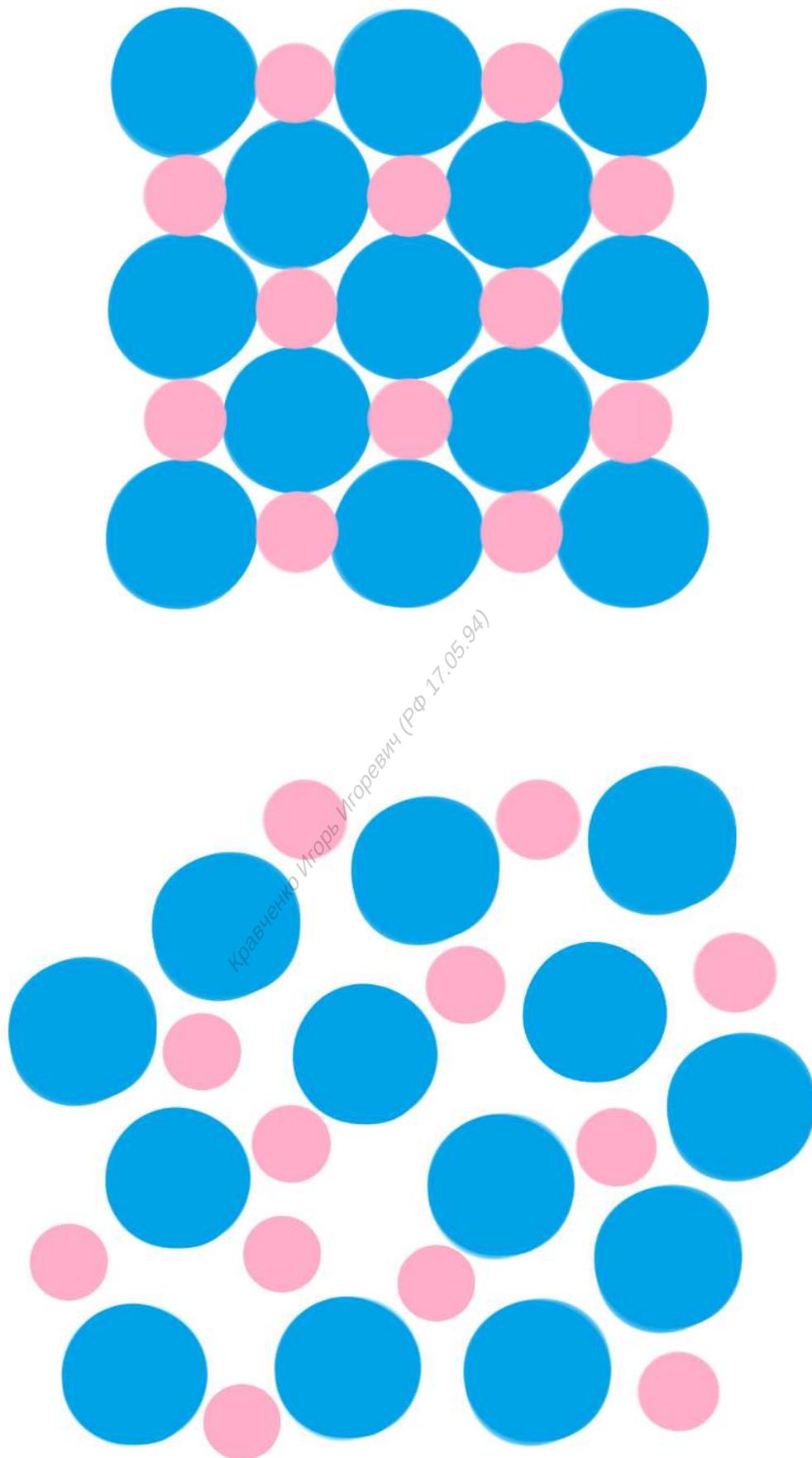


Рисунок 61 – Пример для **Электролит**: ионное соединение расплавляют ⇒
Ионы свободны (расплав)





Проводники в эл.поле: (рис.62, 63)

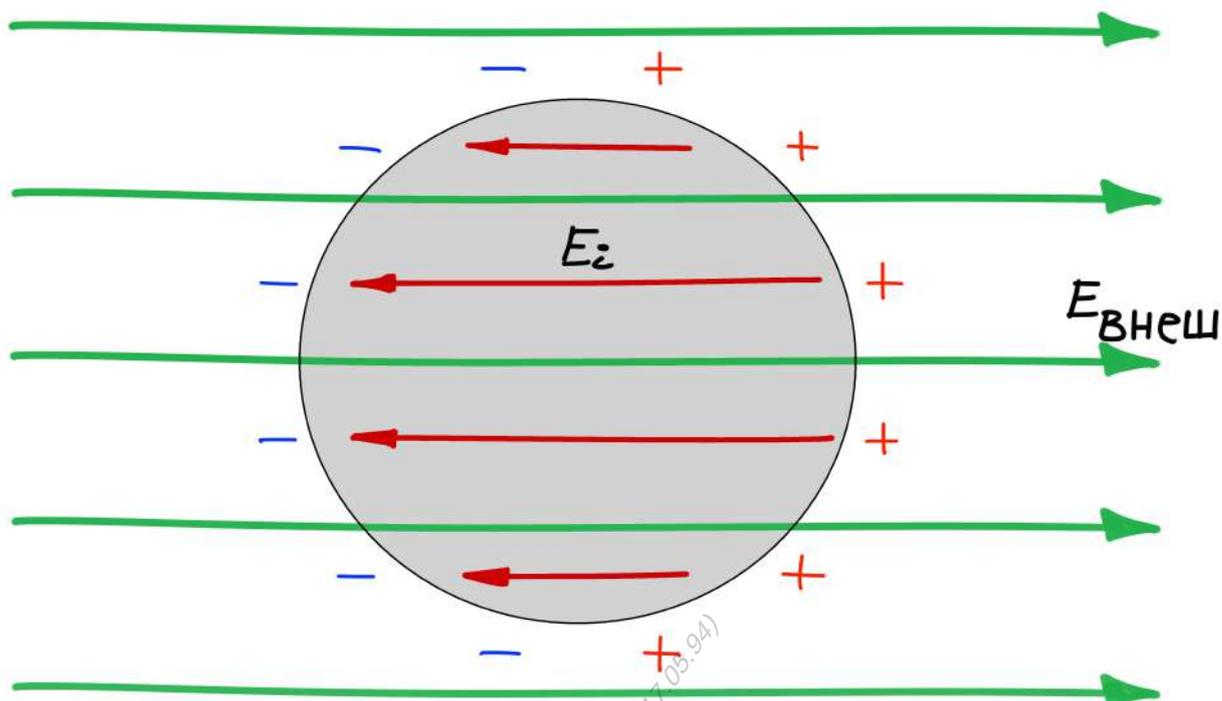


Рисунок 62 – Пример для **Проводники в эл.поле: индуцированные** заряды создают **противодействующее** эл.поле (\vec{E}_i) **внутри** проводника: $\vec{E}_i \uparrow \downarrow \vec{E}_{внеш}$

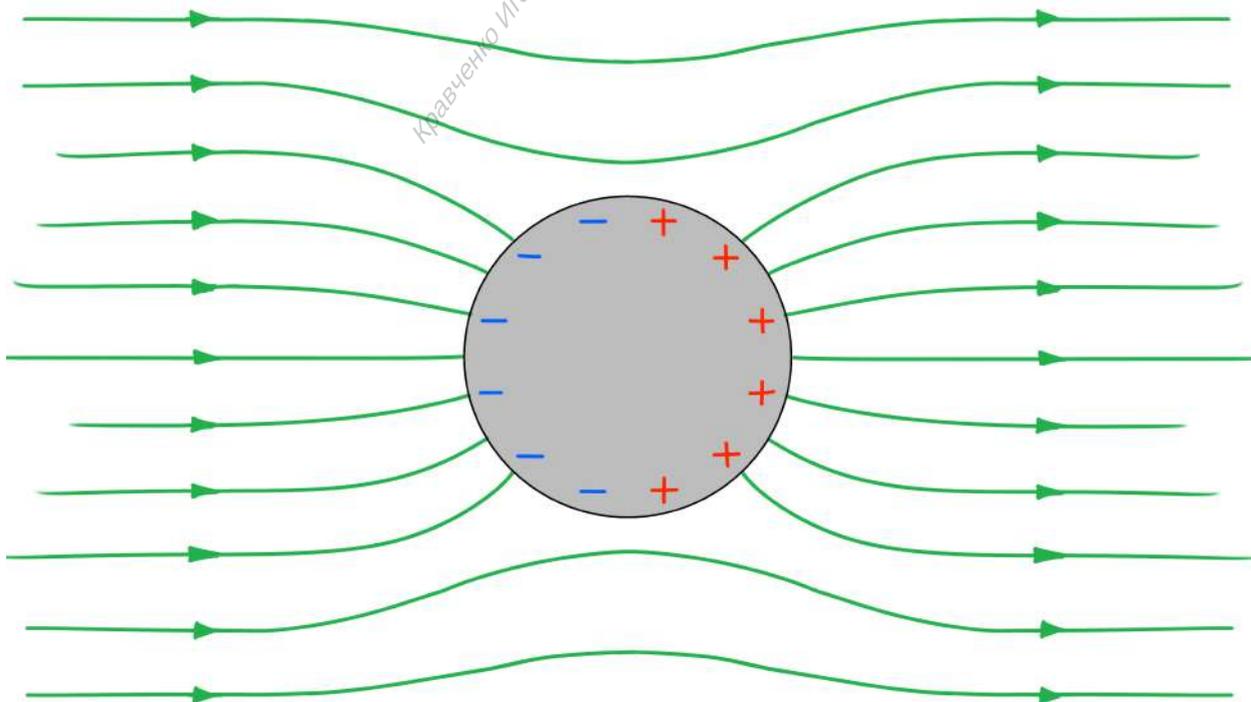


Рисунок 63 – Пример для **Проводники в эл.поле: картина** результирующего эл.поля: $\vec{E} = \vec{E}_{внеш} + \vec{E}_i$





Внимание. Внутри (не)заряженного проводника в эл.поле: (рис.64)

$$\vec{E} = 0$$

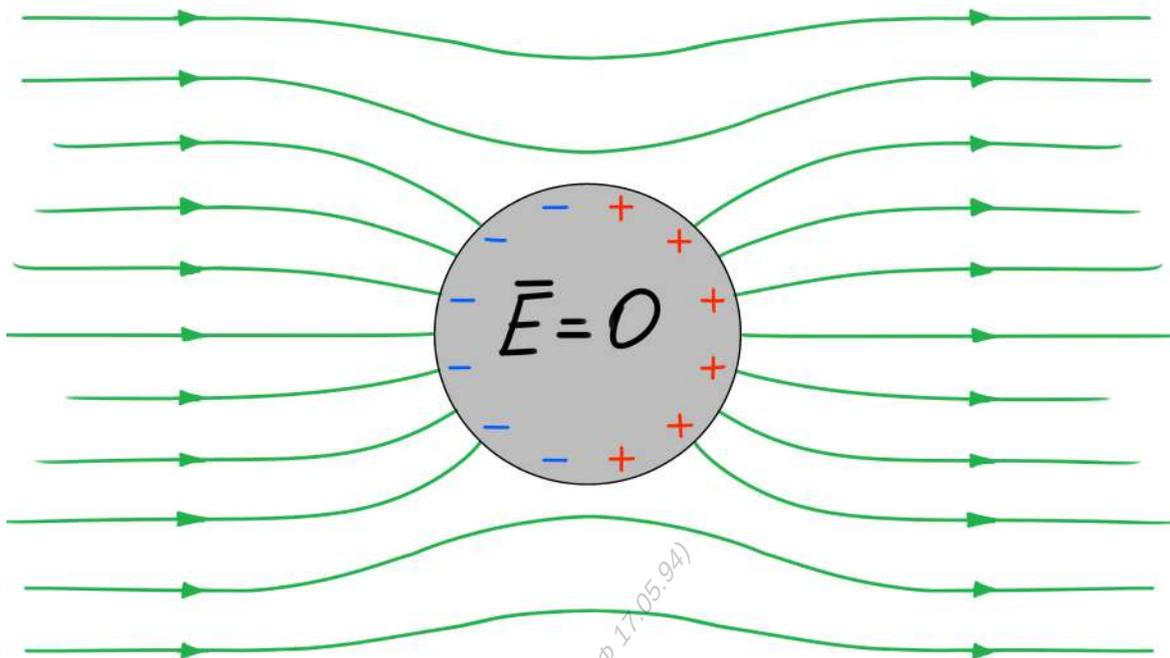


Рисунок 64 – Пример для $\vec{E} = 0$: нет эл.поля внутри

Внимание. Внутри (не)заряженного проводника: (рис.65)

$$\varphi = const$$

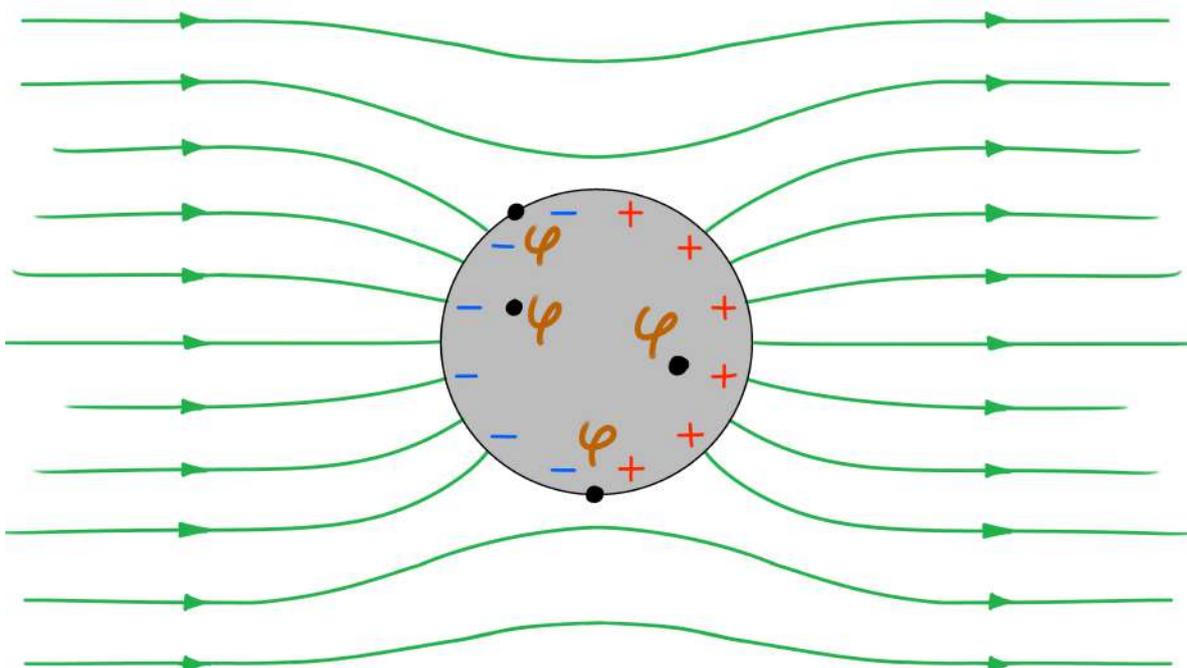


Рисунок 65 – Пример для $\varphi = const$: нет напряжения внутри





Графики $E(r)$, $\varphi(r)$ заряженного шара/сферы: (рис.66-68)

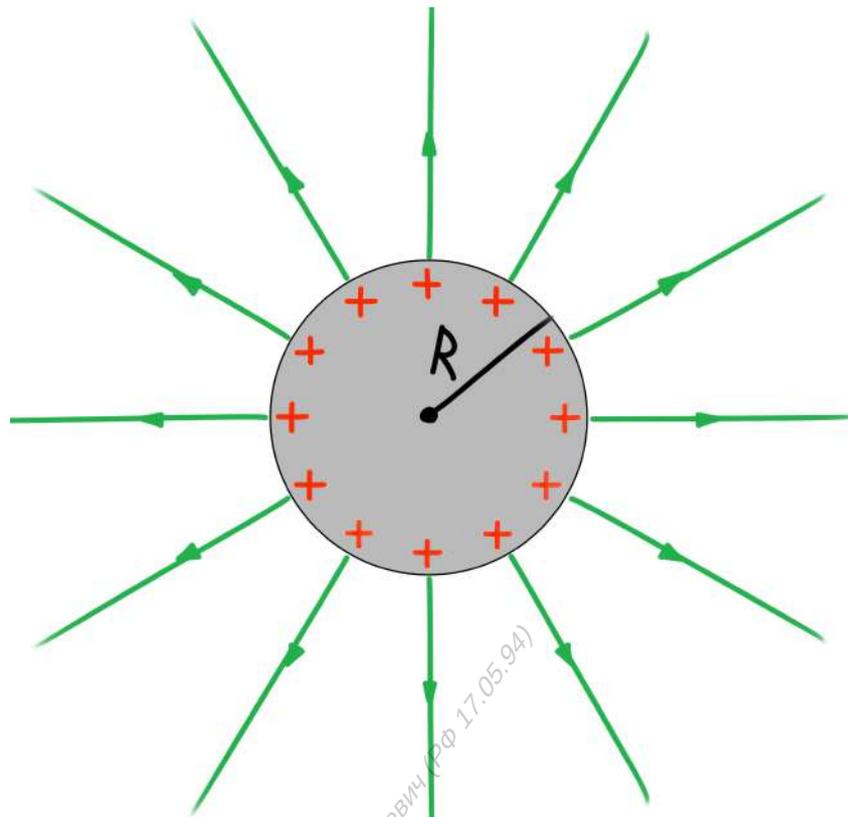


Рисунок 66 – Пример для **заряженный шар/сфера: СИЛОВЫЕ ЛИНИИ**

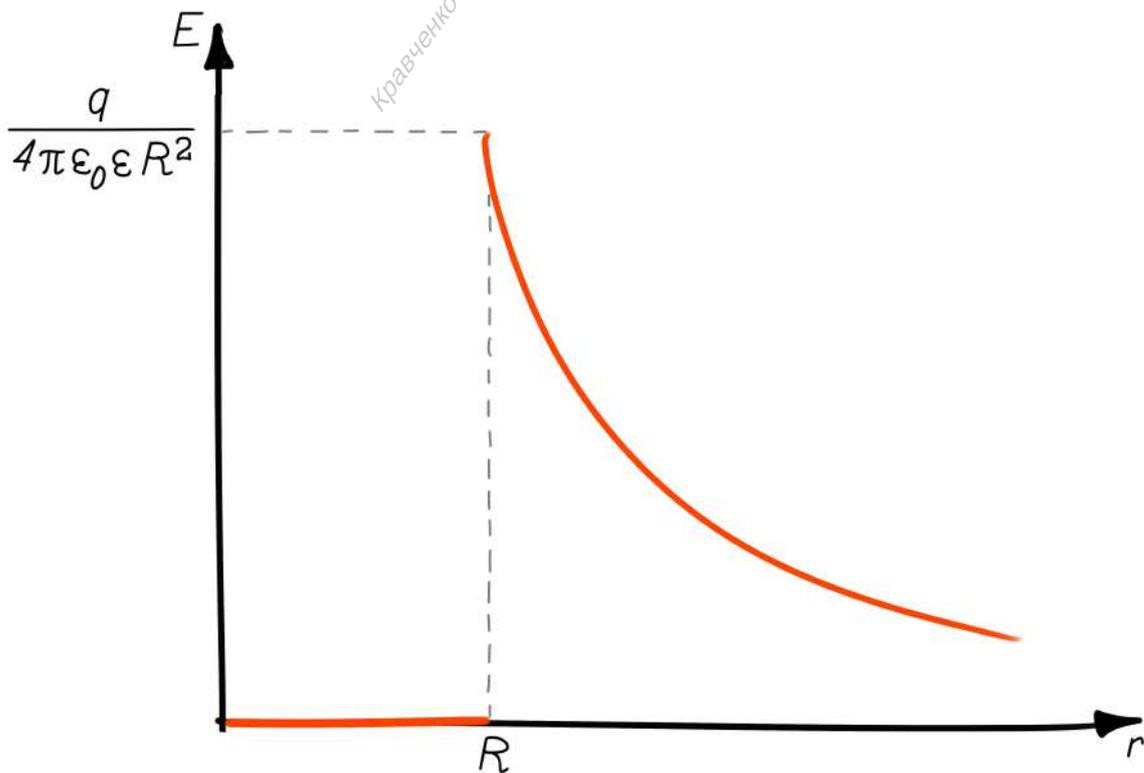


Рисунок 67 – Пример для **$E(r)$ заряженного шара/сферы:** график напряженности



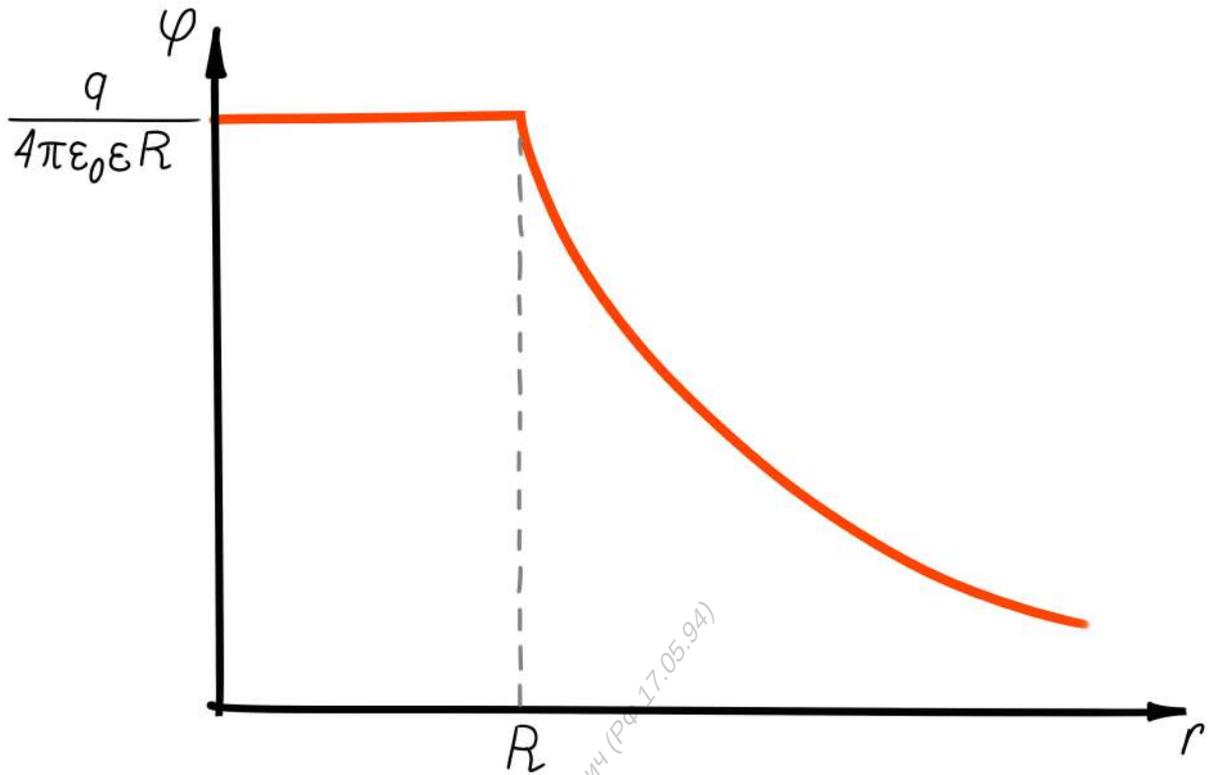


Рисунок 68 – Пример для $\varphi(r)$ заряженного шара/сферы: график потенциала такого заряда

Диэлектрик – тело из вещества, где:

« внутри только **НЕ**свободные (связанные) заряженные частицы »

(рис.69, 70)



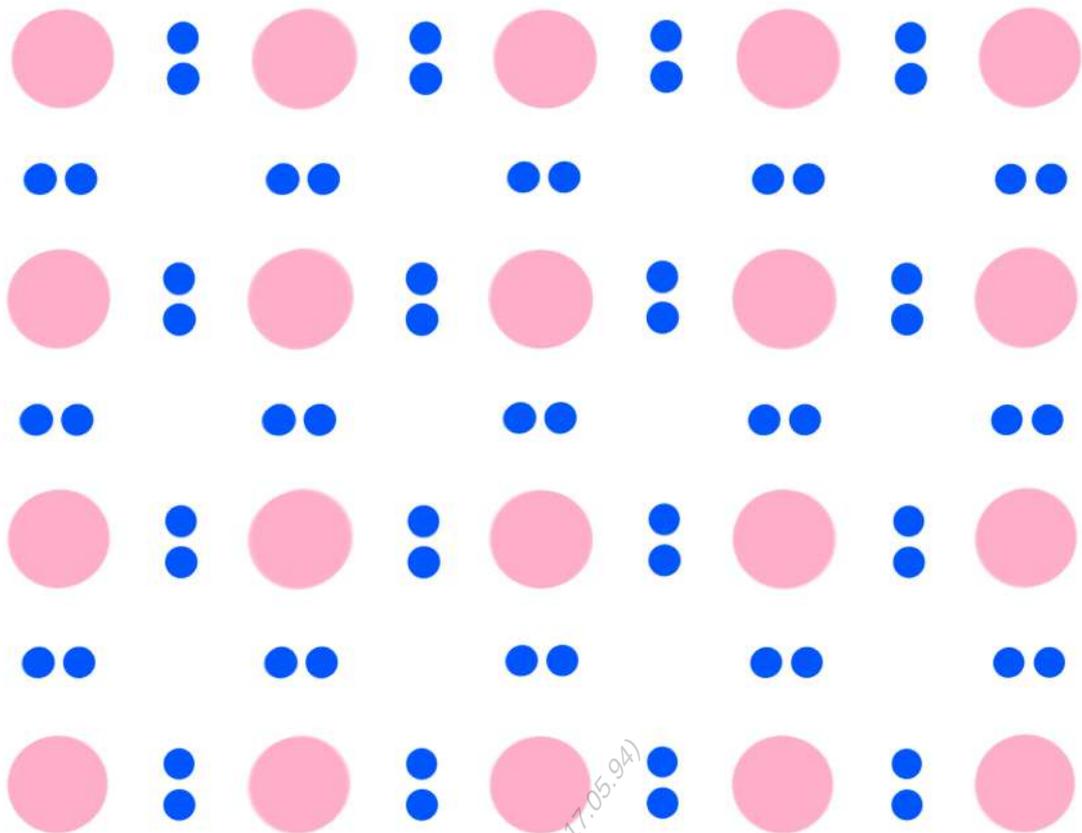


Рисунок 69 – Пример для Диэлектрик: ●-ядра и ●-электроны ограничены

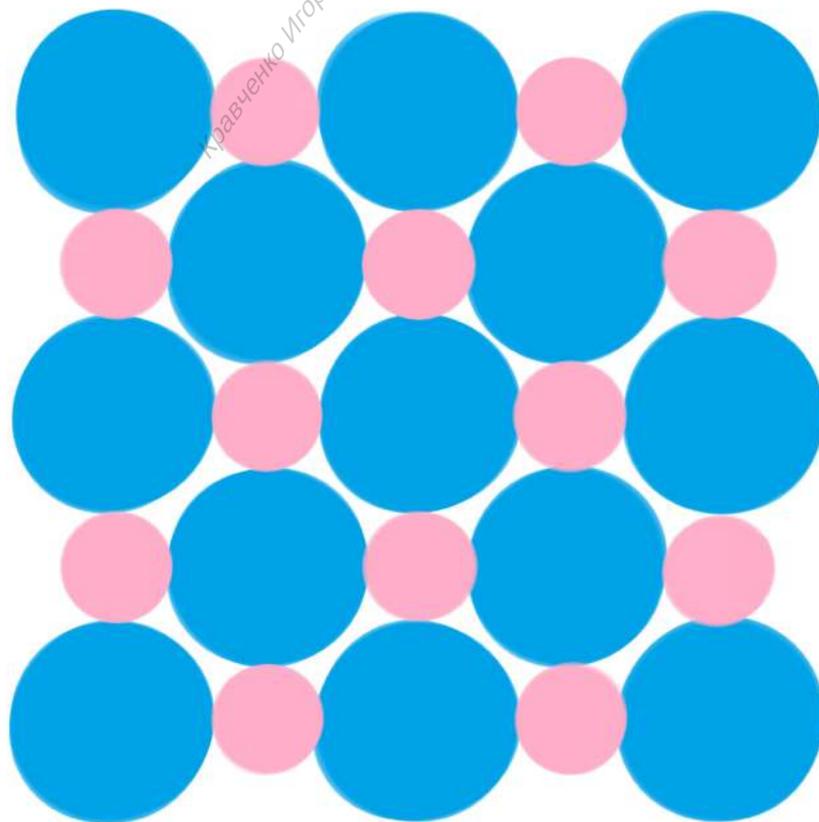


Рисунок 70 – Пример для Диэлектрик: ●-анионы и ●-катионы ограничены





Диэлектрики в эл.поле: (рис.71, 72)

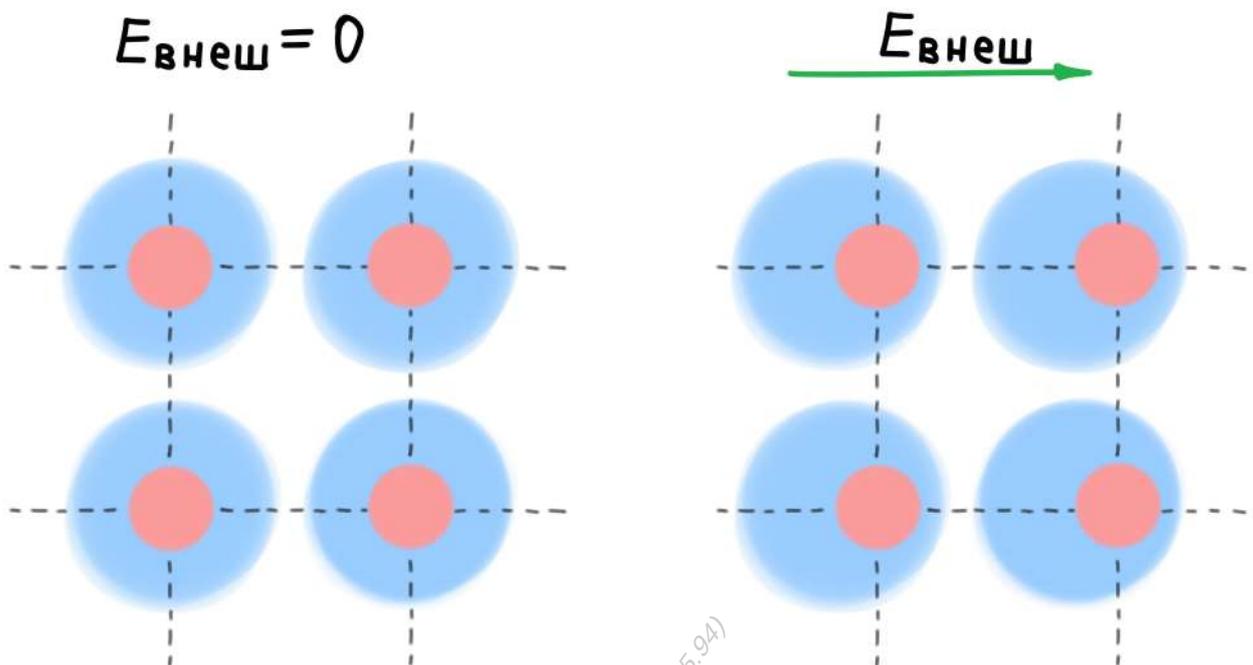


Рисунок 71 – Пример для Диэлектрики в эл.поле: неполярный диэлектрик (без внешнего поля молекулы имеют симметричное распределение положительных и отрицательных зарядов)

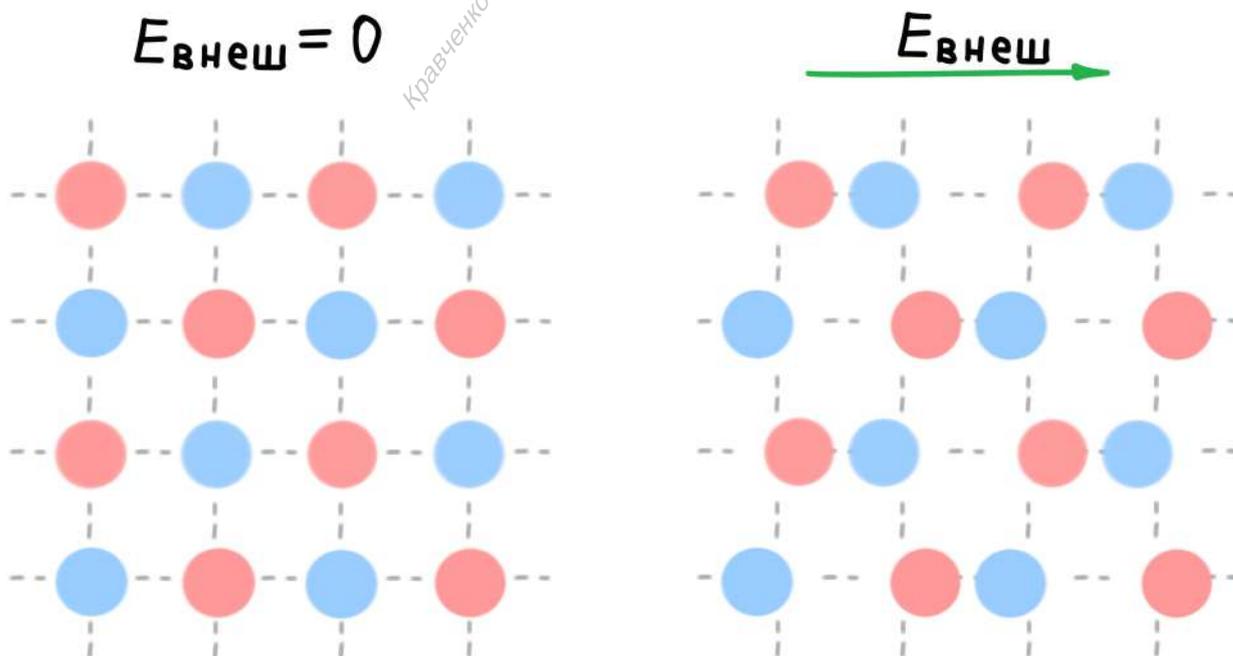


Рисунок 72 – Пример для Диэлектрики в эл.поле: полярный диэлектрик (без внешнего поля молекулы имеют **НЕ** симметричное распределение положительных и отрицательных зарядов)





Относительная диэлектрическая проницаемость вещества (ϵ [..]) – характеристика диэлектрика, показывающая как уменьшается эл. поле в нем по сравнению с вакуумом. (рис.73, 74)

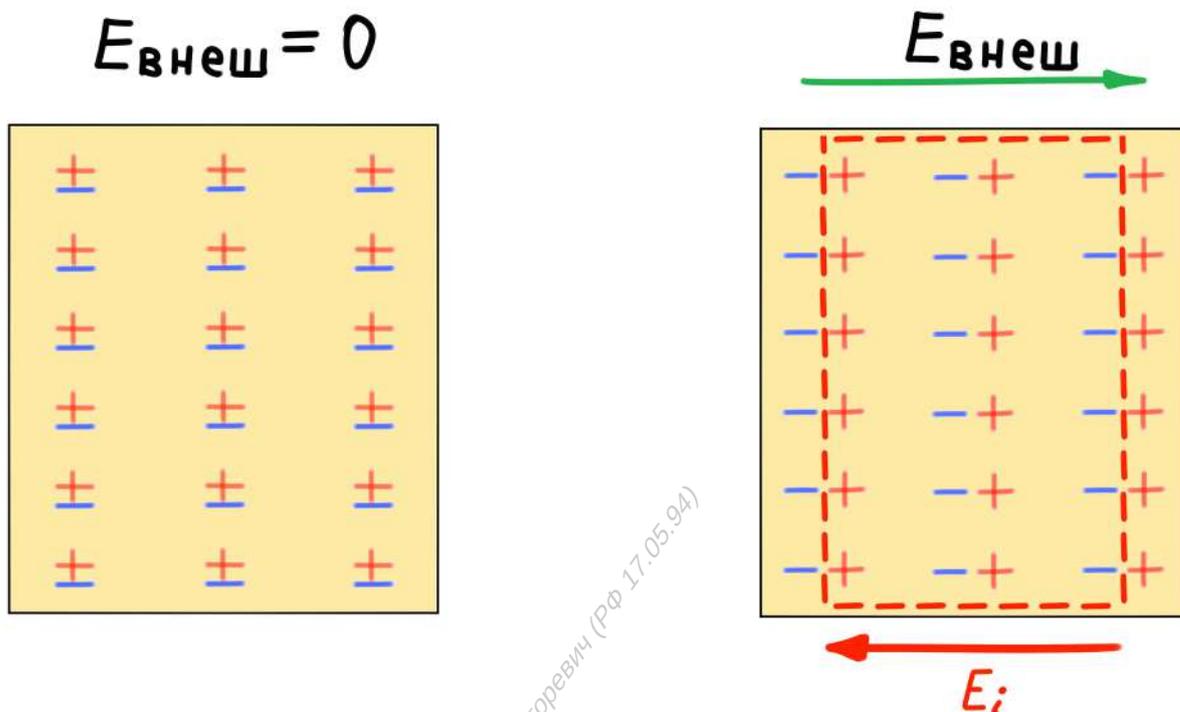


Рисунок 73 – Пример для диэлектрическая проницаемость: на противоположных сторонах диэлектрика появляются заряды разных знаков (из-за Электростатической индукции)

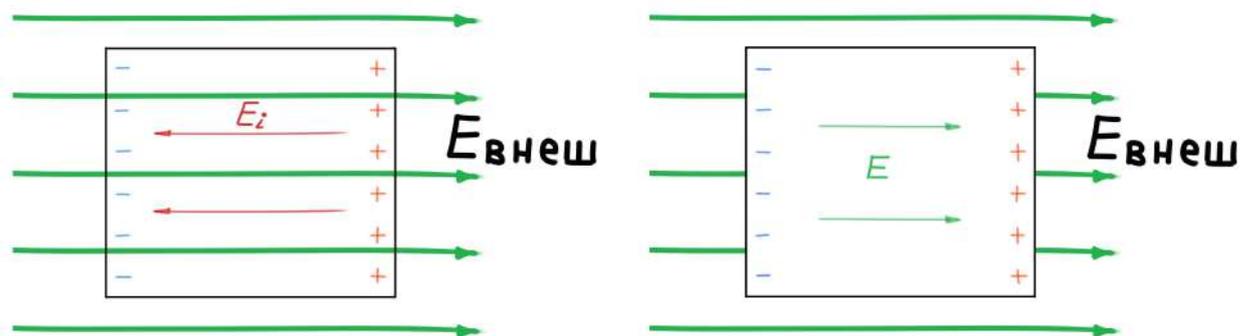


Рисунок 74 – Пример для диэлектрическая проницаемость: индуцированные заряды диэлектрика ослабляют внешнее поле, приходящее в диэлектрик: $\vec{E} = \vec{E}_{внеш} - \vec{E}_i$





Конденсатор – два заряженных проводника:

« +q | | -q »

(рис.75)

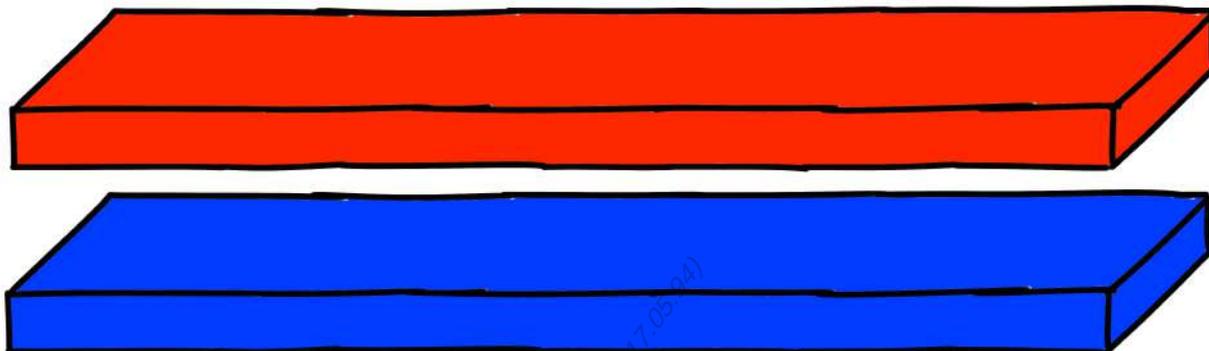


Рисунок 75 – Пример для **Конденсатор**: плоский конденсатор (две \parallel пластины; расстояние между ними \ll размеров пластин)

Внимание. Обкладка = пластина конденсатора.

Заряд конденсатора (q [Кл]) – заряд одной « +обкладки ».

Емкость конденсатора (C [Ф]) – характеристика, показывающая какой заряд создает напряжение в конденсаторе 1 В. (рис.76)



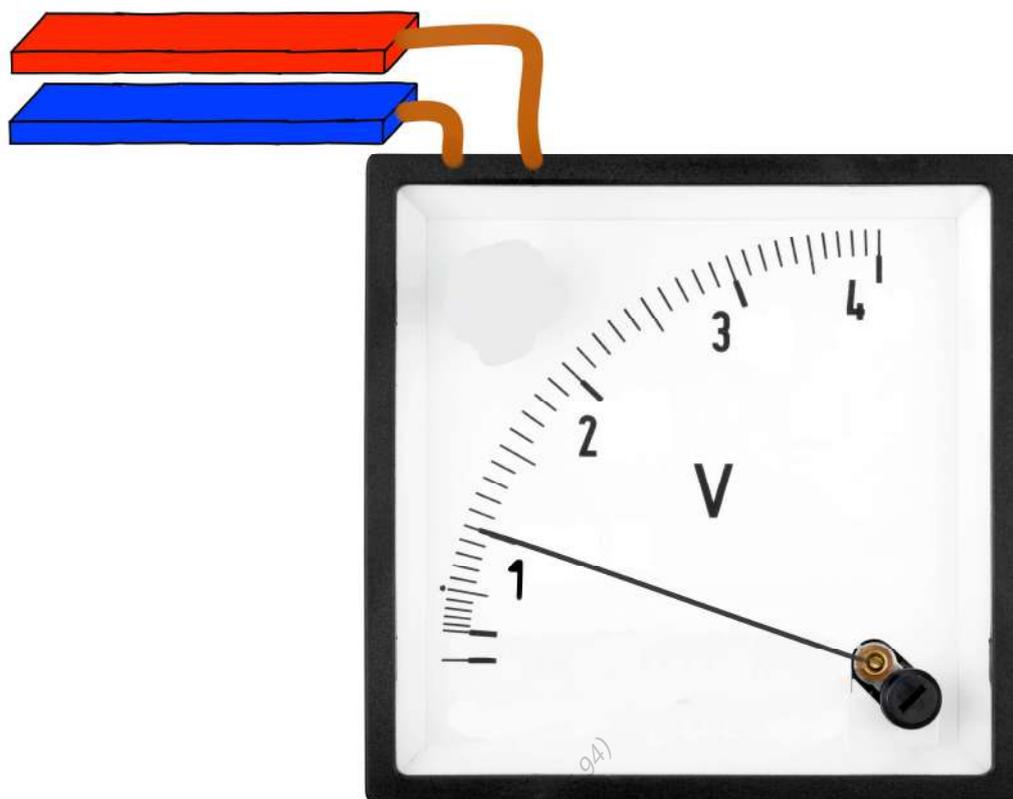


Рисунок 76 – Пример для **Электроемкость конденсатора**: тут « $q \equiv C$ »

Внимание. Вакуум = пространство без вещества. (Воздух \approx Вакуум)

Электроемкость конденсатора с вакуумом (C_0 [Ф]) – Электроемкость конденсатора без диэлектрика. (рис.77)

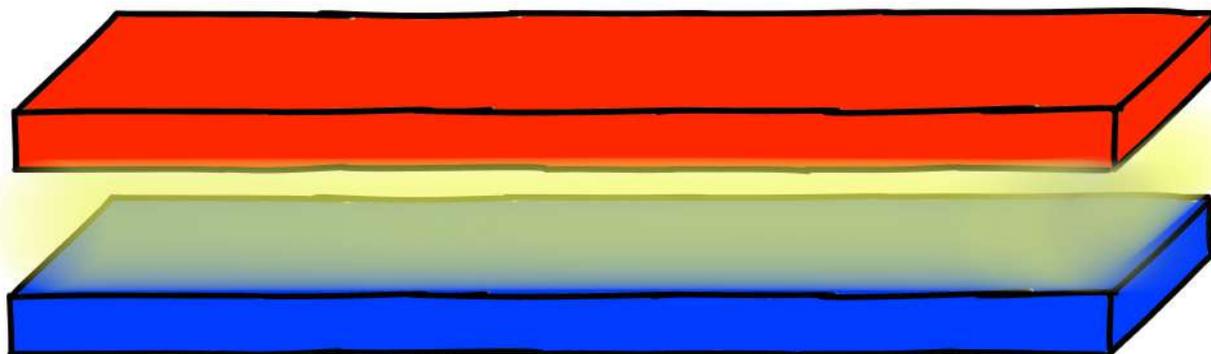


Рисунок 77 – Пример для **Электроемкость конденсатора с вакуумом**: тут « $C > C_0$ »





Электрическое соединение – объединение нескольких тел с помощью проводников. (рис.1)

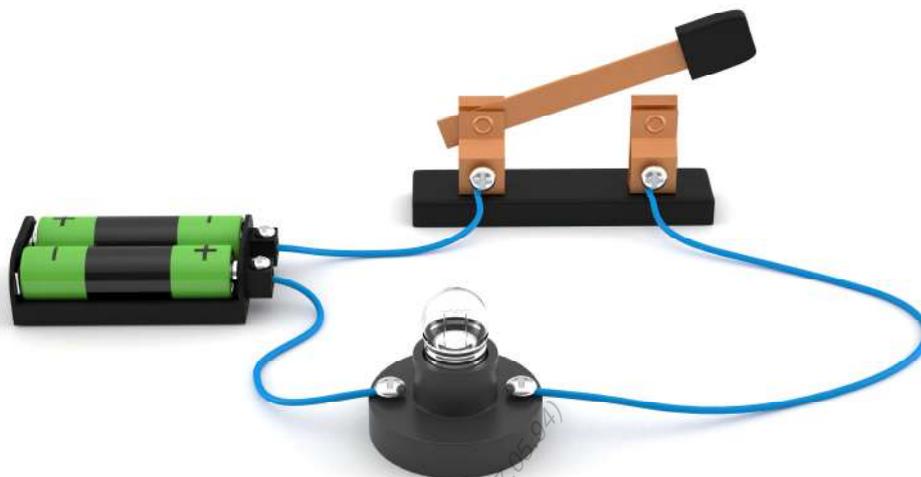


Рисунок 1 – Пример для **Электрическое соединение**: три тела связаны проводниками

Электрическая схема – чертеж, показывающий условно-графически как электрически соединены тела. (рис.2)

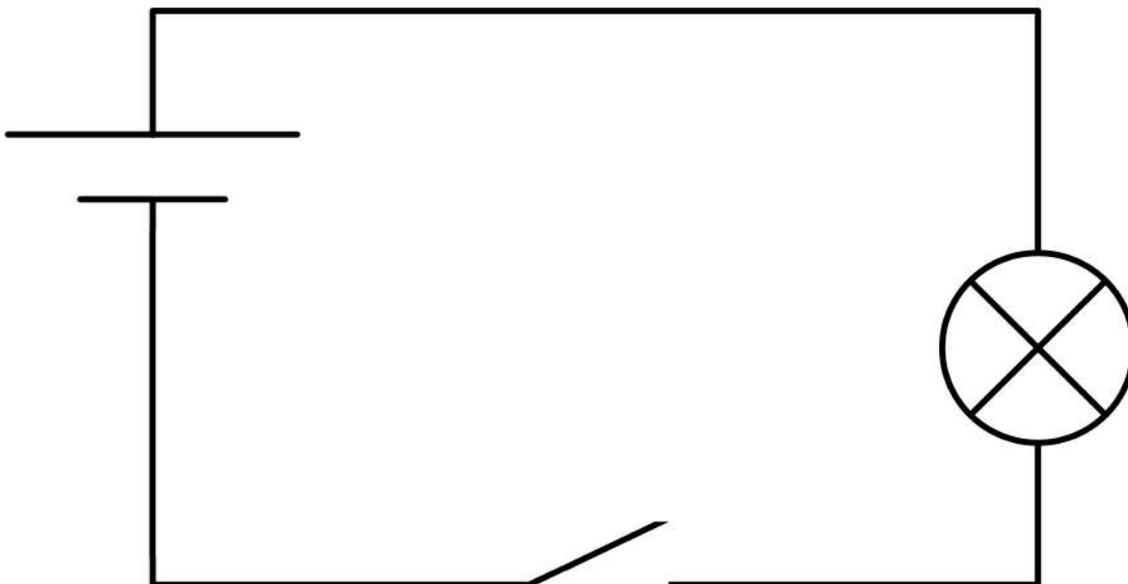


Рисунок 2 – Пример для **Электрическая схема**: чертеж для рис.1 (выше)





Электрический вывод – часть тела, которой тело соединяется с другими телами. (рис.3)

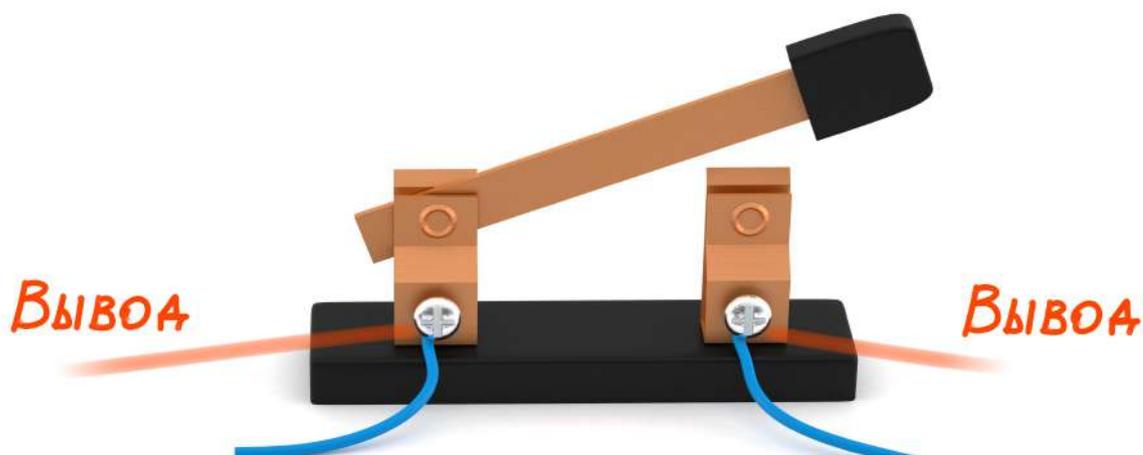


Рисунок 3 – Пример для **Электрическая схема**: этими частями «ключ» соединяется

Виды эл.соединений:

1. **Параллельное:** (рис.4)

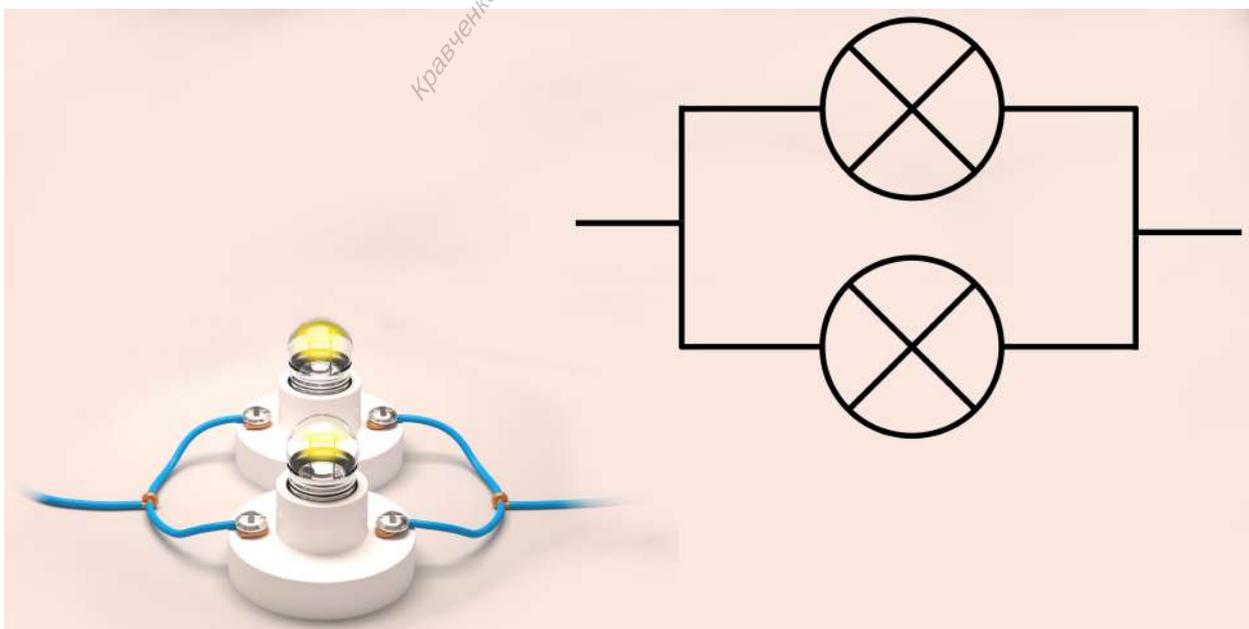


Рисунок 4 – Пример для **Параллельное**: **левый** вывод нижней лампы соединен с **левым** выводом верхней лампы. **Правый** вывод нижней лампы соединен с **правым** выводом верхней лампы.





2. Последовательное: (рис.5)

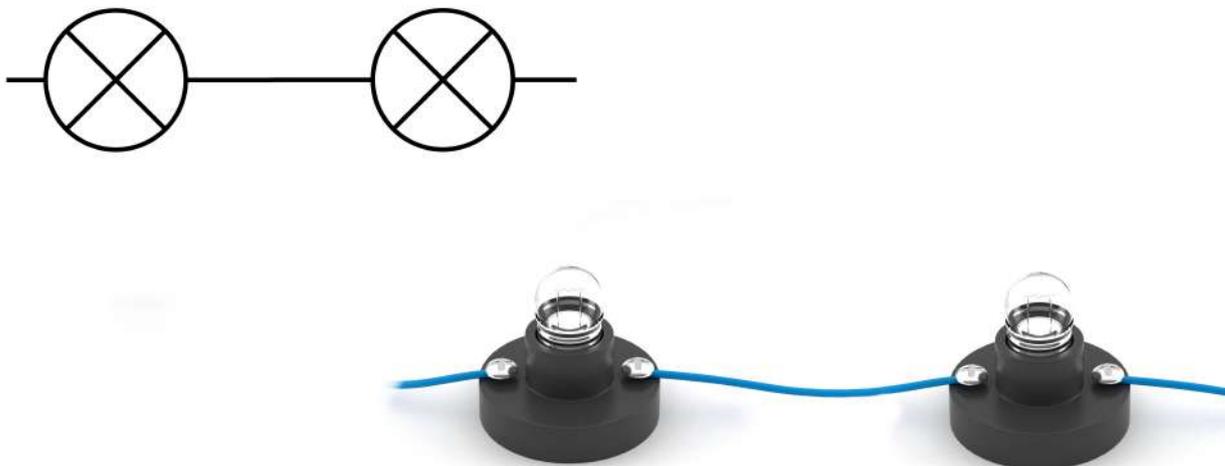


Рисунок 5 – Пример для **Последовательное:** один вывод нижней лампы соединен с одним выводом верхней лампы

Виды соединений конденсаторов: (рис.6, 7)

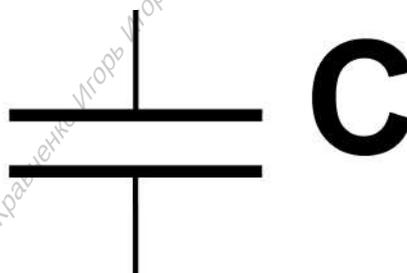


Рисунок 6 – Пример для **Конденсатор:** условно-графическое изображение конденсатора на схеме



Рисунок 7 – Пример для **Виды соединений конденсаторов:** слева параллельные конденсаторы, справа последовательные



Энергия заряженного конденсатора – энергия, запасенная в заряженном конденсаторе. (рис.8-11)

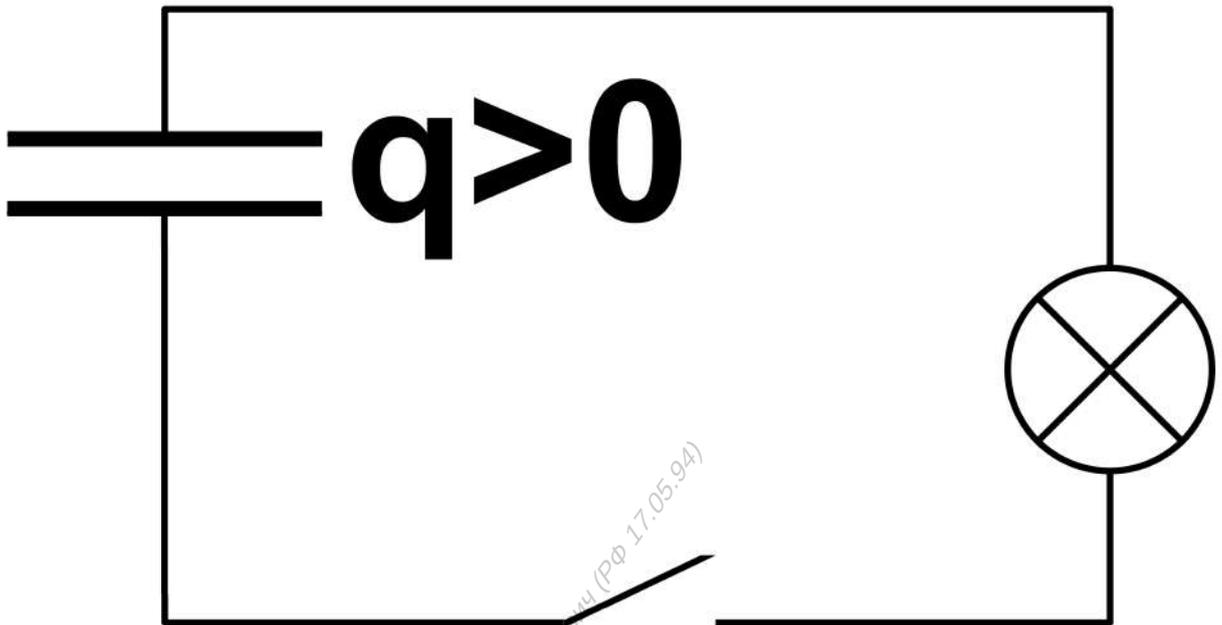


Рисунок 8 – Пример для Энергия заряженного конденсатора: конденсатор заряжен и готов соединиться с лампой

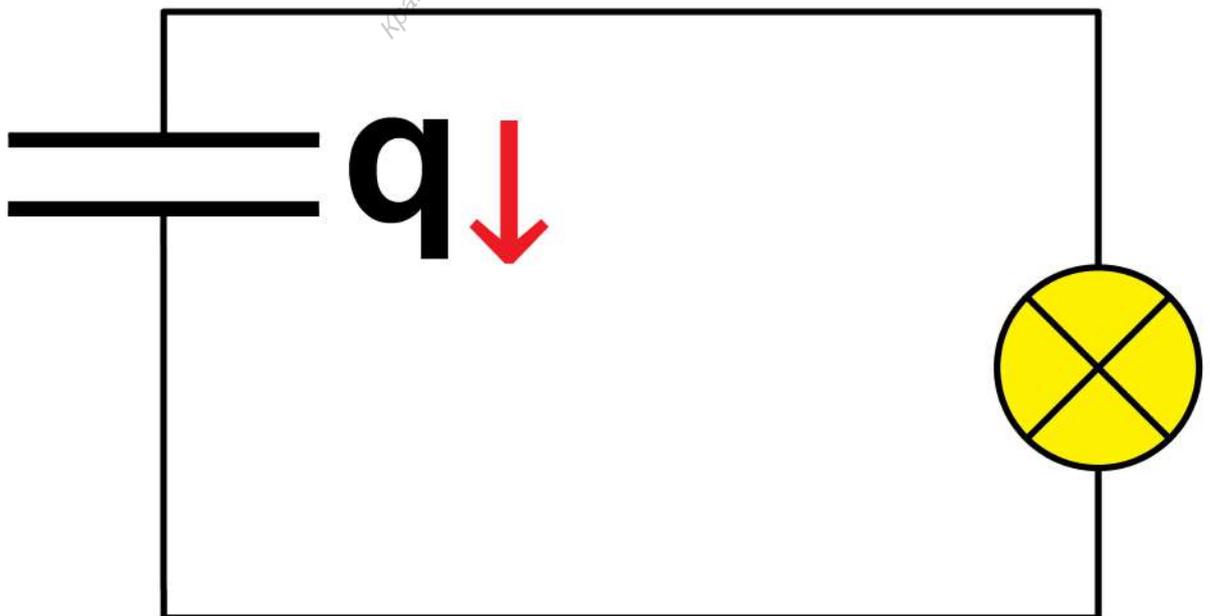


Рисунок 9 – Пример для Энергия заряженного конденсатора: конденсатор соединяется с лампой. Лампа загорается. Конденсатор разряжается.

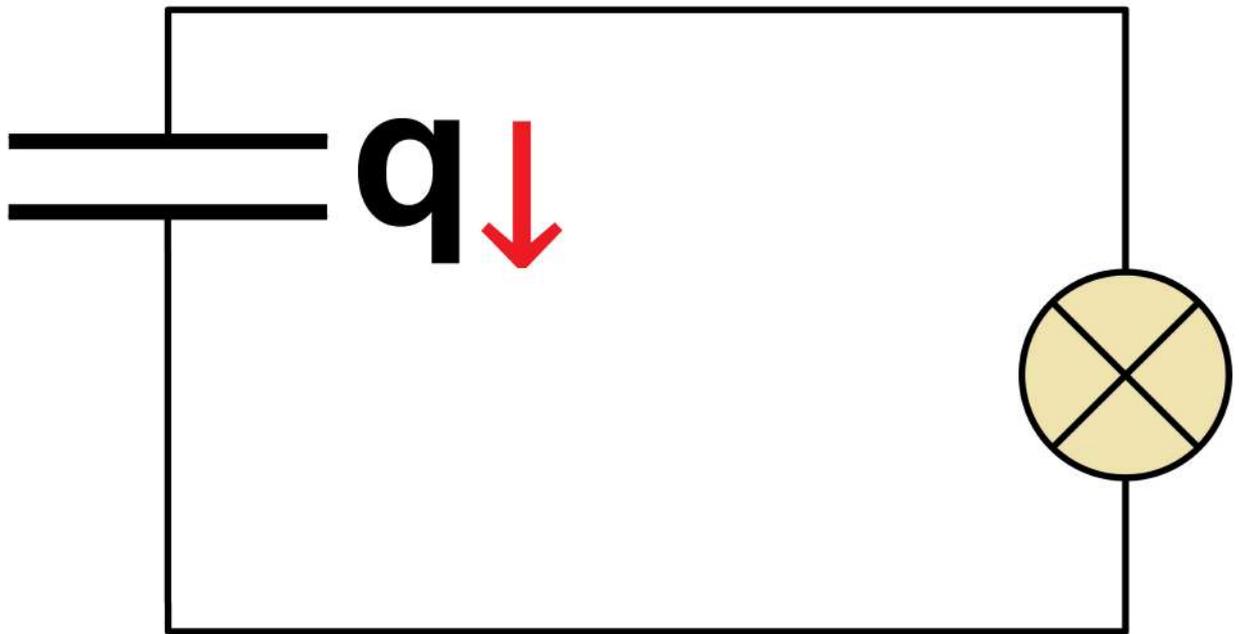


Рисунок 10 – Пример для Энергия заряженного конденсатора: через время лампа горит хуже. Конденсатор разряжается дальше.

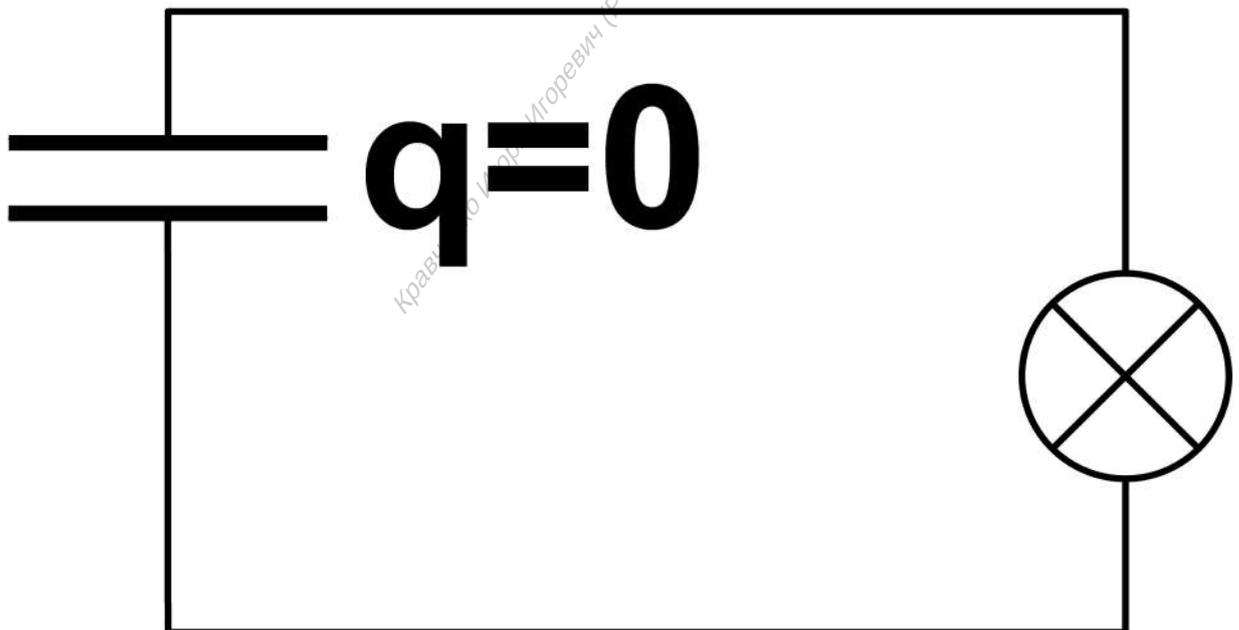


Рисунок 11 – Пример для Энергия заряженного конденсатора: спустя время лампа НЕ горит. Конденсатор разряжен. Энергия была потрачена на лампу.





ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Электрический ток – направленное движение зарядов. (рис.1)

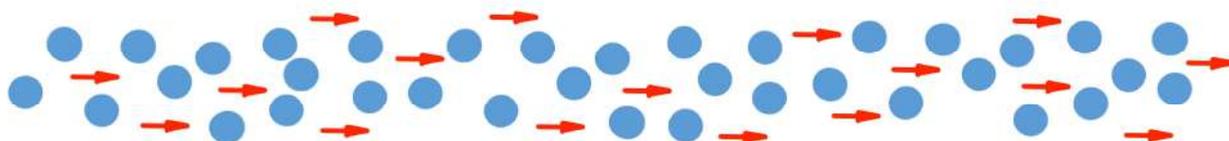


Рисунок 1 – Пример для Электрический ток: заряды текут вправо (**ток**)

Постоянный ток – ток, в котором количество зарядов, проходящих через поверхность пространства за одно и то же время, постоянно. (рис.2)

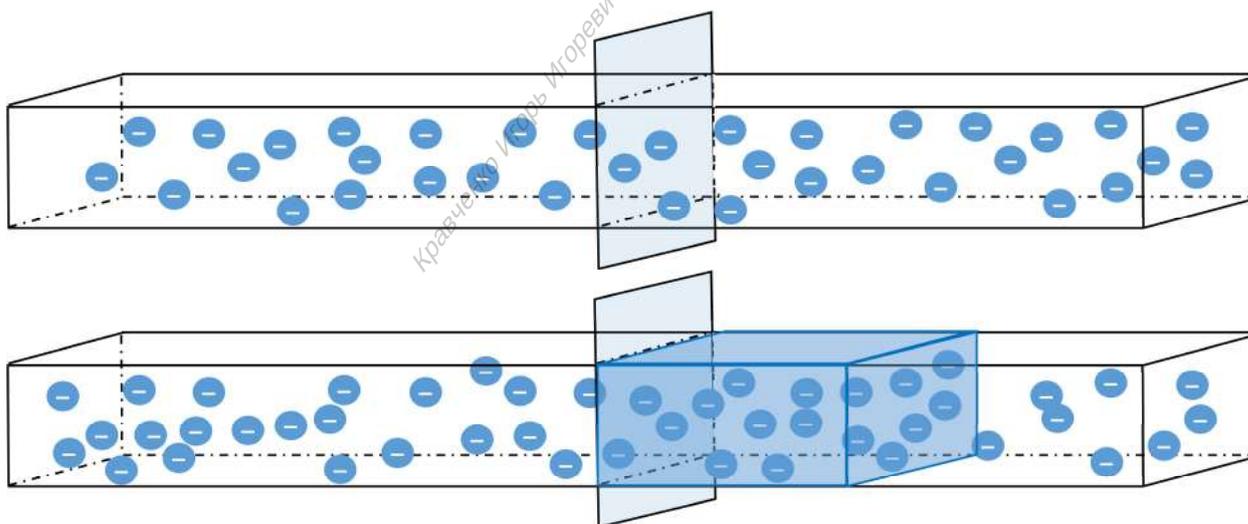


Рисунок 2 – Пример для Постоянный ток: за Δt прошло вправо через поверхность **17** зарядов, еще через Δt пройдет также **17** зарядов





Сила тока (I [A]) – характеристика интенсивности тока, показывающая сколько заряда проходит через поверхность пространства за одну секунду.

(рис.3)

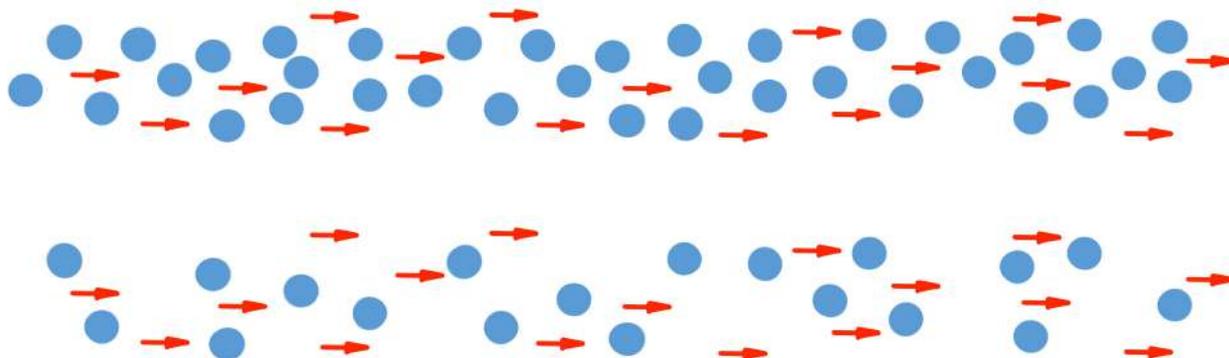


Рисунок 3 – Пример для **Сила тока**: скорость движения зарядов одинакова в нижнем и верхнем потоках. **В каком потоке больше сила тока ?**

Условия существования постоянного тока:

1. Наличие **свободных зарядов** в пространстве (**Проводник**). (рис.4)

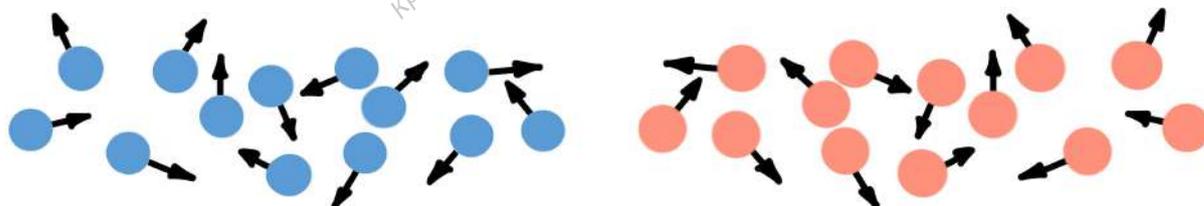


Рисунок 4 – Пример для **Наличие свободных зарядов**: слева проводник с **-зарядами** , справа – с **+зарядами**

2. **Постоянное электрическое поле** в пространстве ($U = \text{const}$). (рис.5)

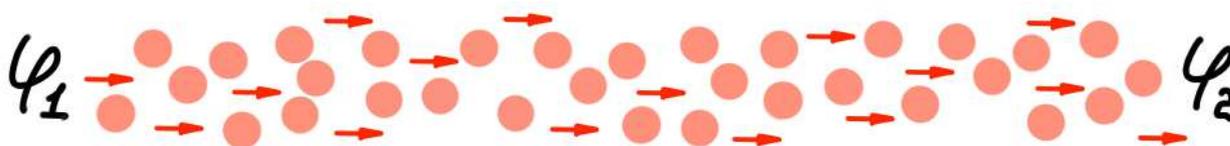


Рисунок 5 – Пример для **Постоянное эл.поле**: $\phi_1 - \phi_2 = U = \text{const}$





Источник тока – тело, создающее на своих выводах $U = \text{const.}$ (рис.6)



Рисунок 6 – Пример для **Источник тока**: три батарейки = три источника тока. Слева обозначение источника на схеме.

ЭДС (ϵ [В]) – напряжение источника тока. (рис.7)



Рисунок 7 – Пример для ЭДС: источник тока с ЭДС 12 В

Внимание. Ток = сила тока.





Электрическая цепь – совокупность **источников** и **проводников**, образующих путь для протекания **тока**. (рис.8)

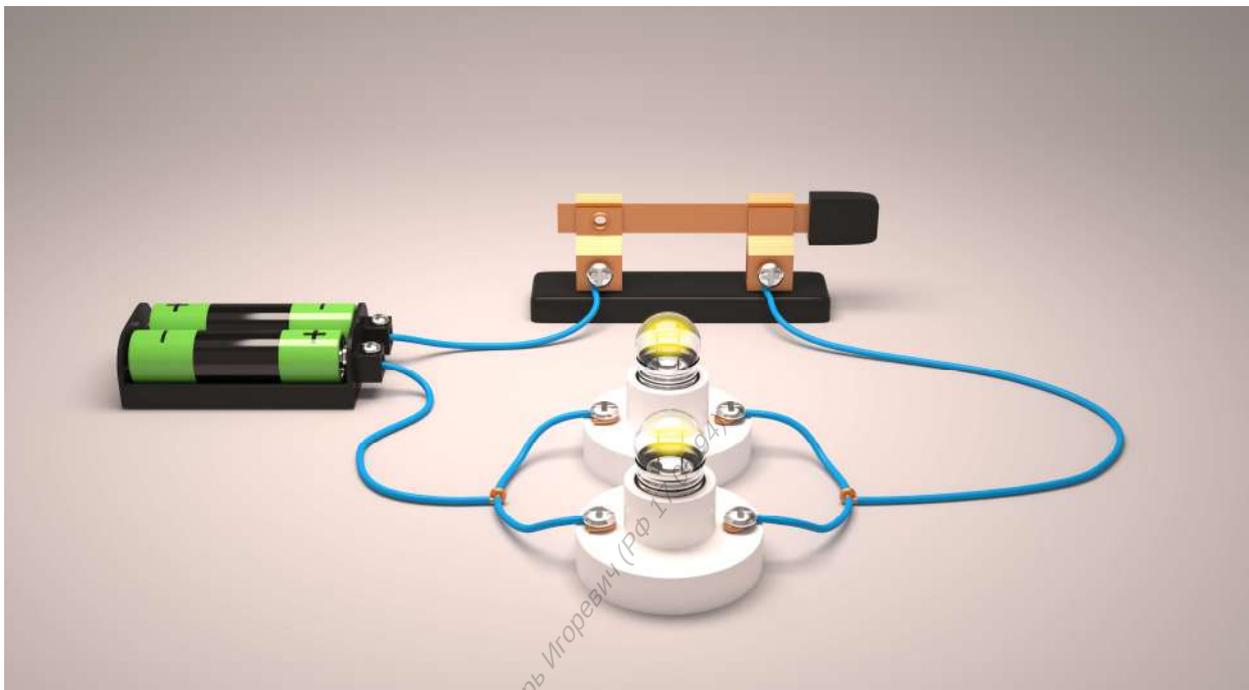


Рисунок 8 – Пример для **Электрическая цепь**: источник дает ток из **+вывода**. Есть путь с источниками и проводниками для протекания тока ?

Участок цепи – часть цепи. (рис.9)

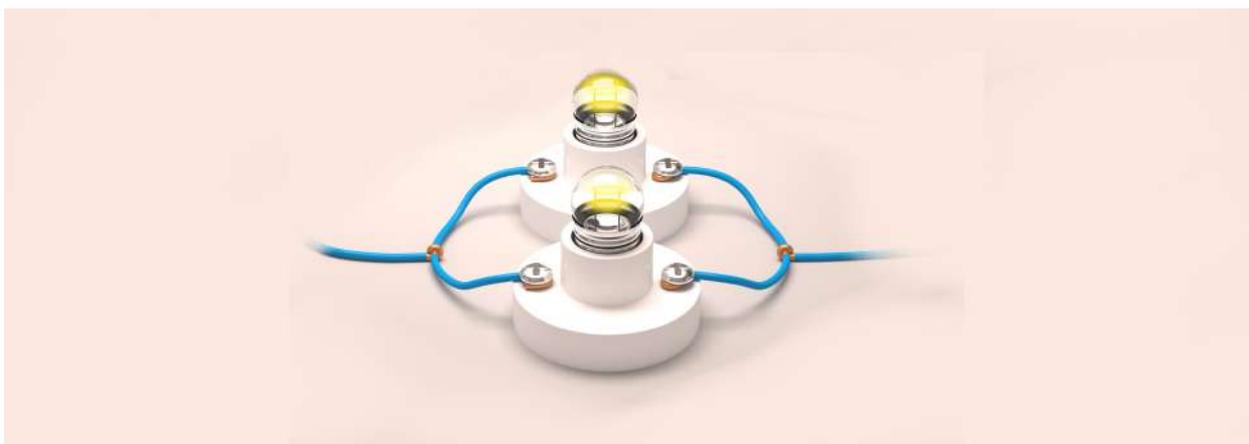


Рисунок 9 – Пример для **Участок цепи**: **фрагмент** цепи (от **рис.8**) (можно вырезать другие участки)





Электрическое Сопротивление (R [Ом]) – характеристика проводника, показывающая как проводник препятствует току. (рис.10)

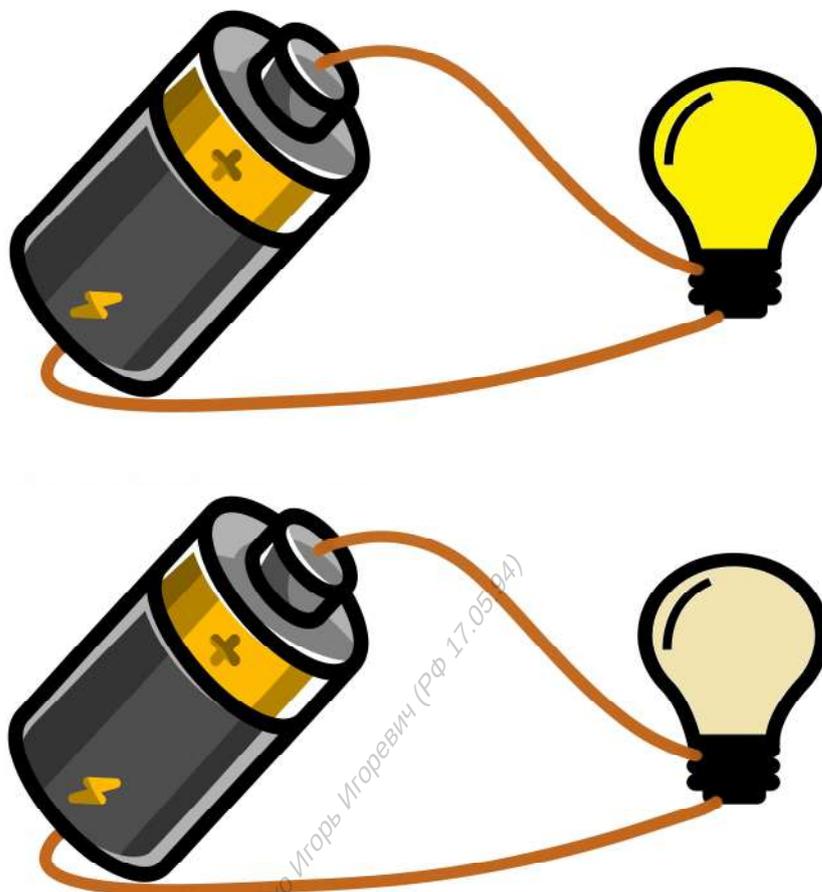


Рисунок 10 – Пример для **Сопротивление**: какая лампа сильнее препятствует току ? (сильный свет \Rightarrow большой ток) **Какая лампа имеет больше R ?**

Внимание. Элемент цепи = часть цепи с определенными функциями.

Внимание. Резистор = Элемент цепи с сопротивлением. (рис.10а)

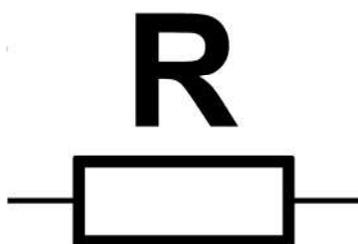


Рисунок 10а – Пример для **Резистор**: на схеме





Закон Ома для участка цепи:

« **Ток** участка цепи прямо пропорционален **напряжению** участка и **обратно** пропорционален **сопротивлению** участка »

(рис.11-13)



Рисунок 11 – Пример для **Закон Ома для участка цепи:** участок цепи:

U = давление на воду, чтобы она текла ;

R = кран, мешающий течь воде ;

I = поток ;



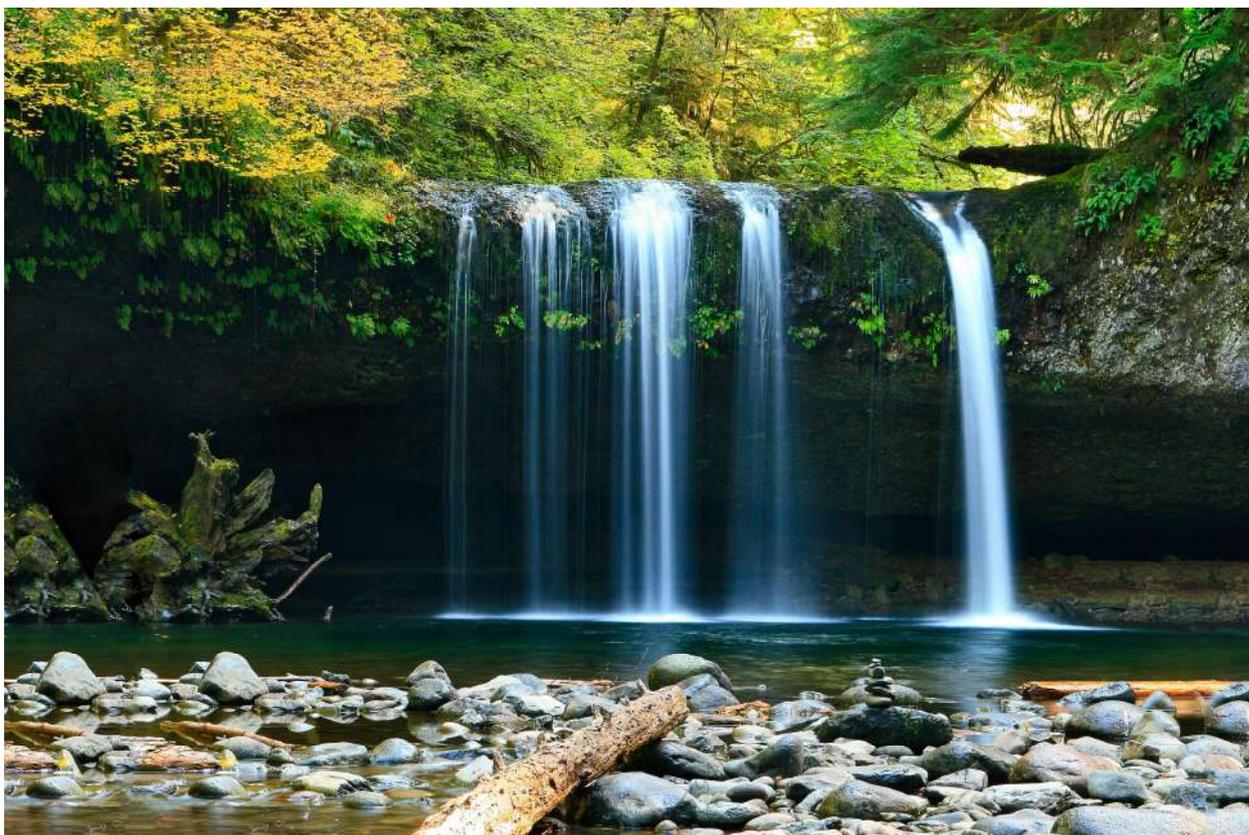


Рисунок 12 – Пример для **Закон Ома** для участка цепи: **напряжение – высота водопада (одинаковы)**. Слева **сопротивление/препятствие больше**, отсюда падающий **ток/поток больше справа**.

Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94) +79010144910



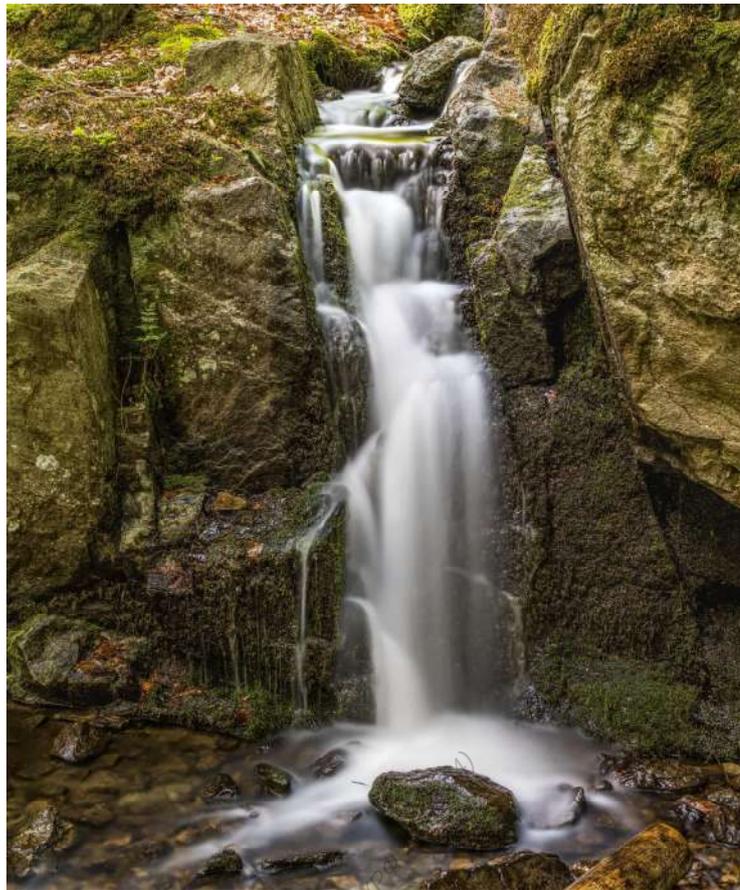


Рисунок 13 – Пример для **Закон Ома для участка цепи: сопротивление – ширина** водопада (~одинаковы). На **верхних** водопадах **высота** (напряжение) **меньше**, отсюда падающий **ток/поток больше на нижнем** водопаде.

ВАХ проводника (элемента ; участка цепи):

« **I** (**U**) »

(рис.14)

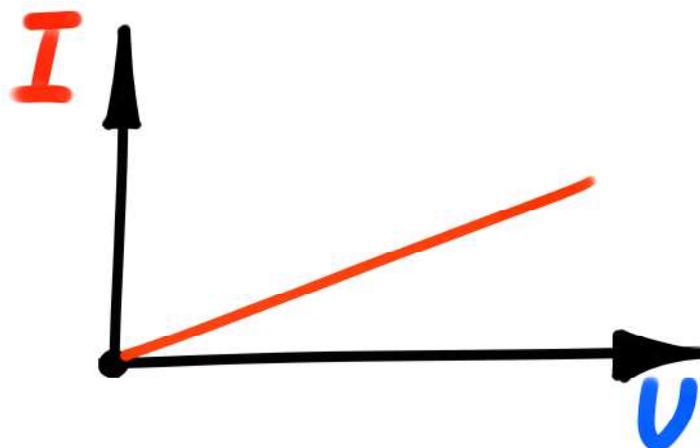


Рисунок 14 – Пример для **ВАХ проводника**: график линейного элемента



Удельное сопротивление вещества ($\rho \left[\frac{\text{Ом}\cdot\text{м}^2}{\text{м}} \right]$) – характеристика вещества, показывающая **сопротивление** тела длиной **1 м** и сечением **1 м²**.
(рис.15)

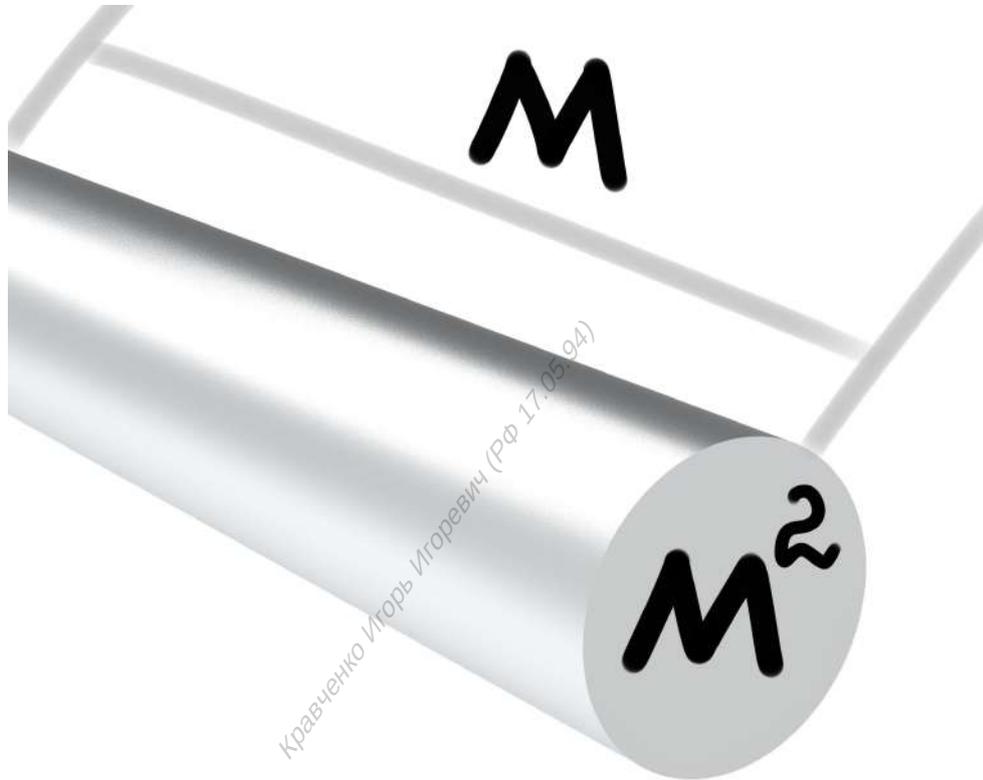


Рисунок 15 – Пример для **Удельное сопротивление вещества**: геометрия проводника

Зависимость сопротивления однородного проводника от его длины ; сечения ; удельного сопротивления:

« $\rho \uparrow \Rightarrow R \uparrow$ »

« $l \uparrow \Rightarrow R \uparrow$ »

« $S \uparrow \Rightarrow R \downarrow$ »



Модель сопротивления вещества: (рис.16)

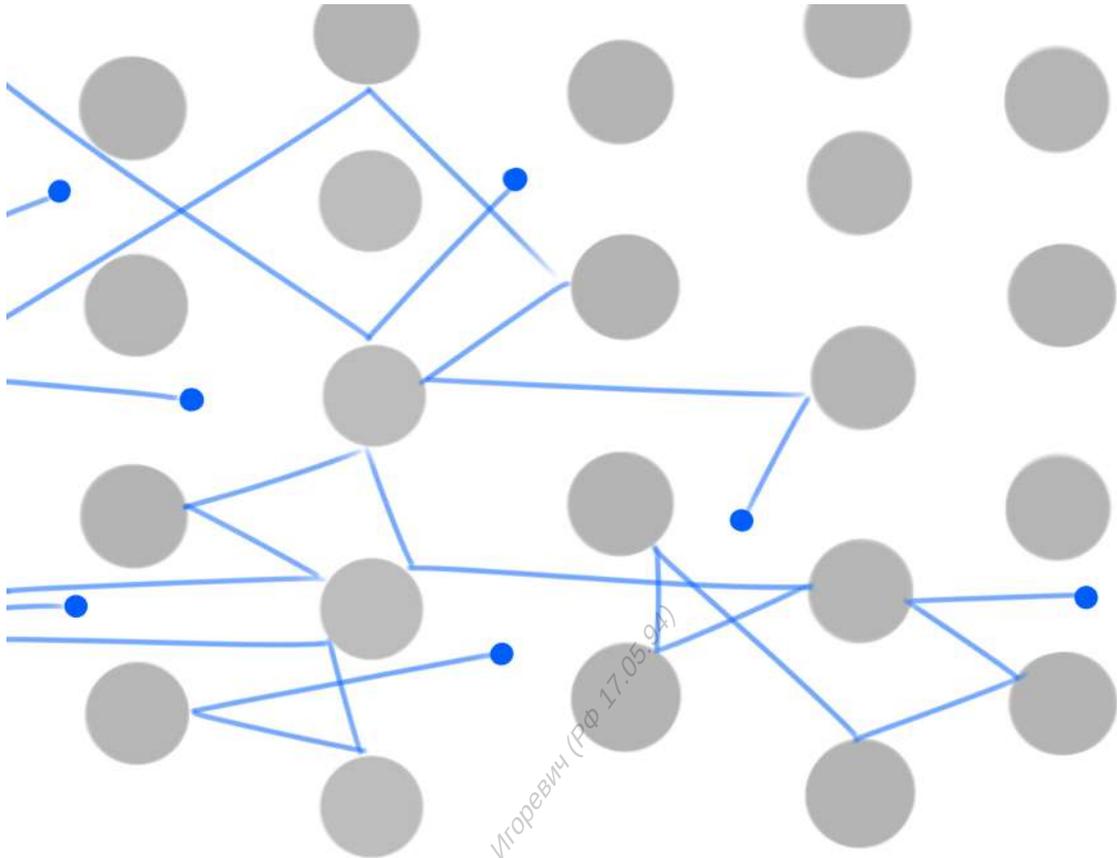


Рисунок 16 – Пример для **Сопротивление вещества: неподвижные атомы препятствуют движению тока свободных**

Зависимость удельного сопротивления проводников от температуры:
(рис.17)



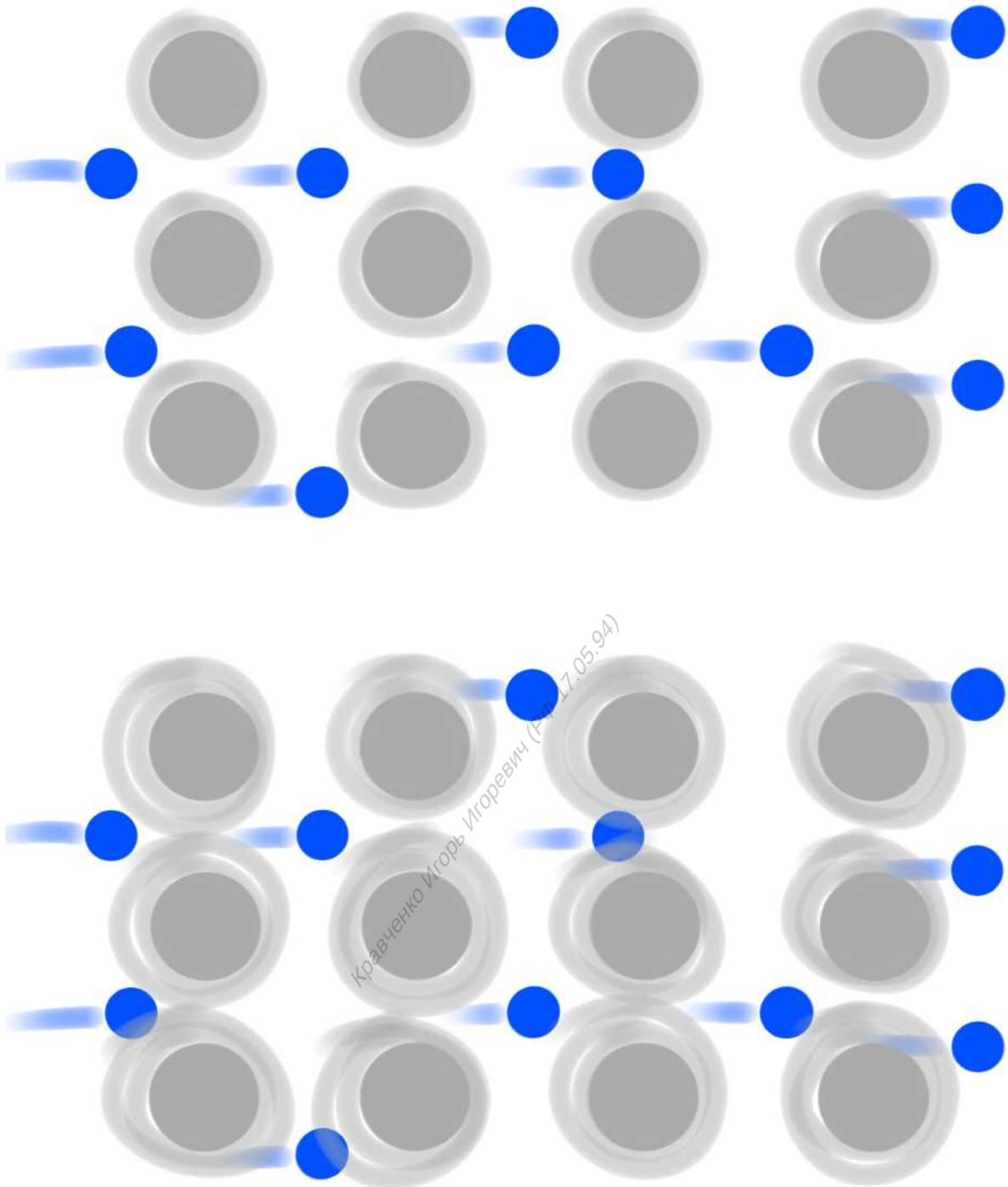


Рисунок 17 – Пример для $\rho(t)$: на нижнем рисунке температура выше \Rightarrow атомы колеблются сильнее \Rightarrow атомы мешают потоку сильнее $\Rightarrow \rho \uparrow$

Проводимость (Электропроводность) (γ [См]) – характеристика проводника, показывающая как проводник пропускает ток. (рис.18)





Рисунок 18 – Пример для **Электропроводность**: сколько проводников тут ? **Какой** проводник имеет **большую проводимость** ?

Удельная проводимость (σ [$\frac{\text{м}}{\text{Ом}\cdot\text{м}^2}$]) – характеристика вещества, показывающая **проводимость** тела длиной **1 м** и сечением **1 м²** . (рис.19)



Рисунок 19 – Пример для **Удельная проводимость**: почему воду не используют в электрической цепи ?





Сторонняя сила – **НЕ**электрическая сила, « протаскивающая » заряд внутри источника. (рис.20)

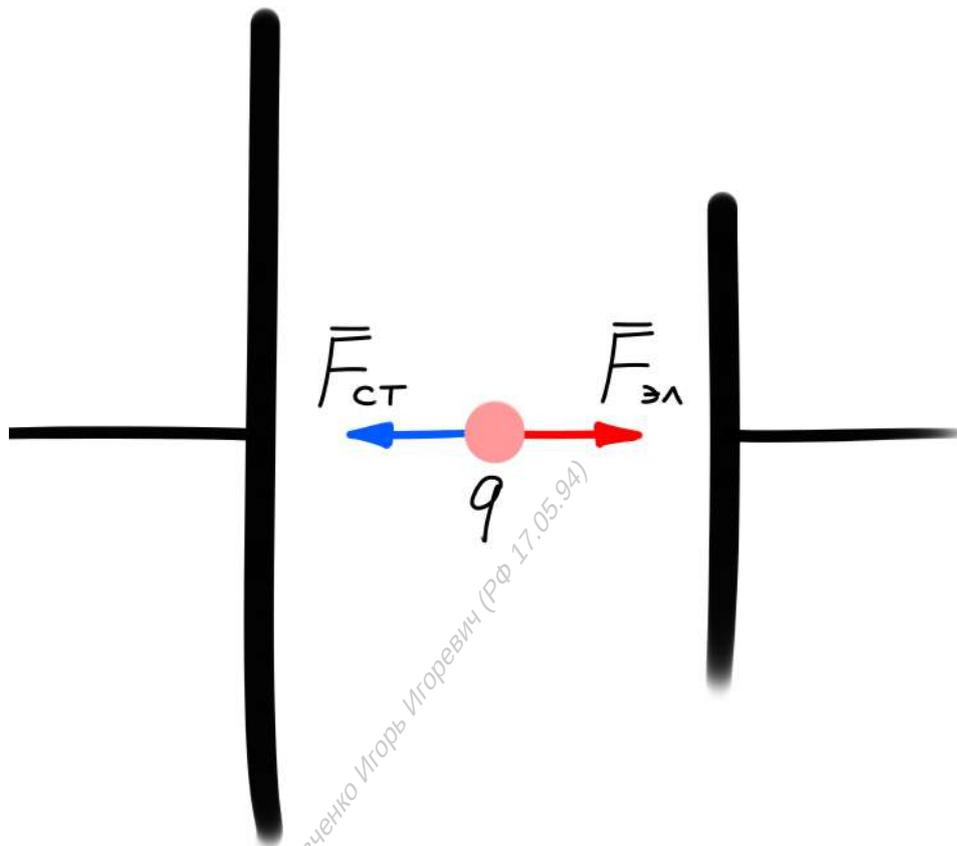


Рисунок 20 – Пример для **Сторонняя сила**: заряды циркулируют по цепи так: 1) сначала от + к - источника снаружи источника благодаря электрическому взаимодействию; 2) потом внутри источника от - к + благодаря сторонней силе

Внутреннее сопротивление (r [Ом]) – сопротивление источника. (рис.21)

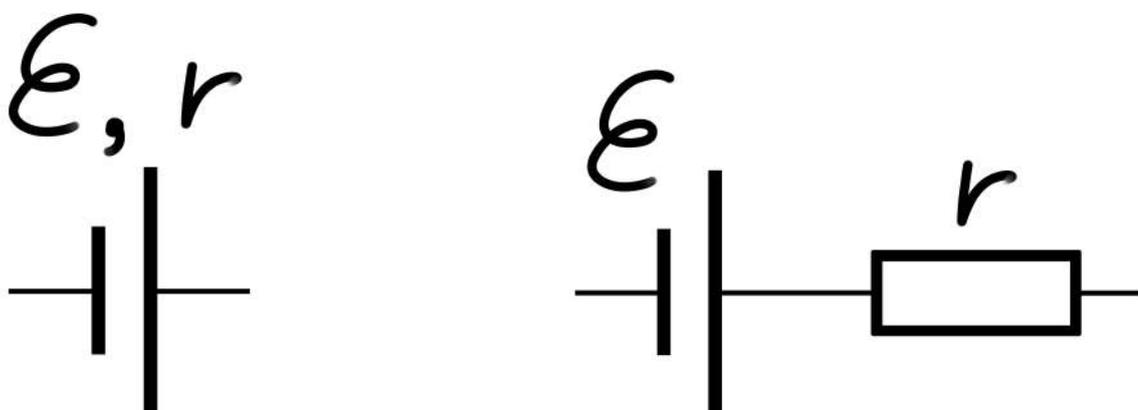


Рисунок 21 – Пример для **Внутреннее сопротивление**: изображение источника с « r »





Виды источников:

1. Реальный: $r \neq 0$.

2. Идеальный: $r = 0$.

Полная цепь: (рис.22)

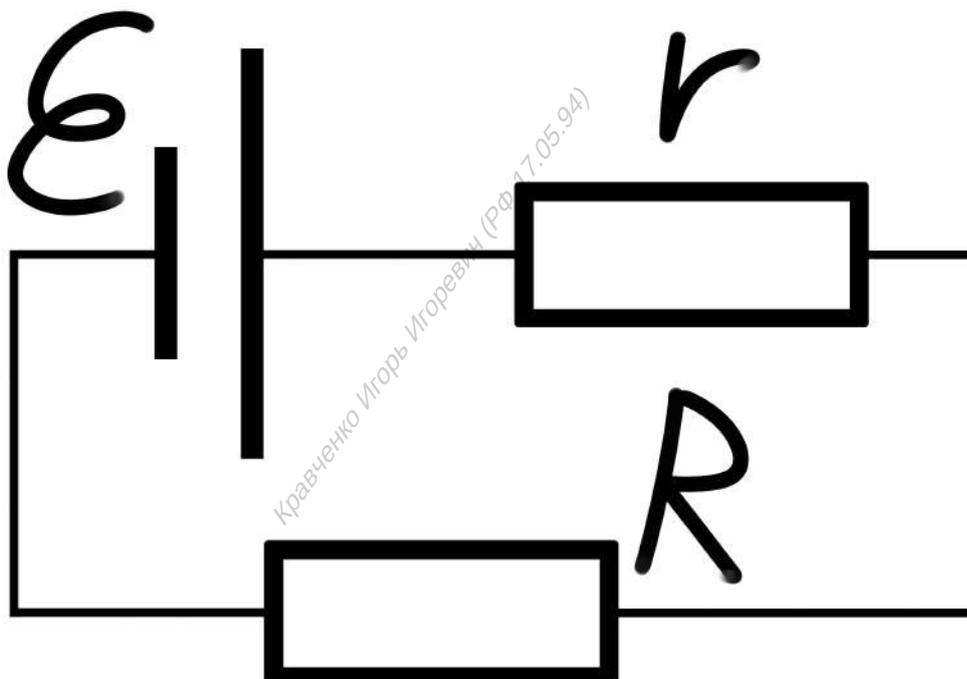


Рисунок 22 – Пример для Полная цепь:

Источник « ϵ , r » + внешний Резистор « R »

Закон Ома для полной цепи (замкнутой):

« **Ток** полной цепи прямо пропорционален **ЭДС** цепи и **обратно** пропорционален сумме внешнего и внутреннего **сопротивлений** цепи »

(рис.23)



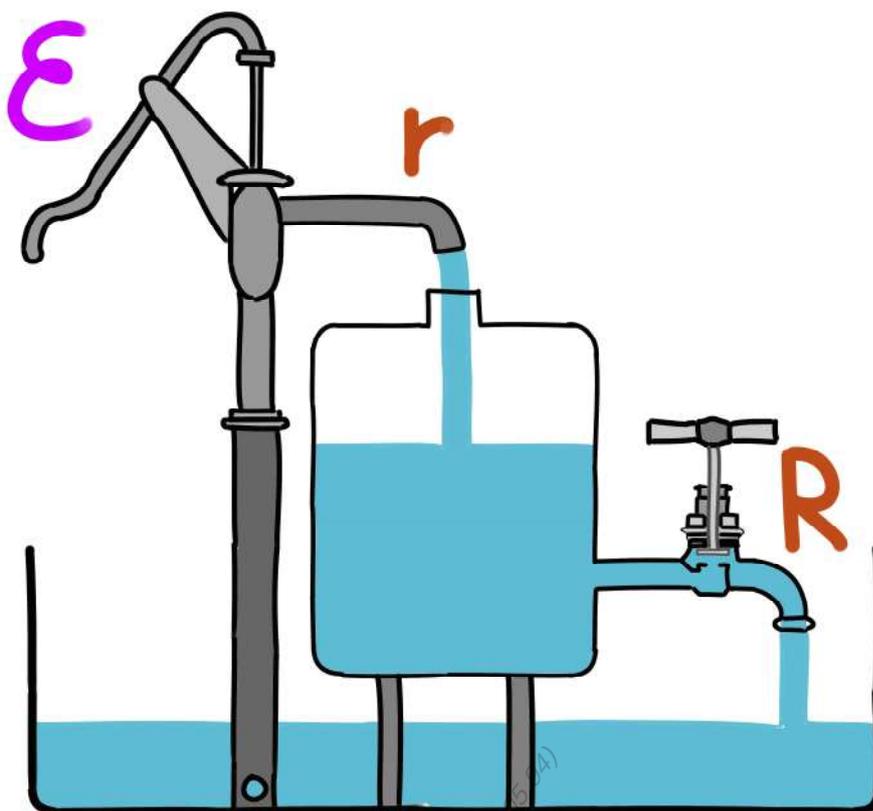


Рисунок 23 – Пример для Полная цепь: ϵ = движущая сила; r = сужение, мешающее потоку из источника; R = кран, снаружи мешающий потоку;

Направление тока в цепи (условное): (рис.24, 25)

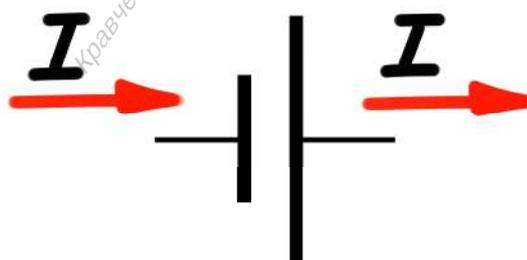


Рисунок 24 – Пример для **Направление тока в цепи:** ток выходит из **+вывода**, входит в **-вывод источника**

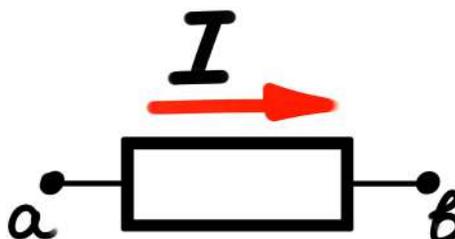


Рисунок 25 – Пример для **Направление тока в цепи:** ток направлен от большего ϕ к меньшему ϕ ($\phi_a > \phi_b$) проводника





Параллельное соединение резисторов (проводников):

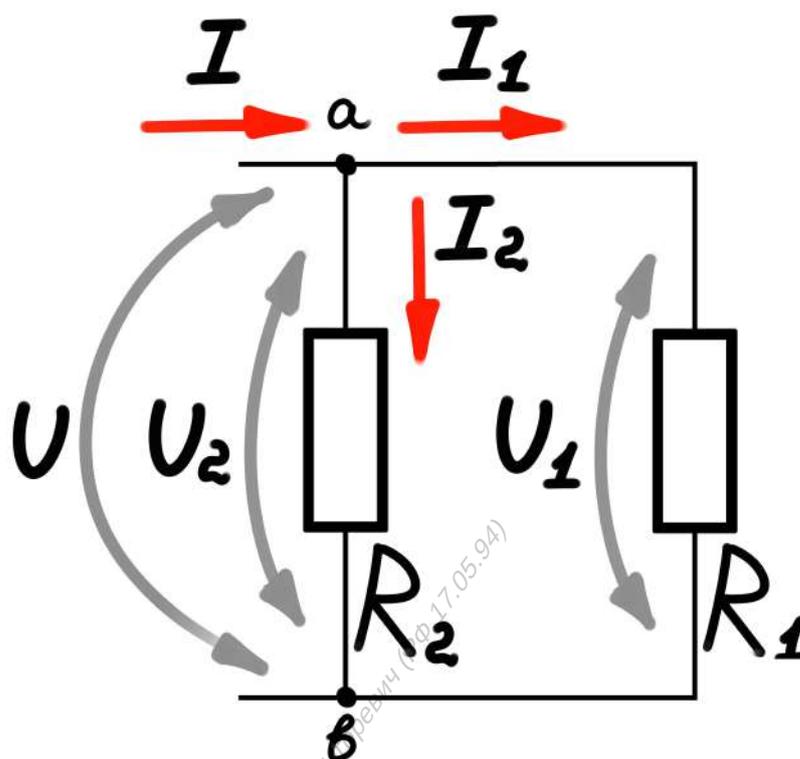


Рисунок 26 – Пример для Параллельное соединение резисторов: входящий ток разделяется. Напряжения показаны между одними и теми же точками.

Последовательное соединение резисторов (проводников):

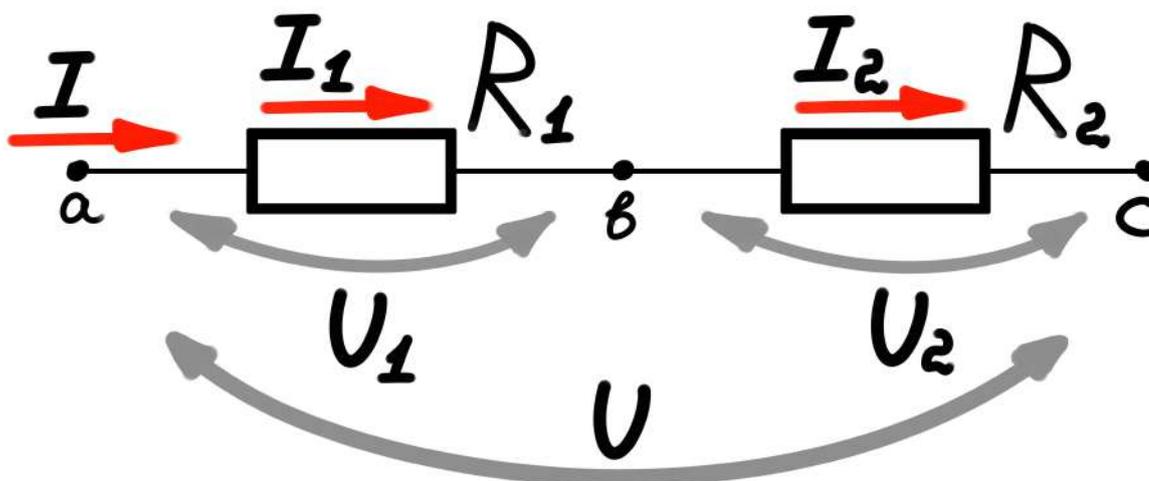


Рисунок 27 – Пример для Последовательное соединение резисторов: входящий ток проходит каждый резистор. Напряжения разделяется.



Работа электрического тока (A [Дж]) – работа эл.поля на участке цепи.

(рис.28)

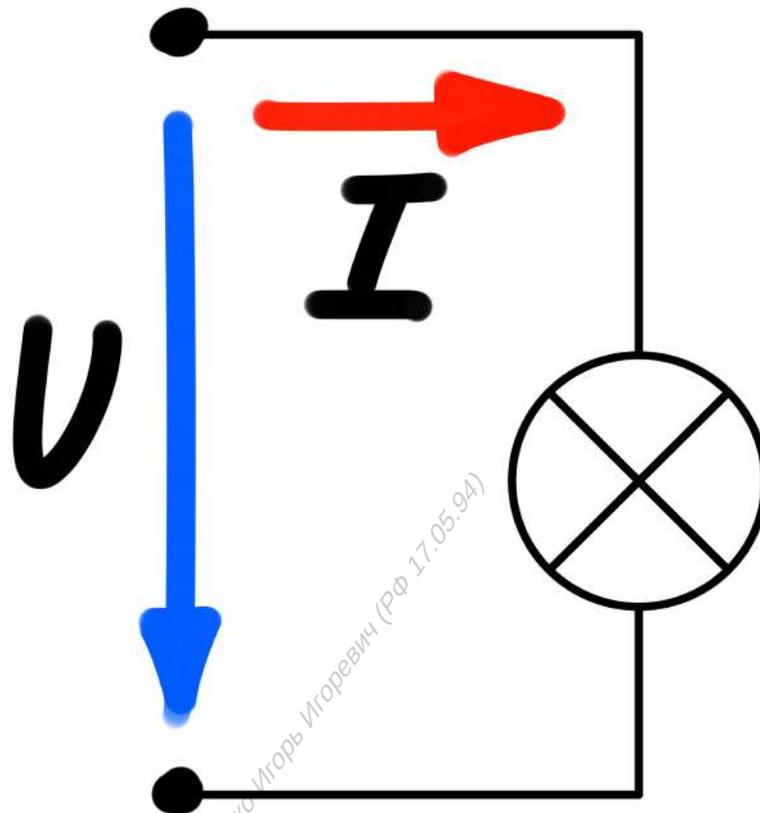


Рисунок 28 – Пример для **Работа электрического тока**: проходящий по лампе ток увеличивает энергию лампы \Rightarrow свет и нагрев

Закон Джоуля-Ленца:

« Ток нагревает тело, проходя это тело »

(рис.29)



Рисунок 29 – Пример для **Закон Джоуля-Ленца: горячее тело из-за тока**



Мощность электрического тока (P [Вт]) – работа эл.поля в единицу времени. (рис.30)



Рисунок 30 – Пример для **Мощность электрического тока: работа за 1 с (СИ)**

Условие максимальной мощности во внешнем участке полной цепи:

«Внутреннее сопротивление = Внешнее сопротивление»

(рис.31)

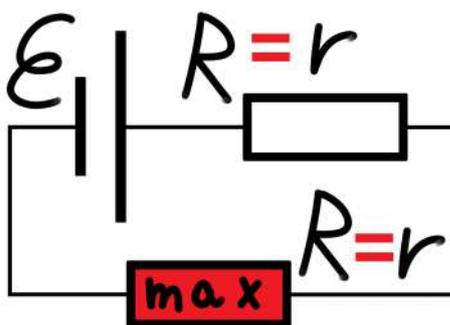


Рисунок 31 – Пример для **Условие P_{\max} во внешнем участке: $P_R \rightarrow \max$**





Свободные заряды в проводниках – заряженные частицы, способные самопроизвольно **перемещаться** в теле-проводнике. (рис.32)

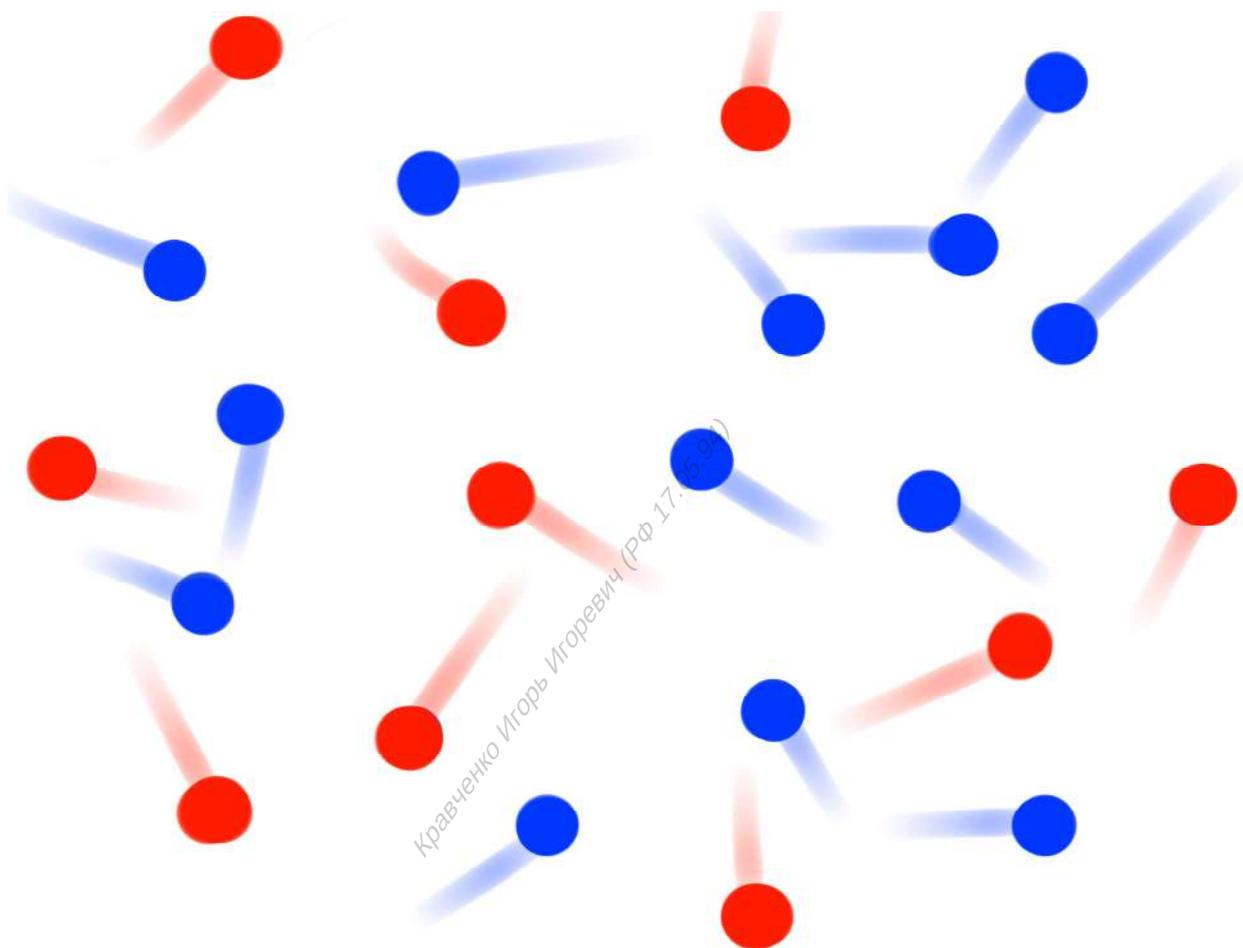


Рисунок 32 – Пример для **Свободные заряды в проводниках**: тут ● и ●

Внимание. Проводимость = способность тела проводить ток.

Механизмы проводимости:

1. **Твердый металл:** (рис.33)



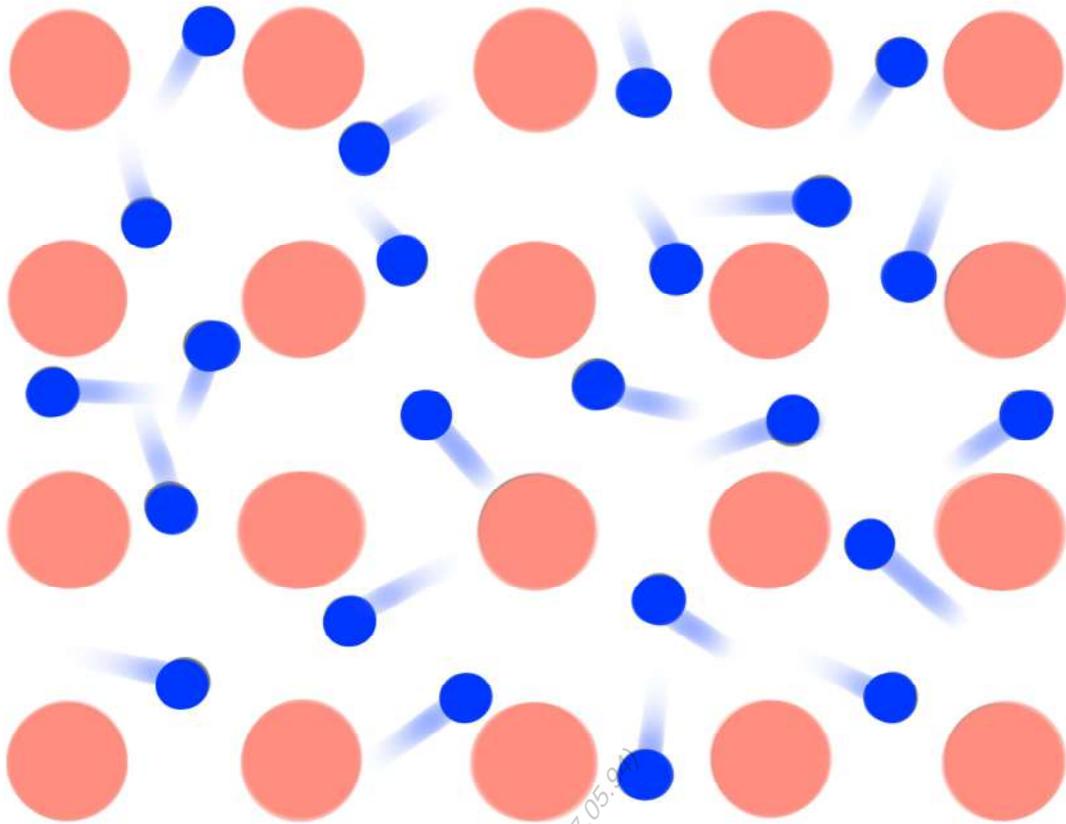


Рисунок 33 – Пример для **Проводимость в Твердый металл:** ● электроны

2. Раствор / расплав электролита: (рис.34)

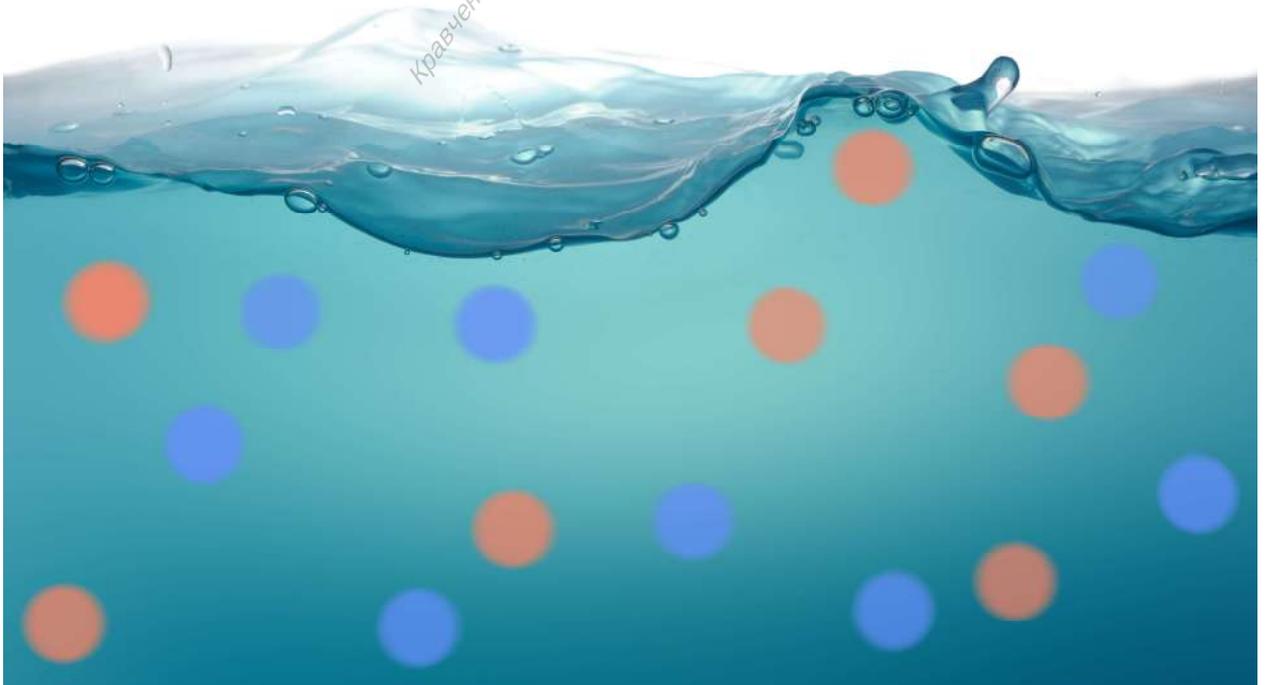


Рисунок 34 – Пример для **Проводимость в Раствор / расплав электролита:**
свободные ионы ● и ●





3. Газ: (рис.35)

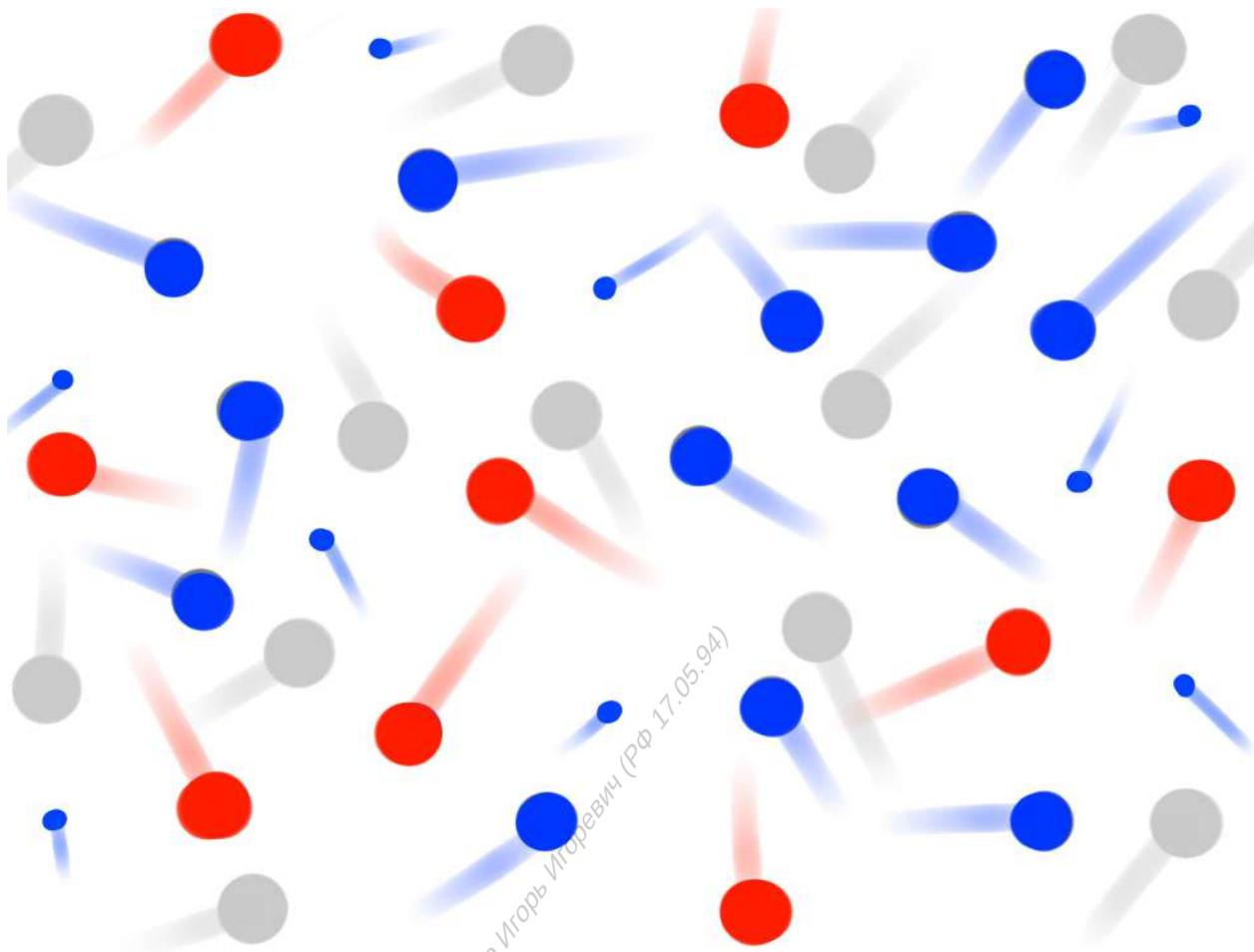


Рисунок 35 – Пример для **Проводимость в Газ:**

« газ с зарядами » = **плазма**.

Свободные **ионы** ● и ● , **электроны** ● , **нейтральные** молекулы ● (между частицами расстояния велики)

Полупроводник – тело из вещества, которое:

« при одних условиях **диэлектрик**,

а

при других условиях **проводник** »

(рис.36, 37)



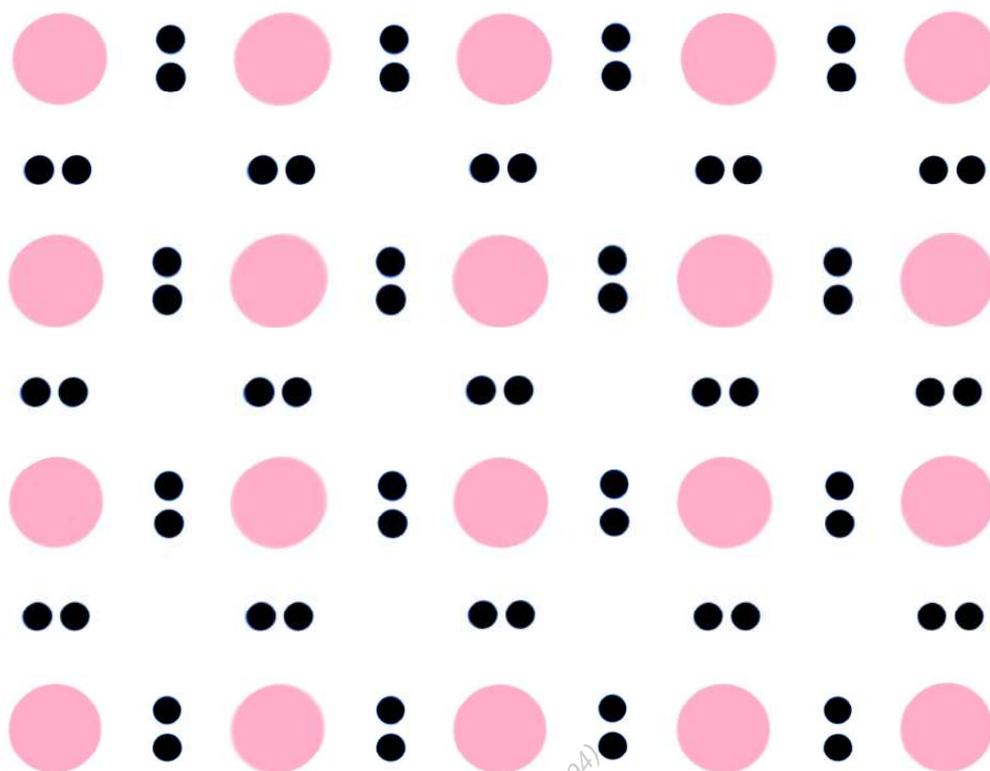


Рисунок 36 – Пример для Полупроводник: состояние « диэлектрик ».

• - несвободные электроны

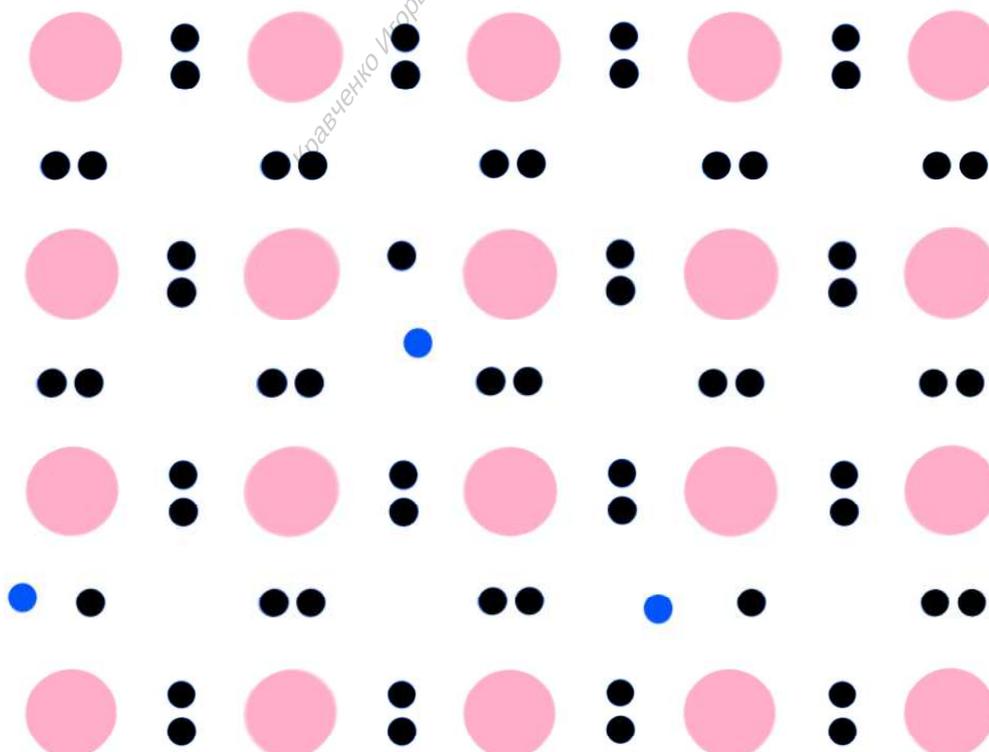


Рисунок 37 – Пример для Полупроводник: состояние « проводник ».

• - свободные электроны



Дырка – межатомное место, предназначенное для электрона. (рис.38)

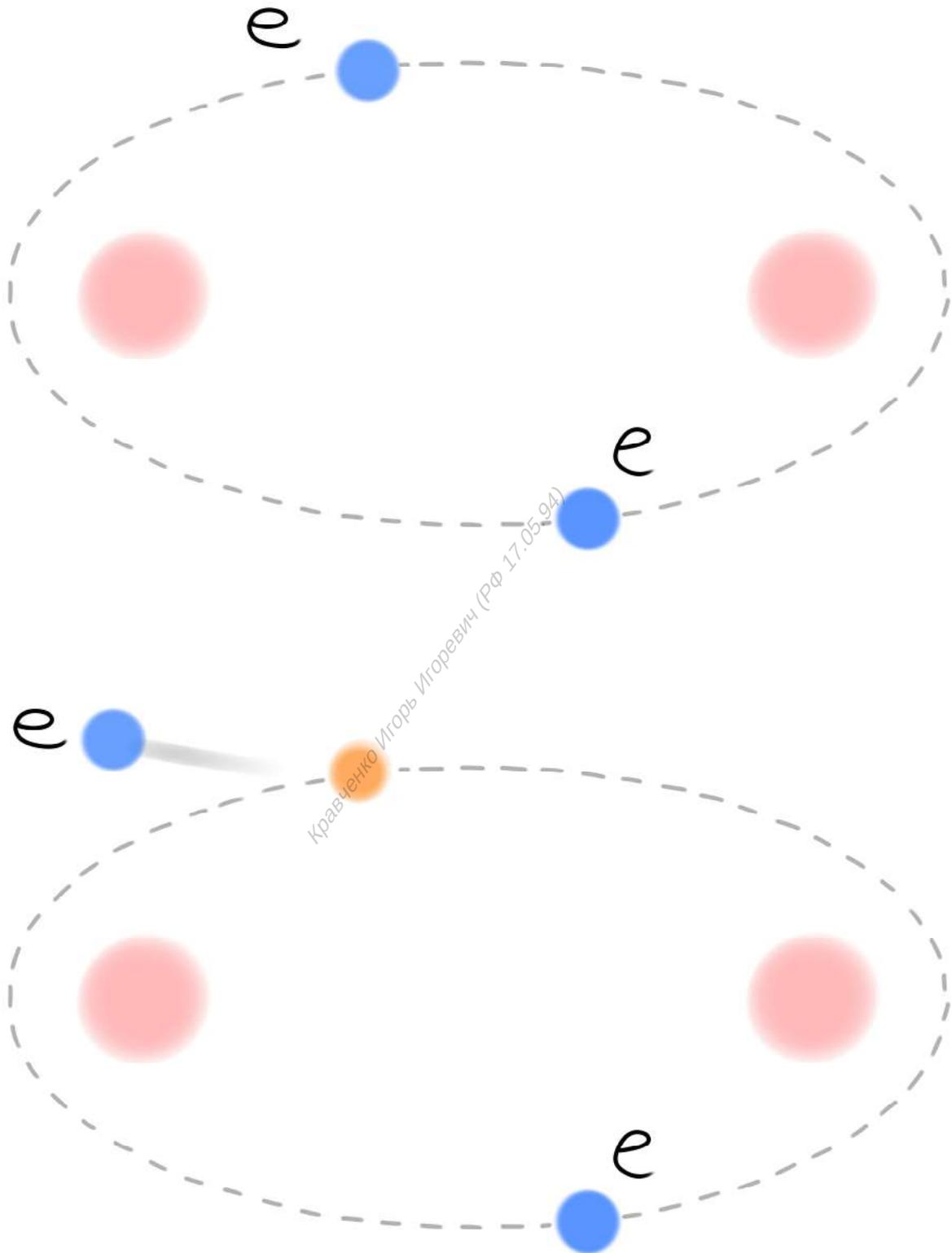


Рисунок 38 – Пример для Дырка: образование дырки у атомов, связанных электронами



Проводимость полупроводника:

1. **Собственная:** обусловлена движением свободных электронов и дырок полупроводника. (рис.39)

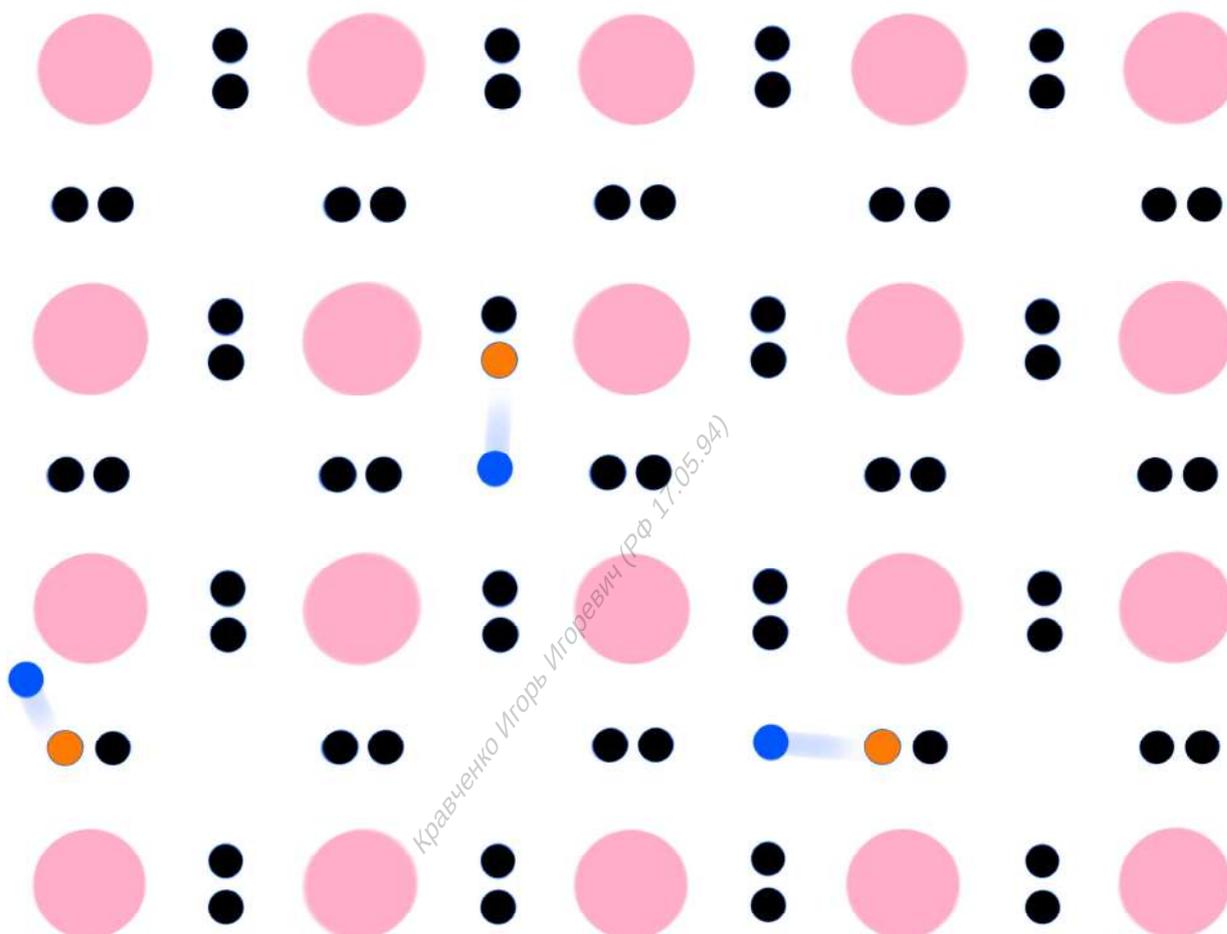


Рисунок 39 – Пример для Собственная проводимость Полупроводника:

- несвободные • связаны / с атомами ;

- некоторые • отлетают от предназначенного места, становятся свободными, создавая свободную дырку ;

- дырка • свободна, т.к. дырка • может привлечь « соседний • », тем самым дырка • перемещается на то место, откуда пришел этот « соседний • »

2. **Примесная:** обусловлена движением свободных электронов или дырок примесного вещества. (рис.40, 41)



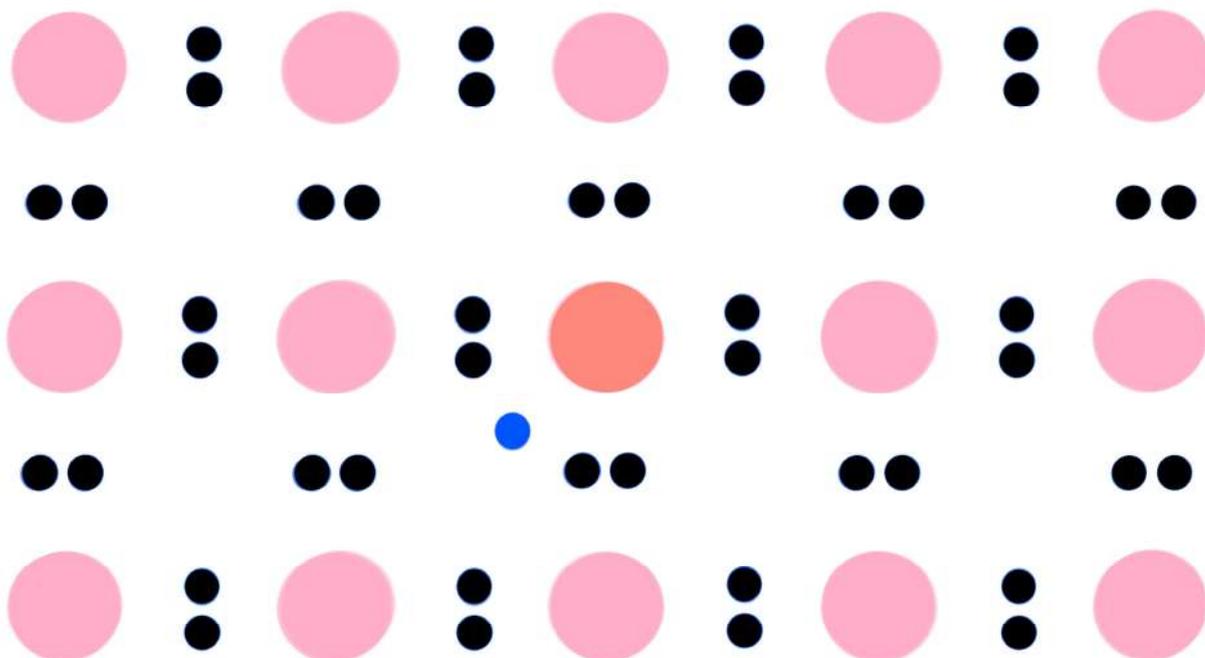


Рисунок 40 – Пример для **Донор-примесь** Полупроводника:
 полупроводник « **n-типа** »; донор-атом **•** дает **свободный •**, НЕ создающий
 свободную дырку (**электронная проводимость**)

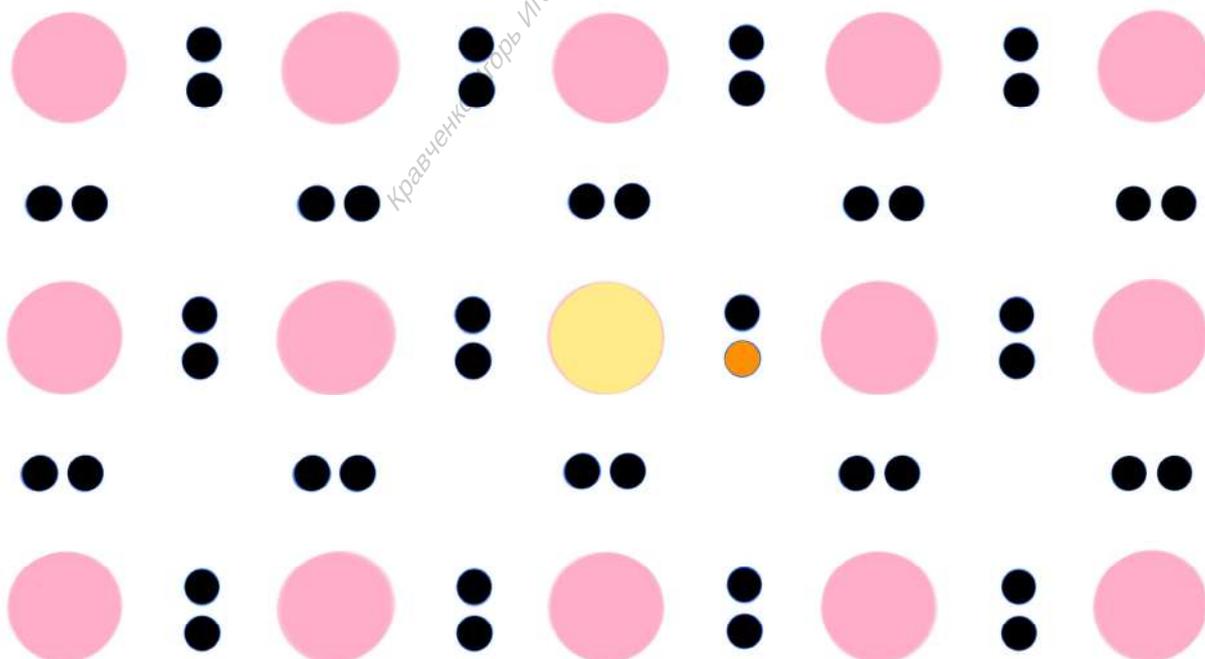


Рисунок 41 – Пример для **Акцептор-примесь** Полупроводника:
 полупроводник « **p-типа** »; акцептор-атом **•** дает **свободную •**, НЕ
 создающую свободный электрон (**дырочная проводимость**)





« **p - n** » **переход** – место **контакта** полупроводников **p-типа** и **n-типа**.

(рис.42, 43)

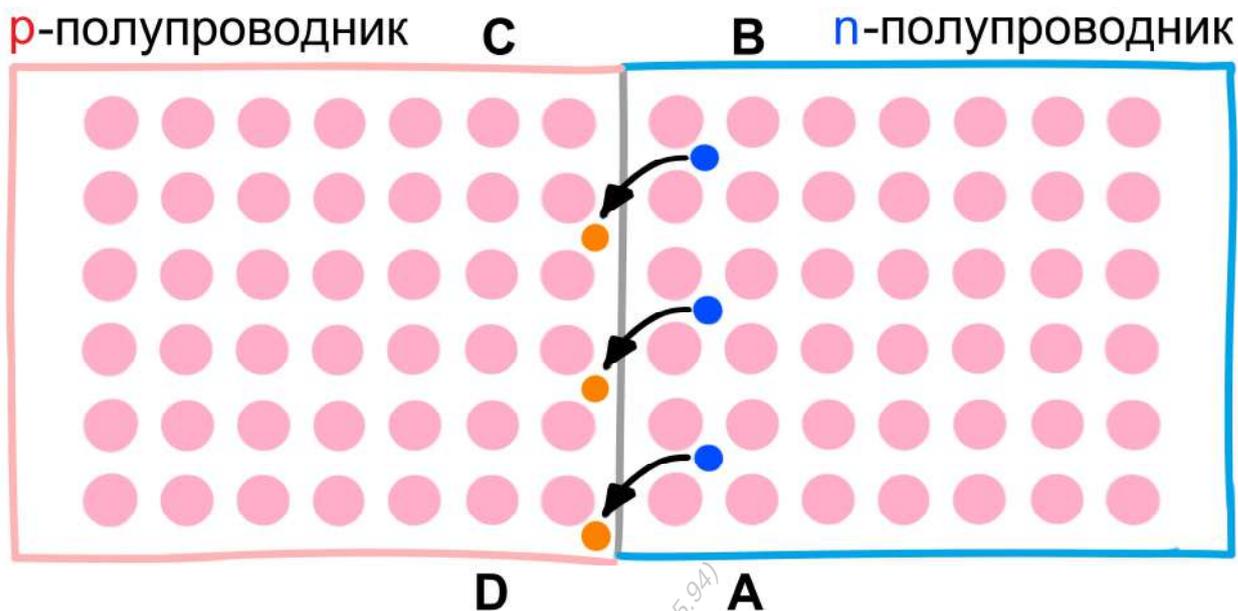


Рисунок 42 – Пример для « p - n » переход: сразу **свободные • n-тела** занимают жестко **акцепторные-дырки • p-тела** вблизи границы

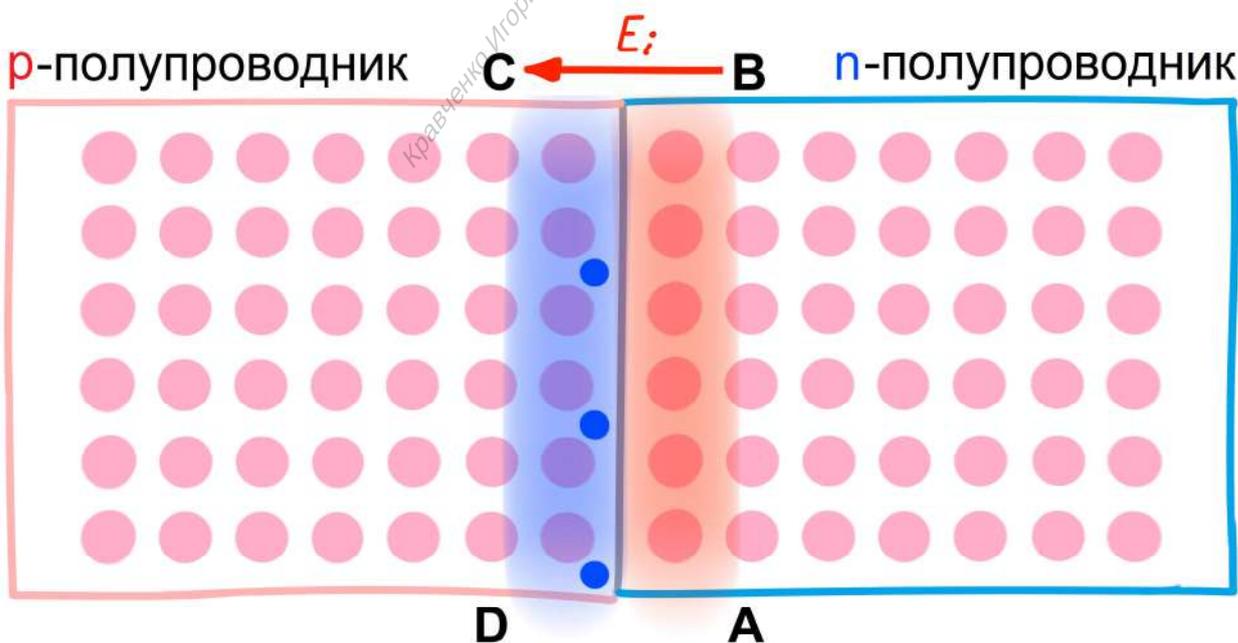


Рисунок 43 – Пример для « p - n » переход: слева \square **ABCD** образуется объемный **-заряд** (справа **+заряд**), образующие **поле** , препятствующее дальнейшему проникновению зарядов с одного на другое тело





Диод – устройство с «р - n» переходом, пропускает ток в одном направлении. (рис.44-46)

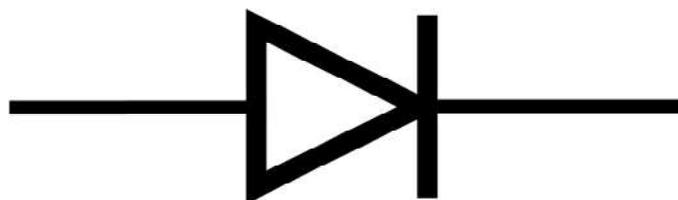


Рисунок 44 – Пример для Диод: обозначение на схеме

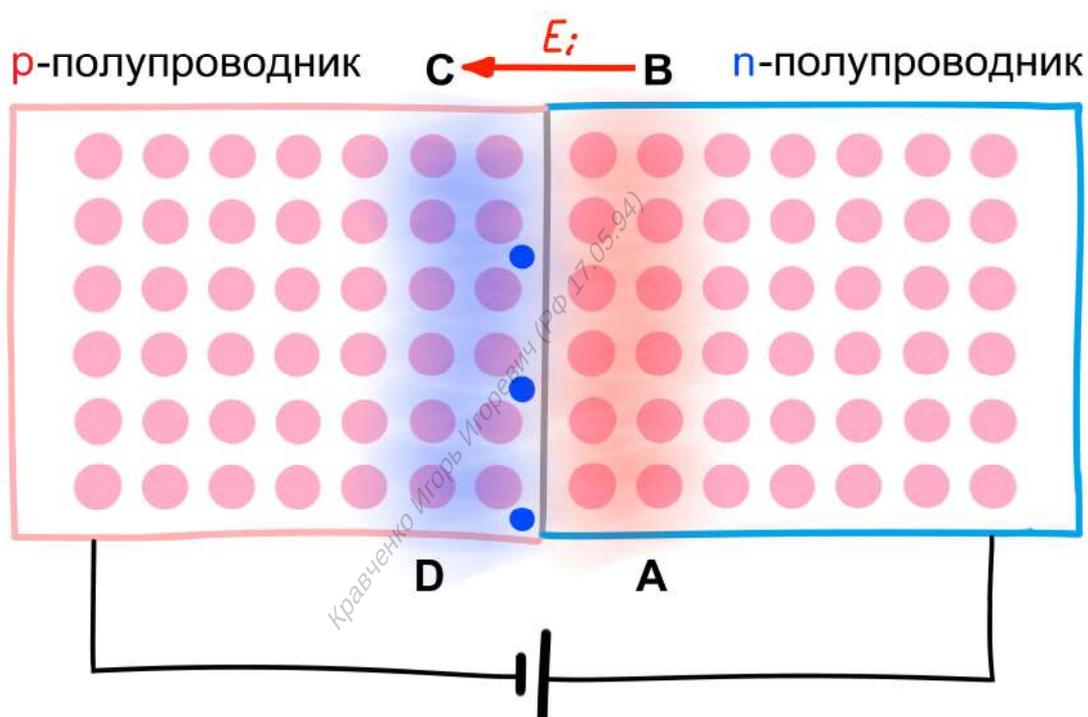


Рисунок 45 – Пример для Диод: обратное включение.

Свободные • р-тела тянутся к +источника ,

но

у р-тела почти нет **Свободные** • ,

поэтому

ток не идет.

Внимание. При обратном включении: ↑ ширина / величина препятствующего поля из-за притягивания свободных зарядов к источнику.



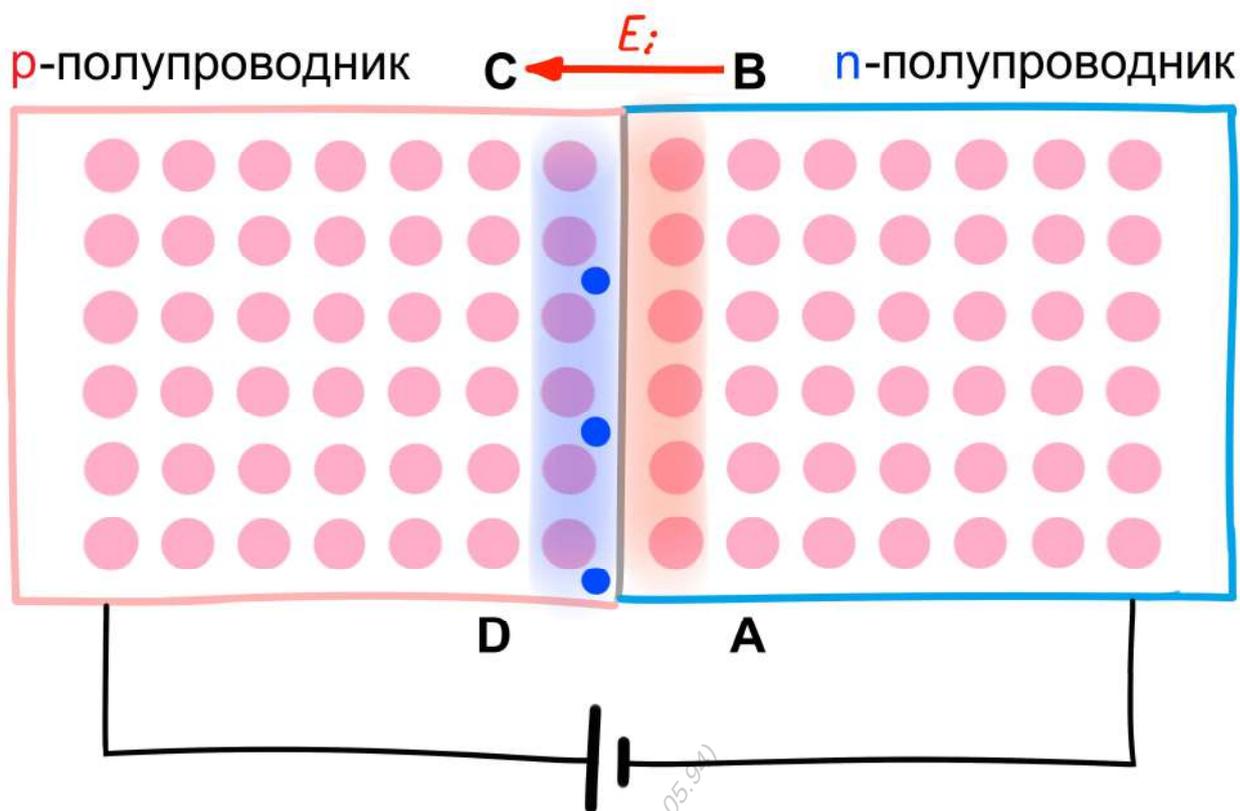


Рисунок 45 – Пример для Диод: прямое включение.

Свободные • n-тела тянутся к +источника ,

и

у n-тела много **Свободные** • ,

поэтому

ток идет.

Внимание. При прямом включении: ↓ ширина / величина препятствующего поля из-за отталкивания свободных зарядов от источника.





МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Магнит – тело, притягивающее железные предметы. (рис.1)

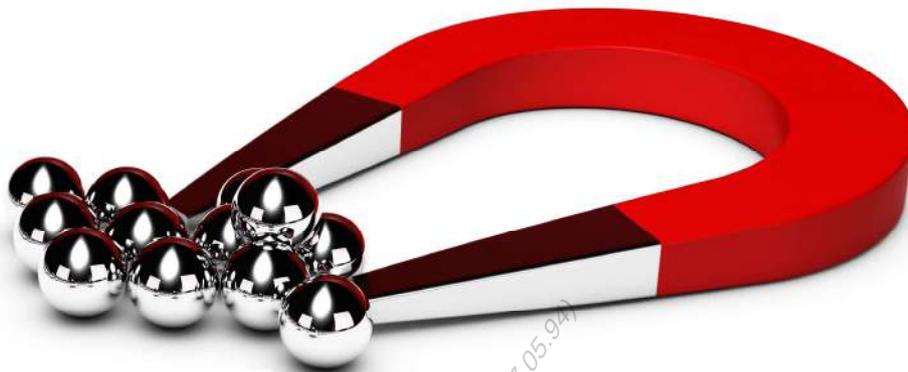


Рисунок 1 – Пример для **Магнит**: подковообразный

Внимание. Намагниченное тело = Магнит.

Магнитное поле – невидимая материя **вокруг** магнита, **которой** магнит **влияет на другие** магниты / железные тела. (рис.2)





Рисунок 2 – Пример для **Магнитное поле**: магнит **влияет на шары** ⇒ шары **тянутся**

Модель магнита: (рис.3)

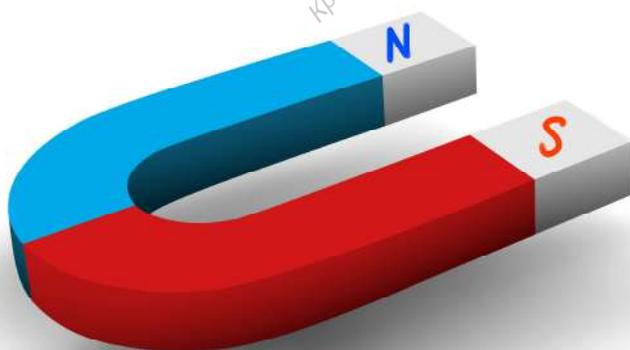


Рисунок 3 – Пример для **Модель магнита**: **синяя** половина – **северный** полюс. **Красная** половина – **южный** полюс.





Взаимодействие магнитов: (рис.4)

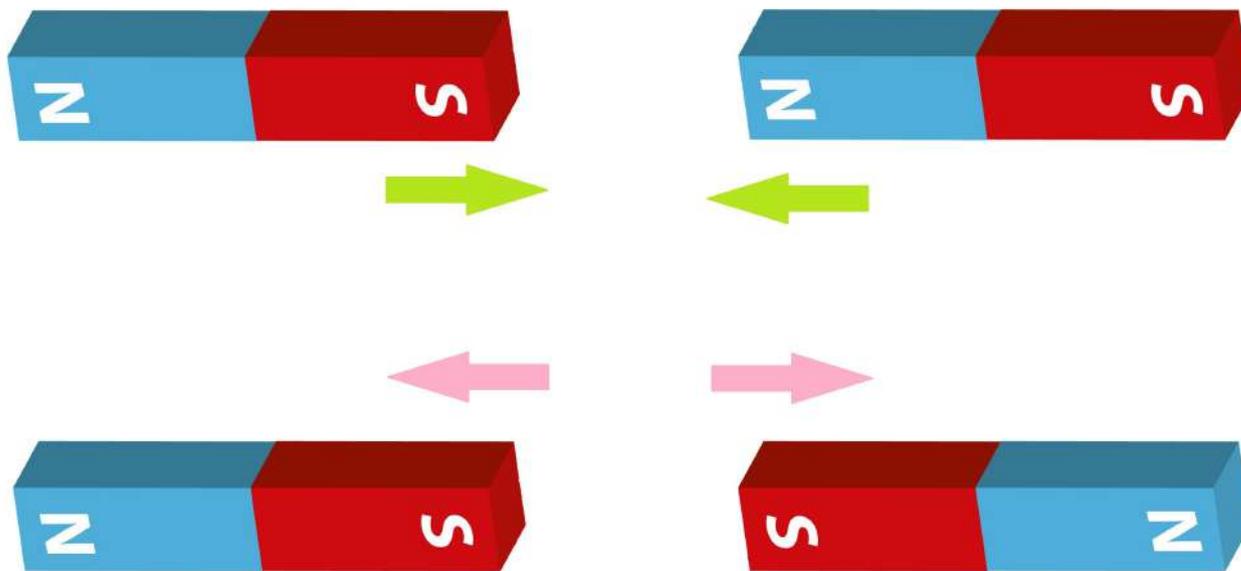
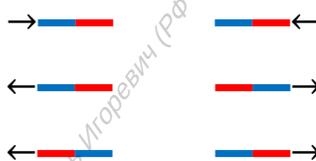


Рисунок 4 – Пример для **Взаимодействие магнитов:** Силы направлены так:



Магнитное поле: (рис.5)

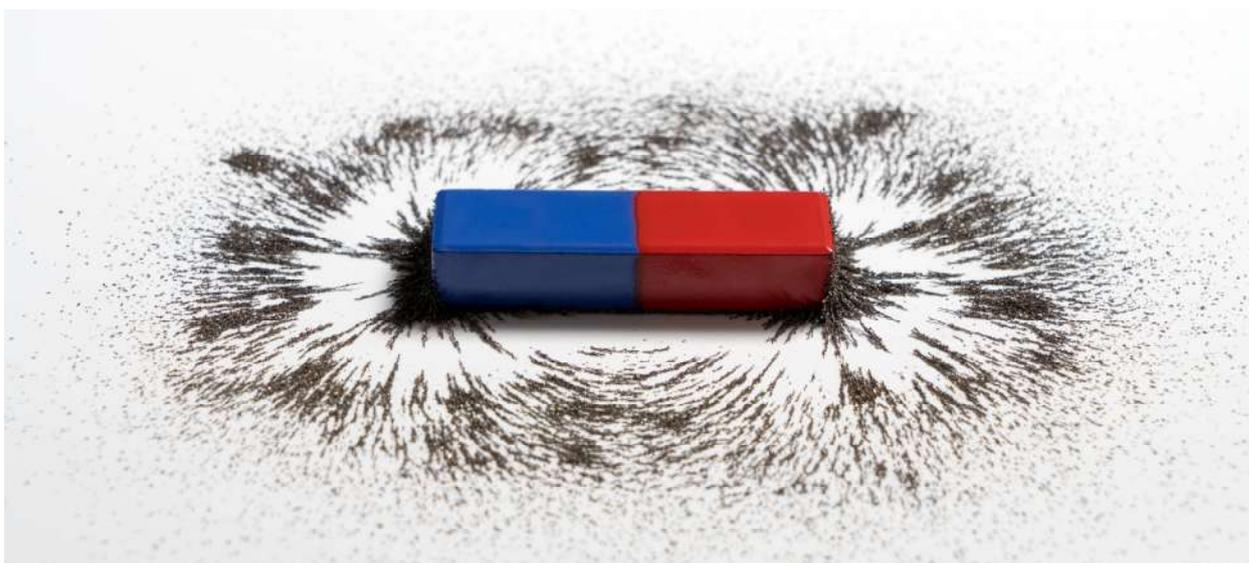


Рисунок 5 – Пример для **Магнитное поле:** **Магнит** создает вокруг **Поле** (железная пыль вокруг)



Магнитная стрела компаса – указатель направления в компасе. (рис.6, 7)



Рисунок 6 – Пример для **Магнитная стрела компаса: стрела – железное намагниченное тело**

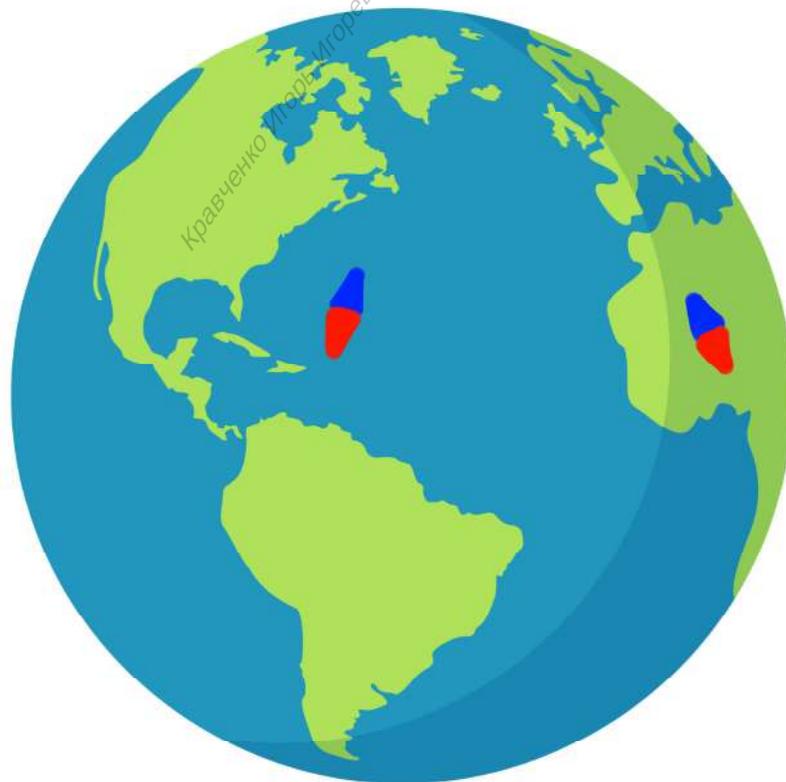


Рисунок 7 – Пример для **Магнитное поле: стрела везде смотрит на северный географический полюс (если ничто не мешает стреле) ⇒ планета имеет магнитное поле**



Магнитная индукция (\vec{B} [Тл]) – характеристика магн.поля , показывающая интенсивность и направление поля. (рис.8, 9)

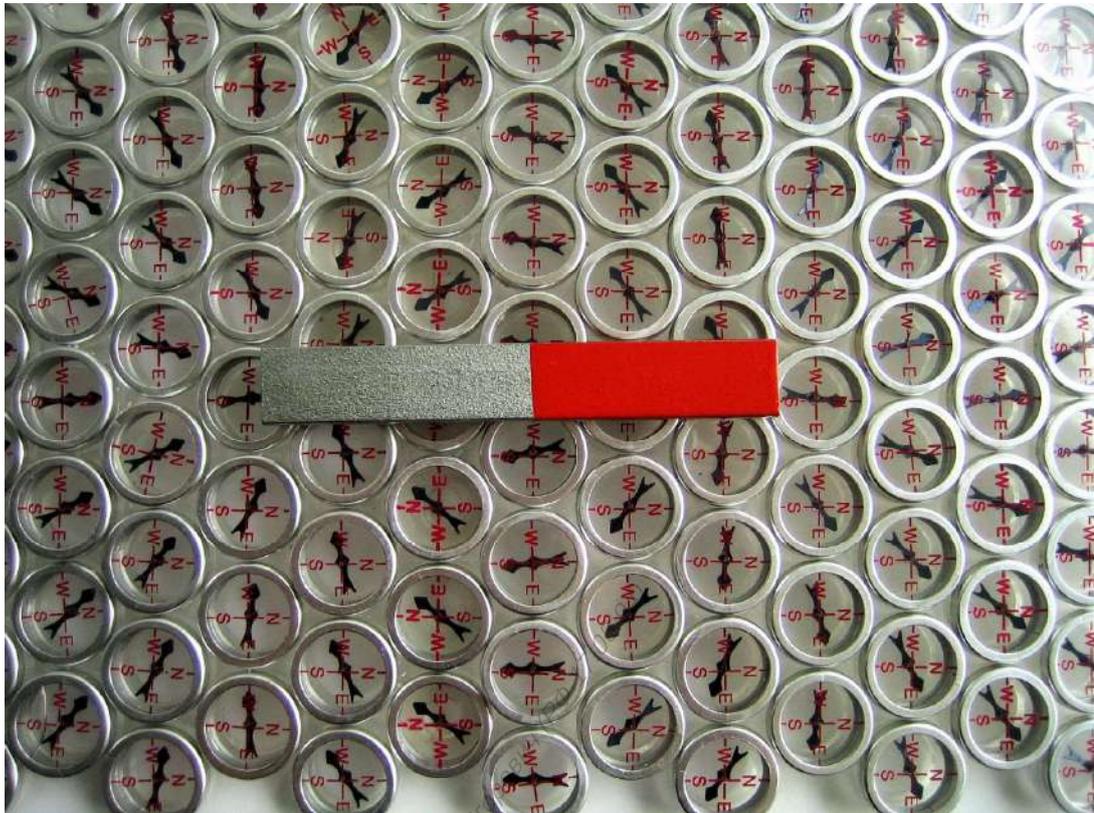


Рисунок 8 – Пример для **Магнитная индукция**: магнит среди компасов, можно заметить закономерность положений стрел

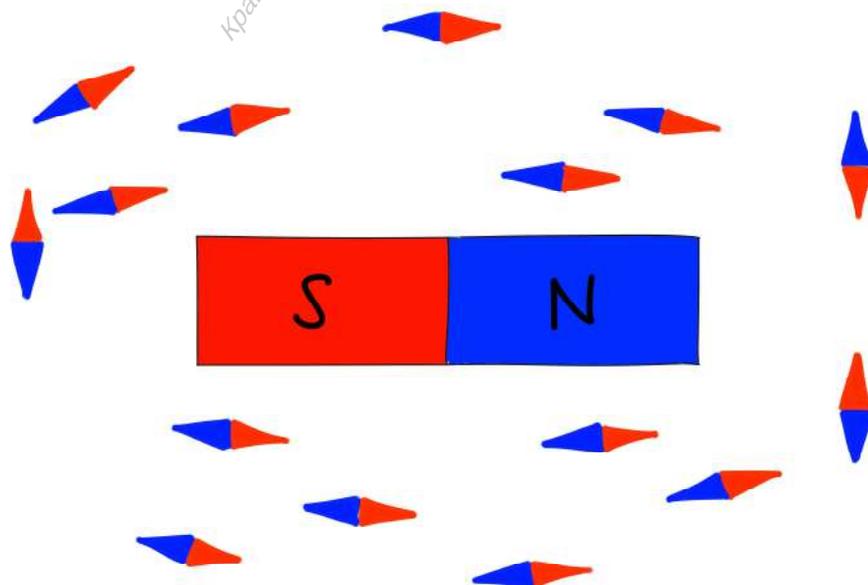
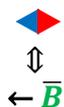


Рисунок 9 – Пример для **Магнитная индукция**: магнитная стрела показывает \vec{B} :



Принцип суперпозиции магнитных полей: (рис.10-12)

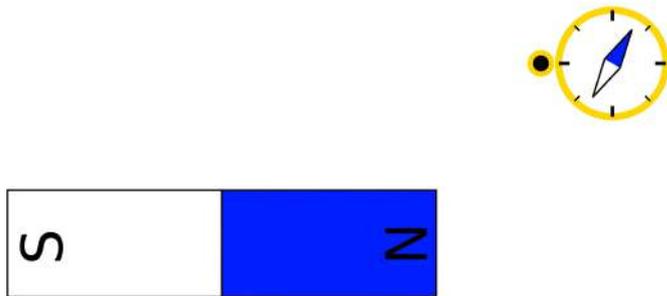


Рисунок 10 – Пример для **Принцип суперпозиции магнитных полей:** слева **магнит №1** создает **Поле №1**

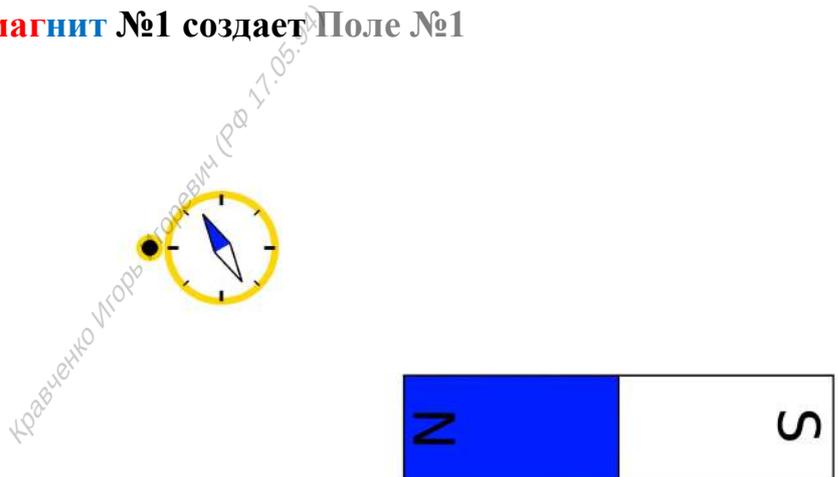


Рисунок 11 – Пример для **Принцип суперпозиции магнитных полей:** справа **магнит №2** создает **Поле №2**



Рисунок 12 – Пример для **Принцип суперпозиции магнитных полей**: слева и справа **магниты** создают **Поле**

Линия магн.поля – изображение магн.поля в пространстве, в каждой точке линии вектор \vec{B} касателен или параллелен. (рис.13)

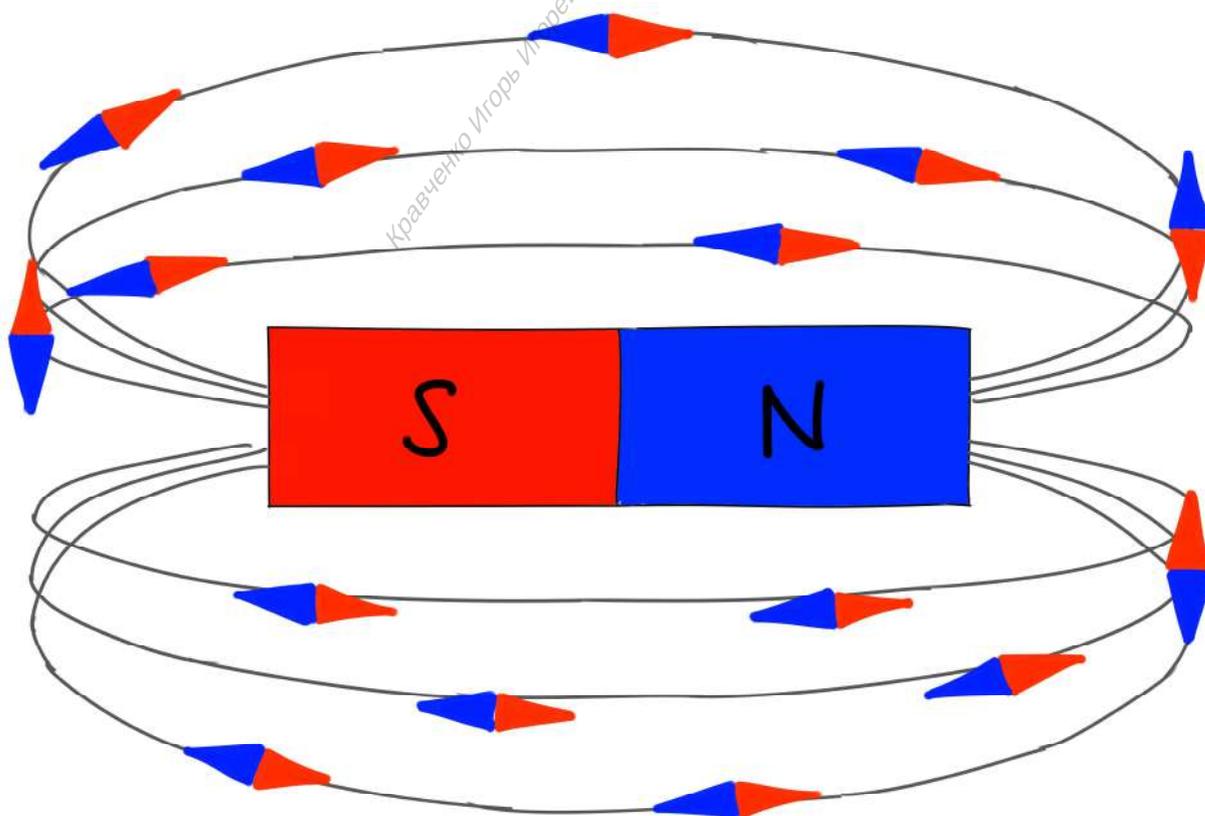


Рисунок 13 – Пример для **Линия магн.поля**: магн.поле кривое.  или \vec{B} показывает направление магн.поля в точке пространства.





Внимание.

« **Силовая линия магн.поля = Линия магн.поля** »

Внимание. Силовые линии:

« **ВЫХОДЯТ ИЗ N** ■ **ПОЛЮС** ⇒

И

ВХОДЯТ В ⇒ **S** ■ **ПОЛЮС** »

(рис.14)

Картина линий поля: (рис.14)

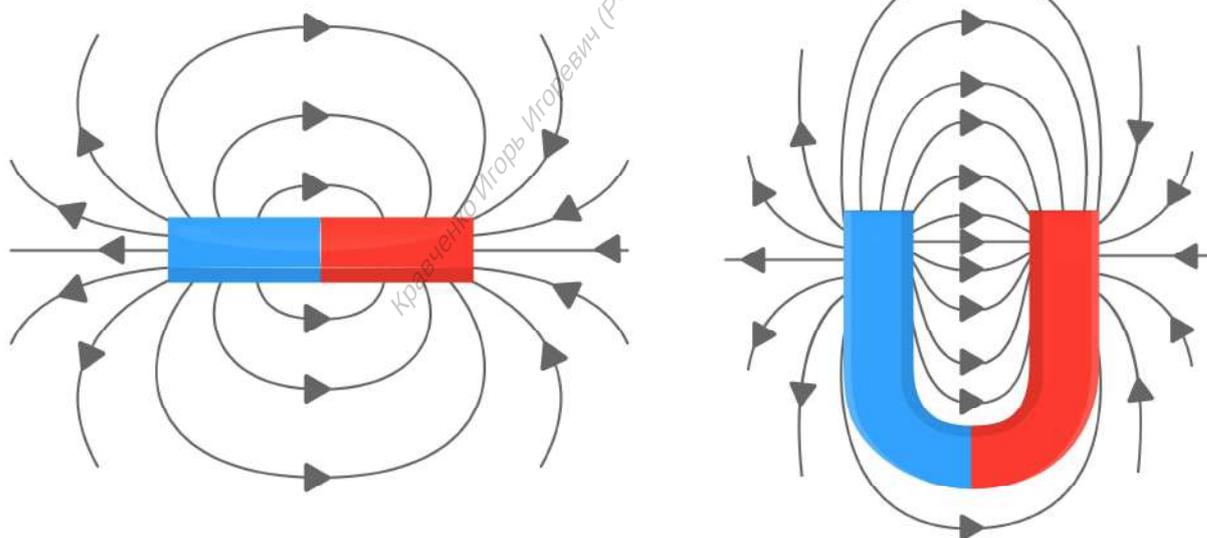


Рисунок 14 – Пример для **Картина линий поля:** слева **Полосовой** магнит. Справа **Подковообразный** магнит. ↑**Густота силовых линий** ⇒ ↑**V** в этой области пространства (и наоборот).



Соленоид – спираль-проводник, где $R \ll l$. (рис.15)

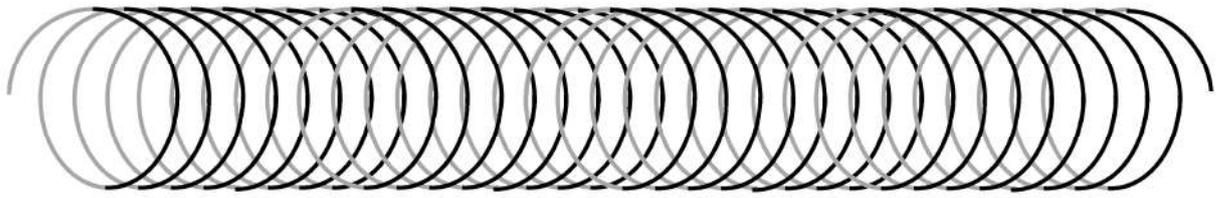
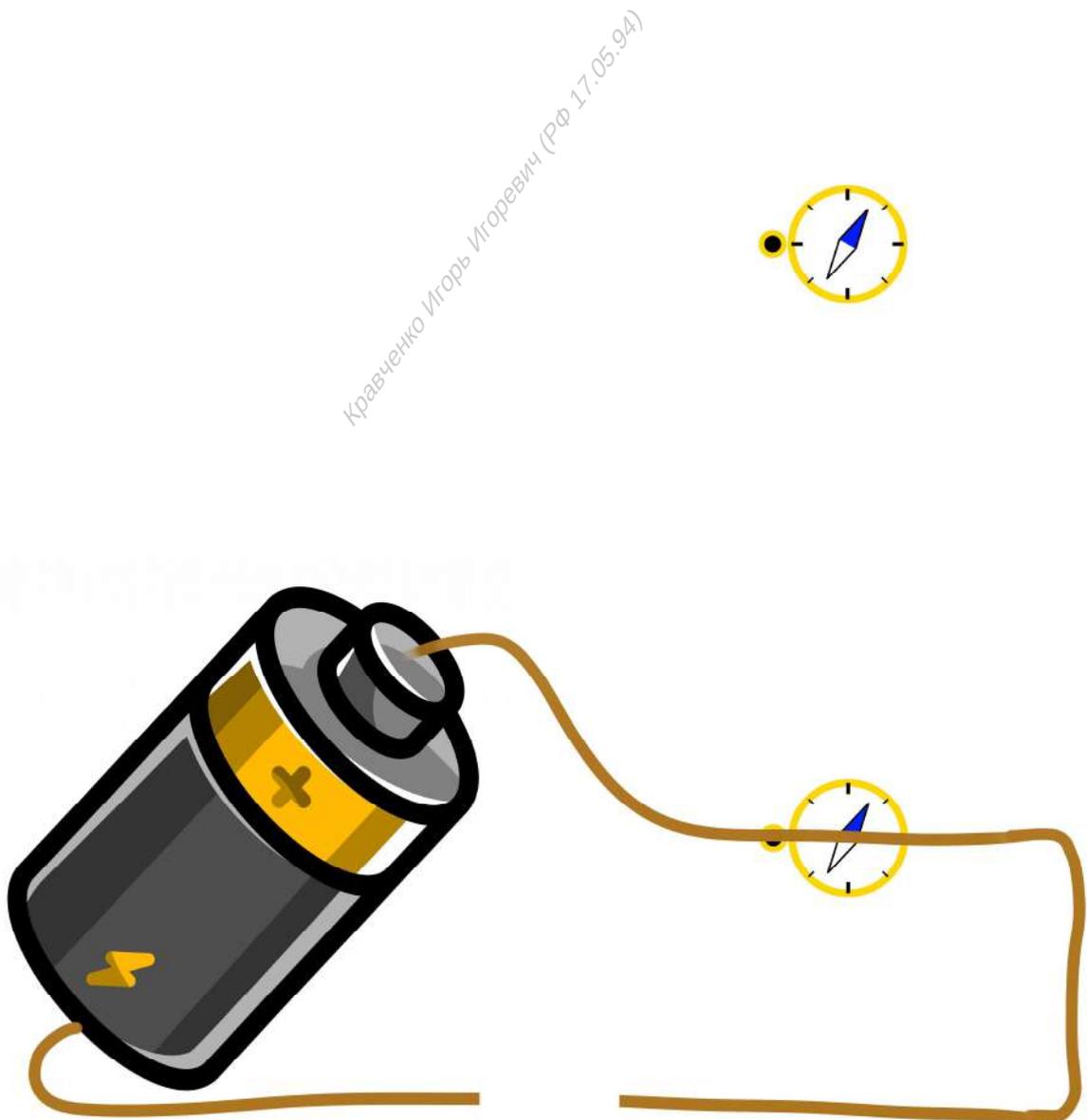


Рисунок 15 – Пример для **Соленоид**: узкая катушка

Опыт Эрстеда: (рис.16)



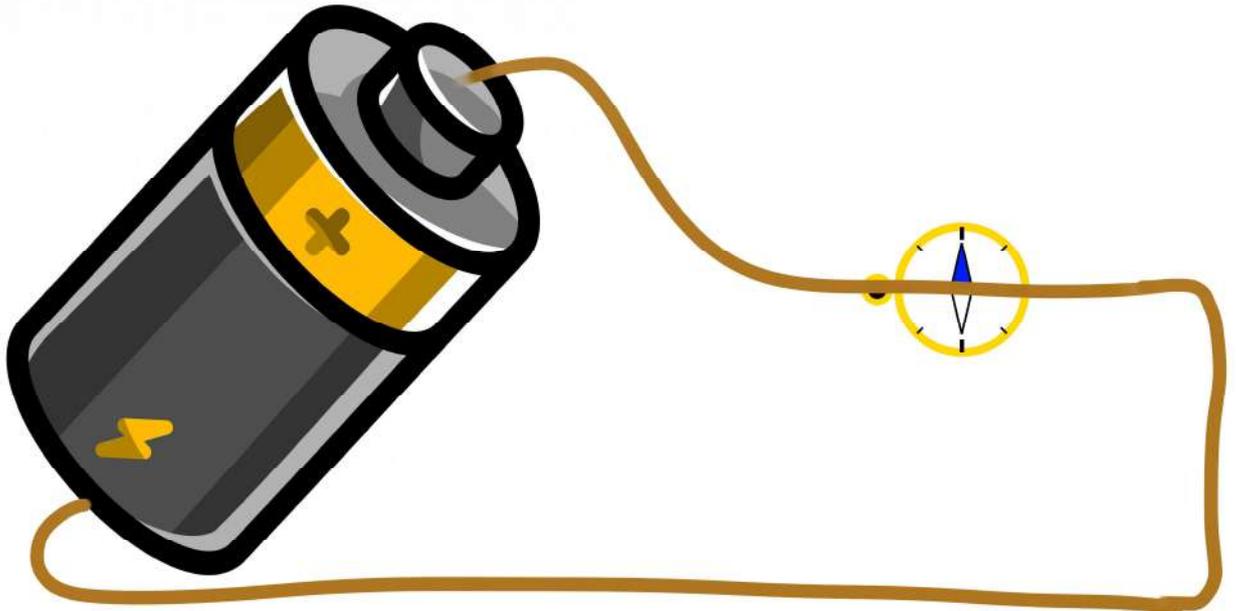


Рисунок 16 – Пример для **Опыт Эрстеда**: компас поворачивается, если рядом есть ток

Магнитное поле проводника с током: (рис.17-19)

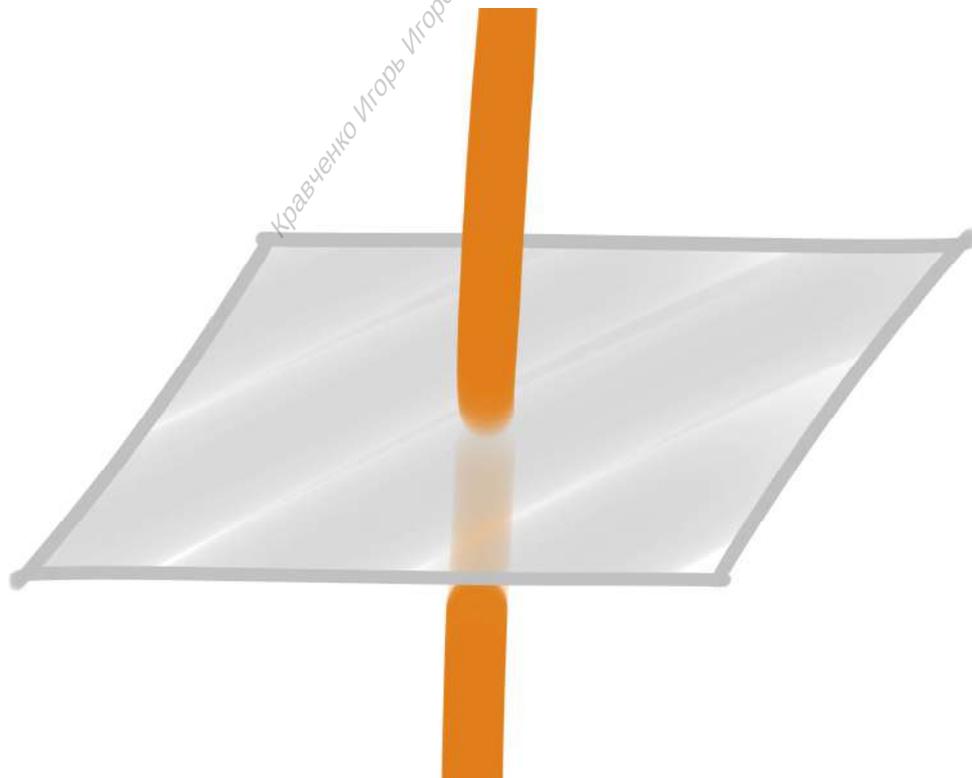


Рисунок 17 – Пример для **Магнитное поле проводника с током**: провод проходит через плоское стекло

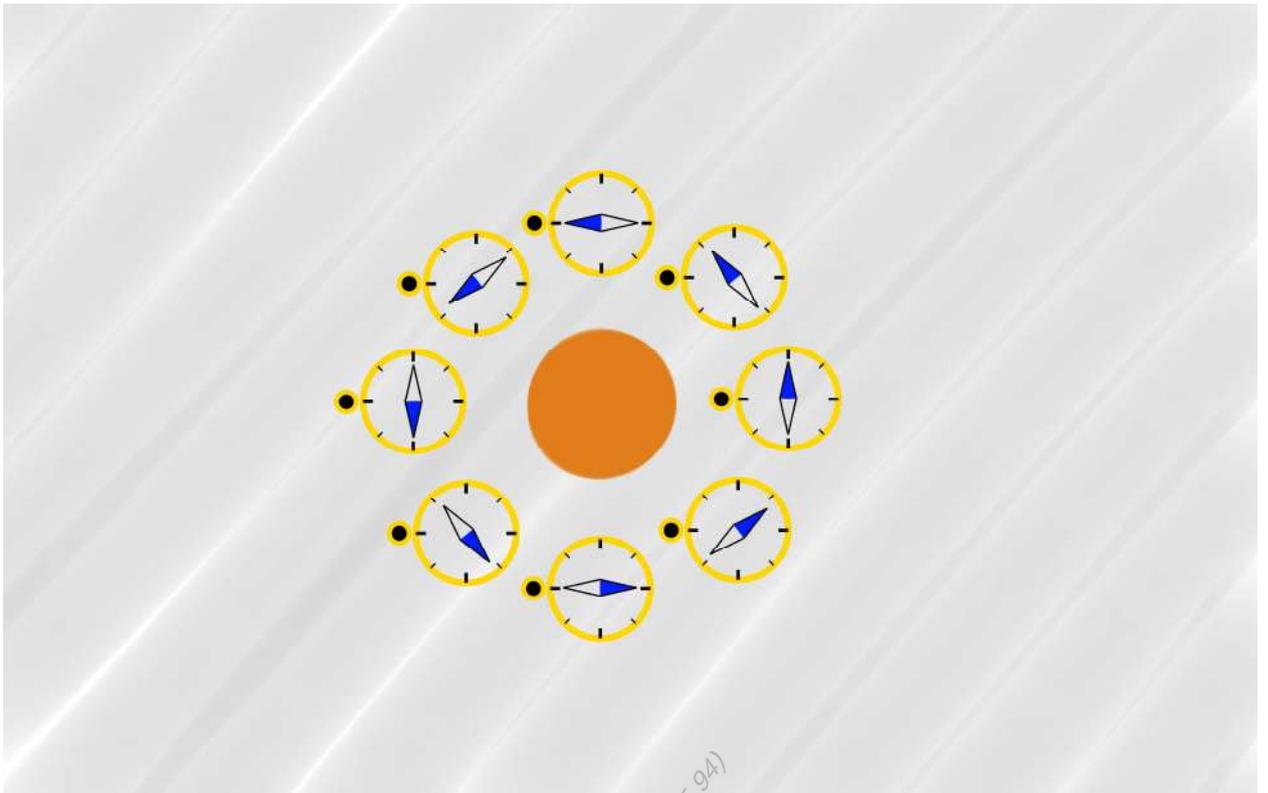


Рисунок 18 – Пример для **Магнитное поле проводника с током: вид сверху на « провод через стекло »** . **Стрелы выстраиваются по кругу.**



Рисунок 19 – Пример для **Магнитное поле проводника с током: вид сверху на « провод через стекло »** . **Форма поля.**



Внимание. Магнитное поле создается током.

Картина линий поля:

1. **Длинный прямой проводник:** (рис.20-22)

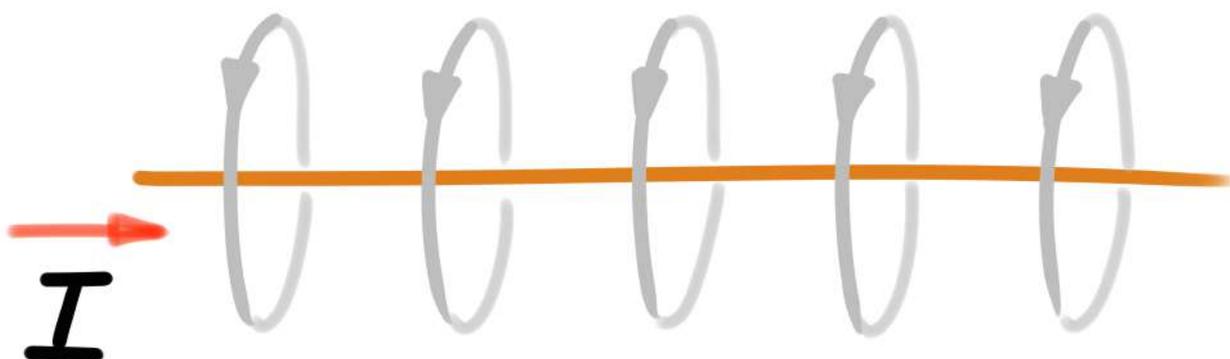


Рисунок 20 – Пример для **Картина линий поля прямого проводника:**
замкнутые линии вокруг тока



Рисунок 21 – Пример для **Картина линий поля прямого проводника:**

!!!правило Правой Руки!!!:

« **большой палец по току,**

а

другие пальцы по магнитному полю вокруг тока »



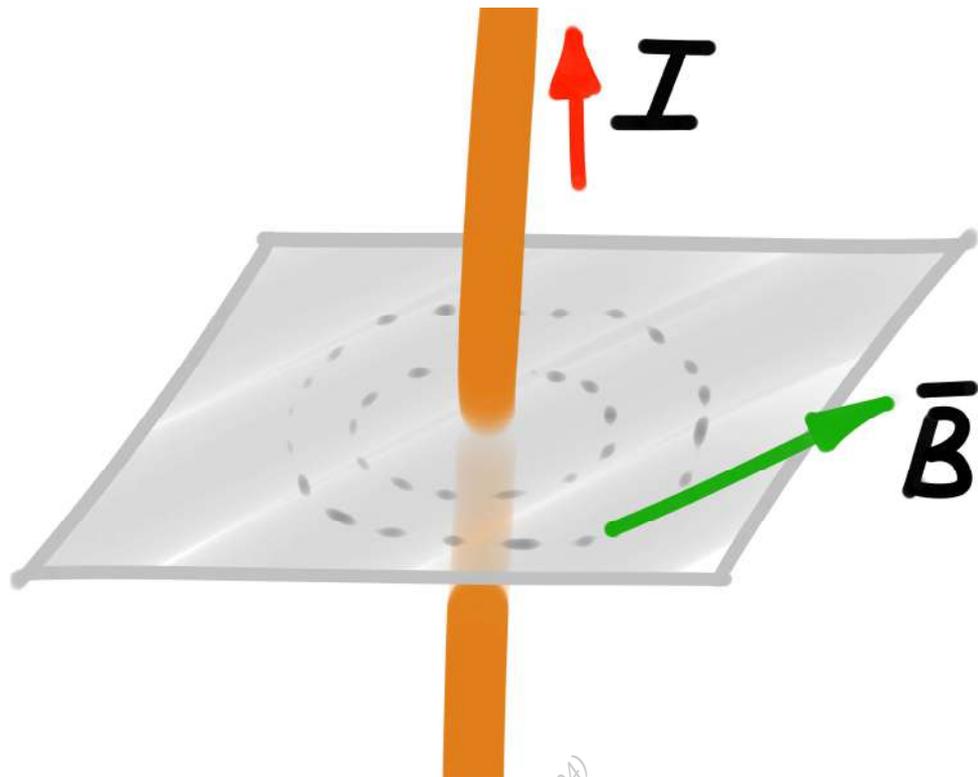


Рисунок 22 – Пример для **Картина линий поля прямого проводника: вектор индукции касателен линиям поля**

2. Замкнутый кольцевой проводник: (рис.23, 24)

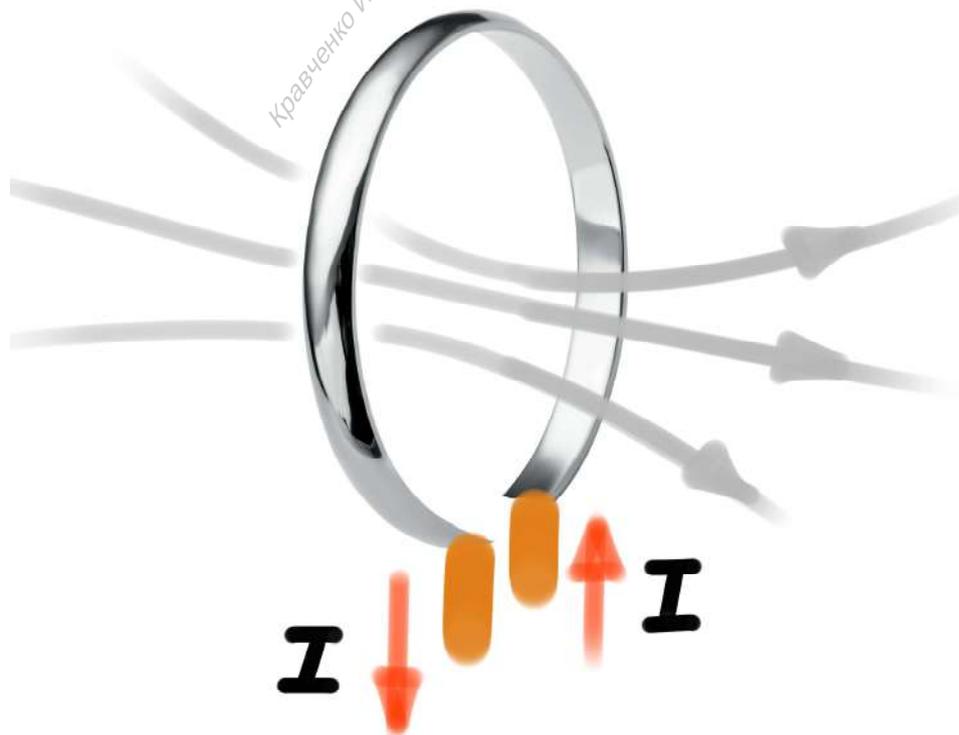


Рисунок 23 – Пример для **Картина линий поля кольцевого проводника: линии выходят с одной стороны кольца и обратно приходят с другой стороны кольца**

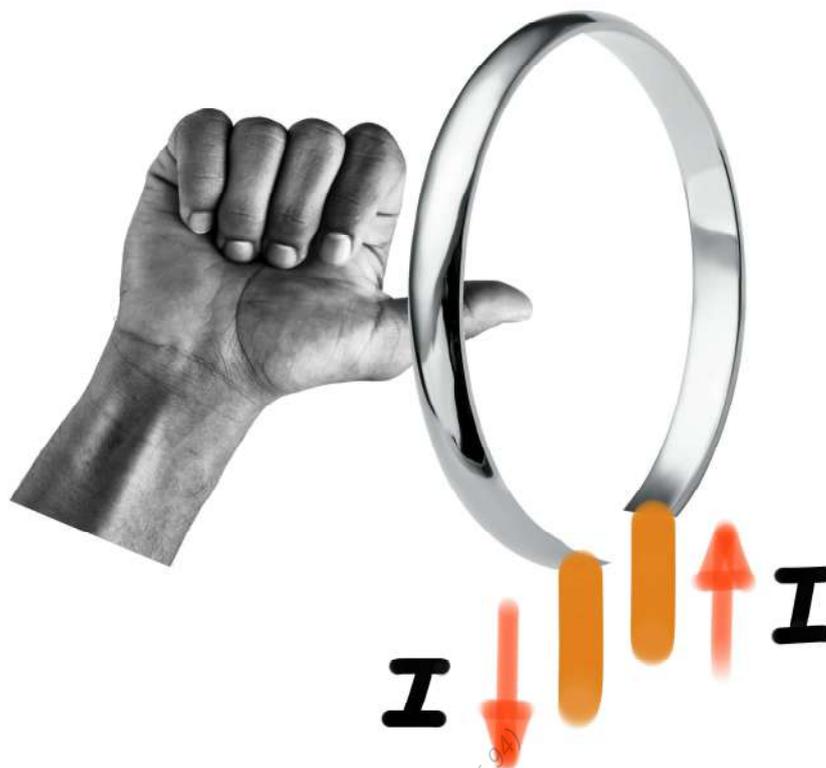


Рисунок 24 – Пример для Картина линий поля кольцевого проводника:

!!!правило Правой Руки!!!:

« большой палец по полю внутри кольца,

а

другие пальцы по току »

2. Катушка: (рис.25, 26)

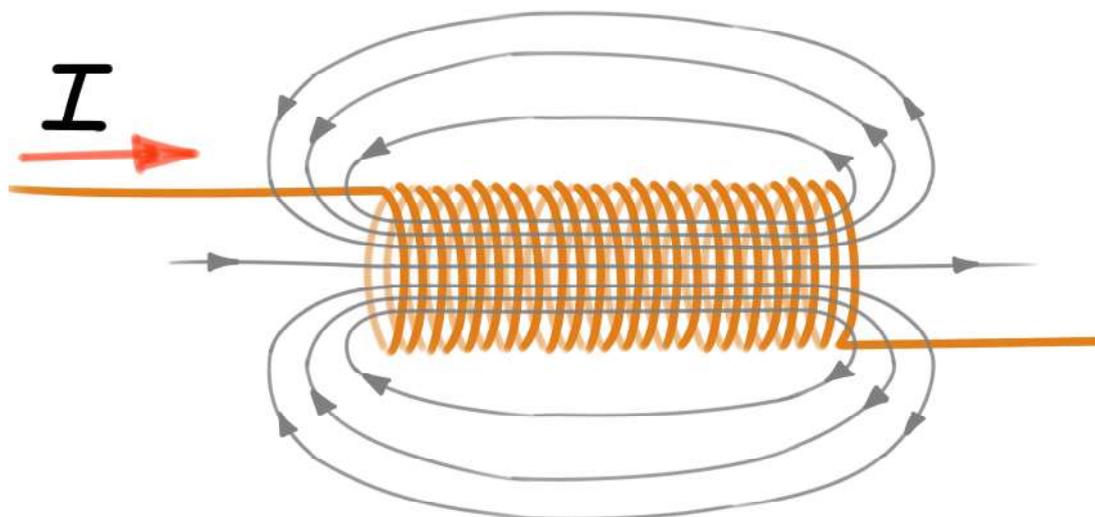


Рисунок 25 – Пример для Картина линий поля катушки: линии выходят с одной стороны катушки и обратно приходят с другой стороны катушки





Рисунок 26 – Пример для **Картина** линий поля катушки:

!!!правило Правой Руки!!!:

« **большой палец по полю внутри катушки,**

а

другие пальцы по току »

Сила Ампера (\bar{F}_A [Н]) – сила, действующая на проводник с током в магнитном поле. (рис.27, 28)



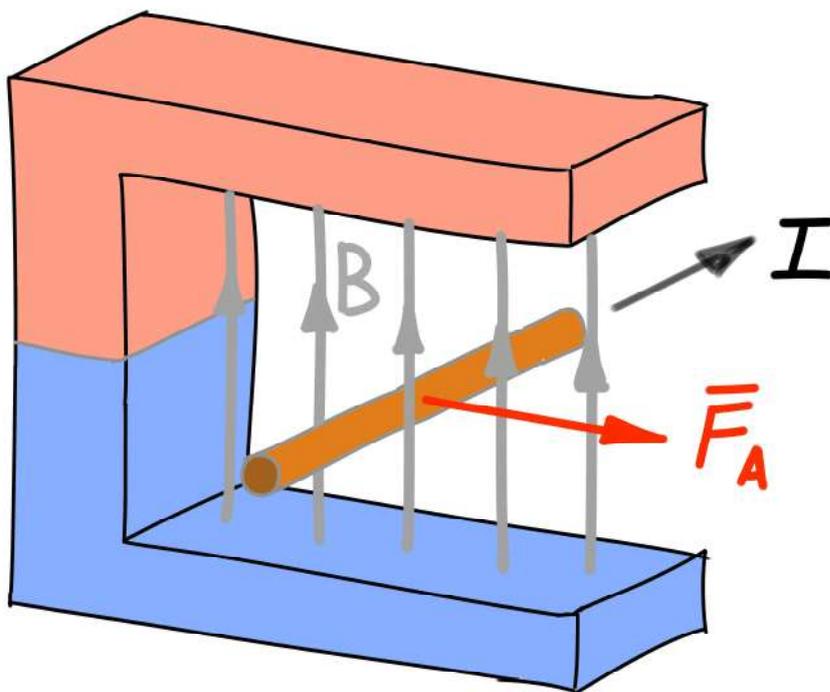


Рисунок 27 – Пример для Сила Ампера: поле толкает провод

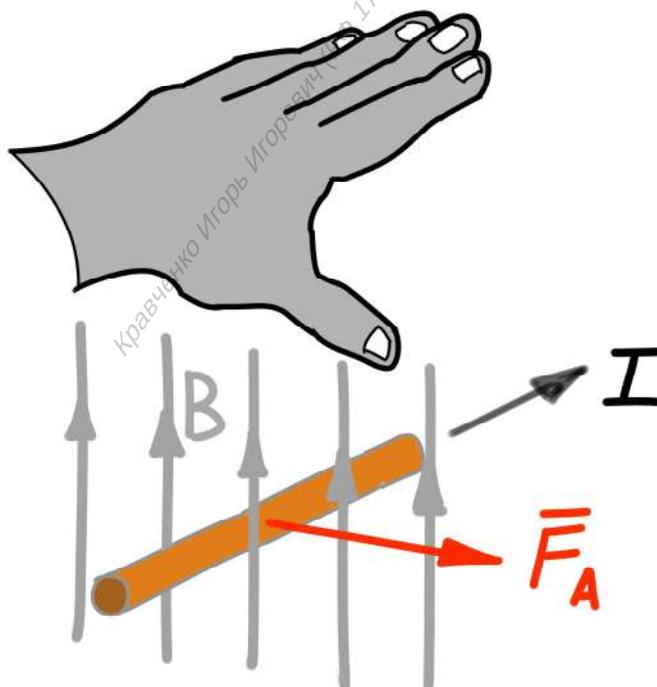


Рисунок 28 – Пример для Сила Ампера: поле толкает провод

!!!правилолевой Руки!!!:

« пальцы по току,

но

поле входит в ладонь,

а

большой палец по силе »





Момент, действующий на рамку с током: (рис.29, 30)

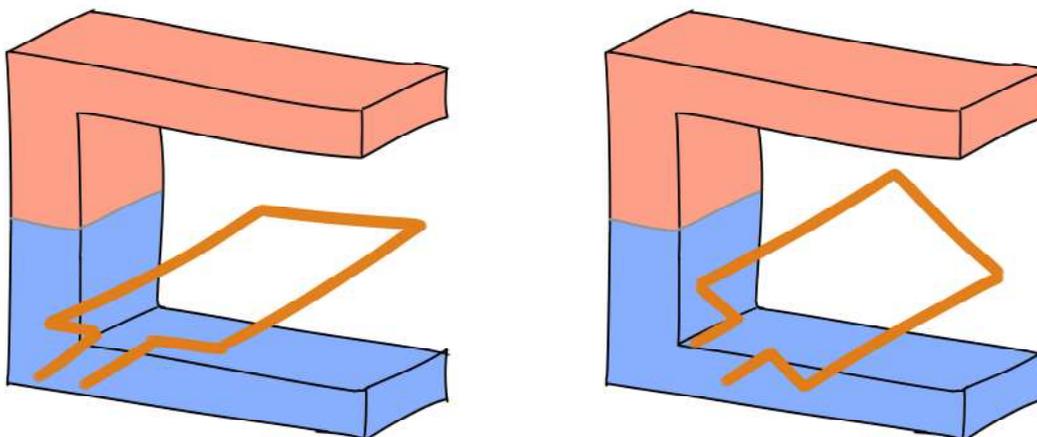


Рисунок 29 – Пример для **Момент токовой рамки:** рамка-проводник может вращаться в магнитном поле

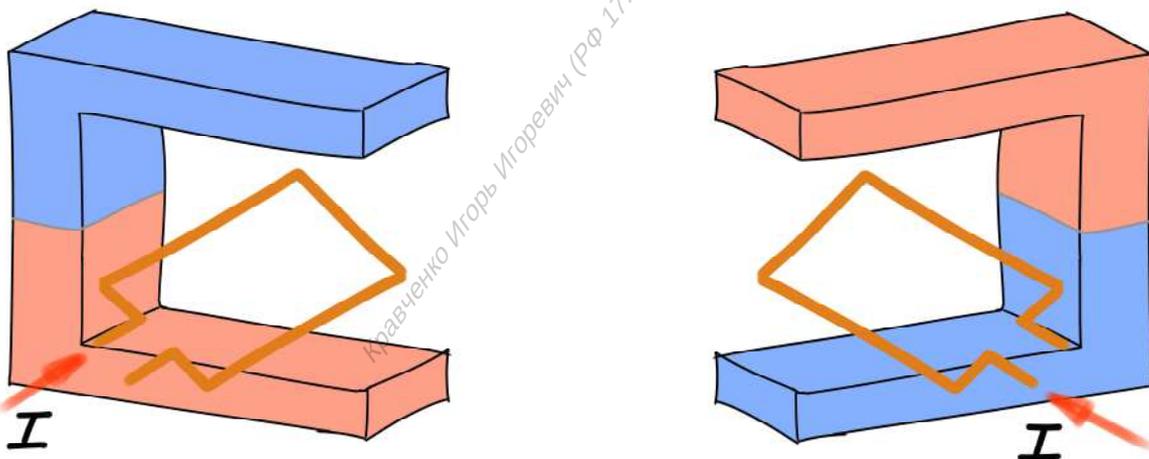


Рисунок 30 – Пример для **Момент токовой рамки:** в какую сторону будет вращаться рамка в каждом случае

Сила Лоренца (\vec{F}_L [Н]) – сила, действующая на движущийся заряд в магнитном поле. (рис.31, 32)



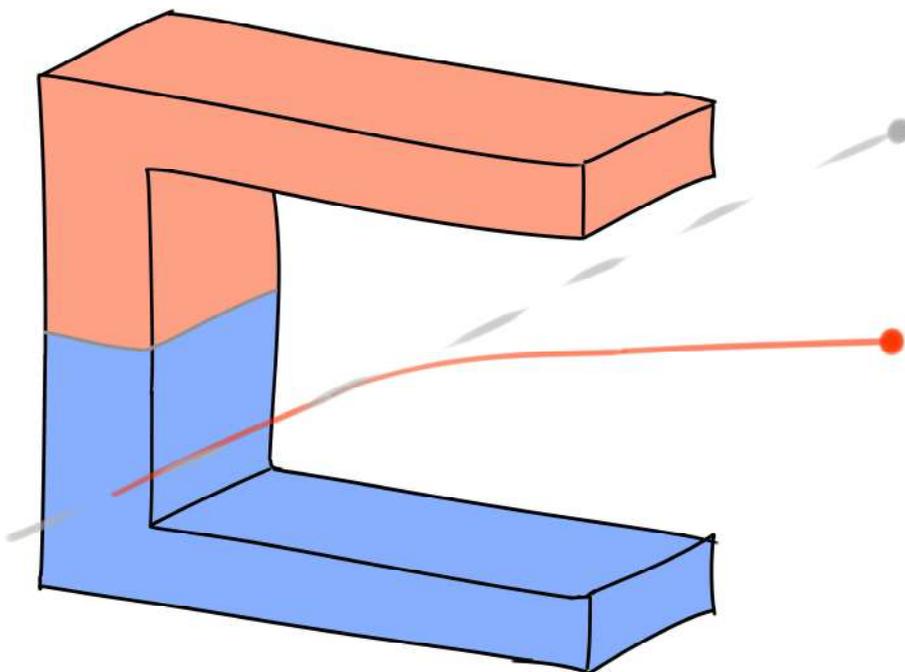


Рисунок 31 – Пример для Сила Лоренца: поле « утягивает » движущийся •

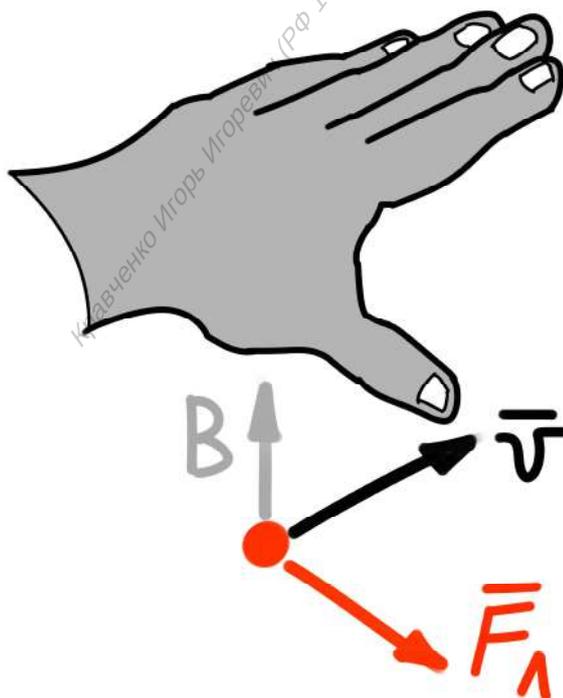


Рисунок 32 – Пример для Сила Лоренца: поле «толкает» движущийся •

!!!правилолевой Руки!!!:

« пальцы по скорости +заряда,

но

поле входит в ладонь,

а

большой палец по силе »





Внимание. Поле действует на **-заряд** наоборот: (рис.33)

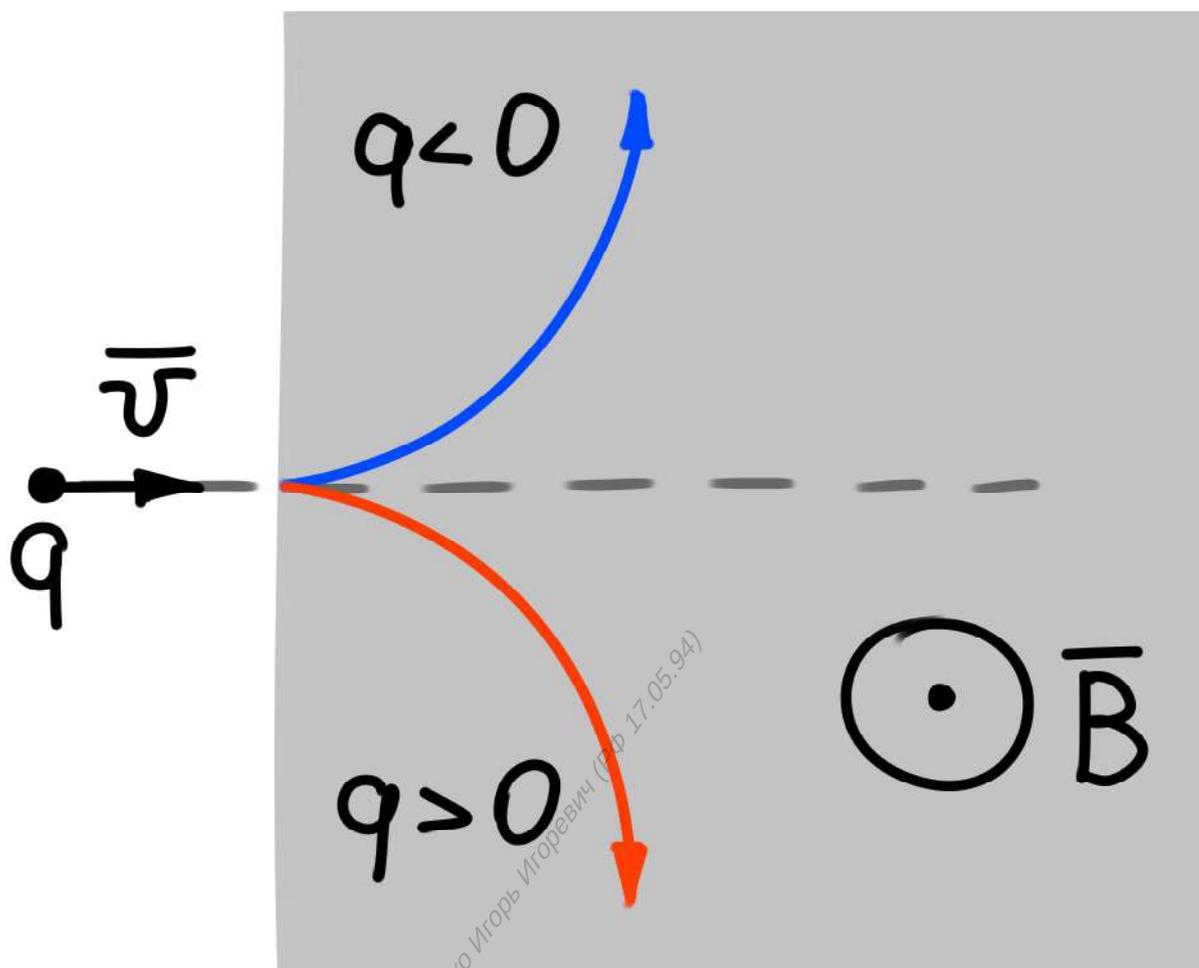


Рисунок 33 – Пример для Поле действует на **-заряд** наоборот:
поле « толкает » движущийся $\bullet \downarrow$, а движущийся $\bullet \uparrow$

Однородное магн.поле – поле, где $\bar{B} = const$: (рис.34)

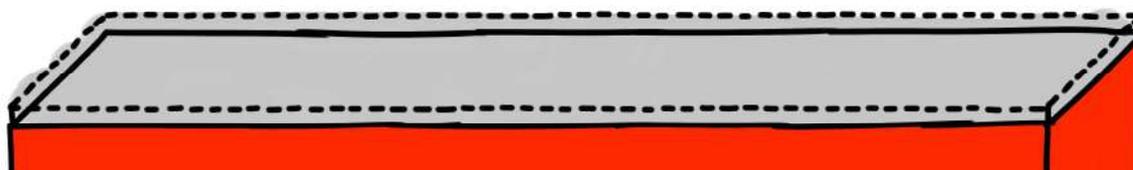


Рисунок 34 – Пример для Однородное эл.поле: магнитная плоскость.

$\bar{B} = const$ в серой области (расстояние до плоскости \ll размеров плоскости).



Движение заряда в однородном магн. поле: (рис.35)

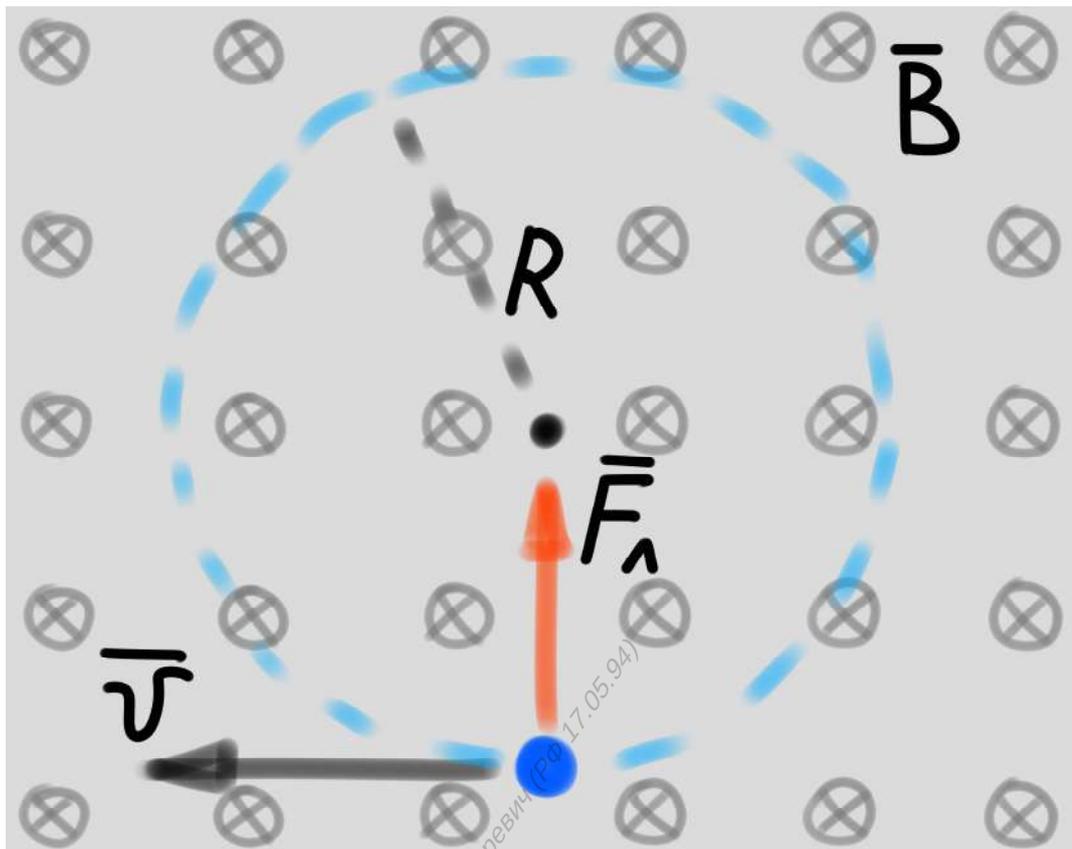


Рисунок 35 – Пример для Движение заряда в однородном магн. поле: по окружности

Магнитные свойства веществ: (рис.36)

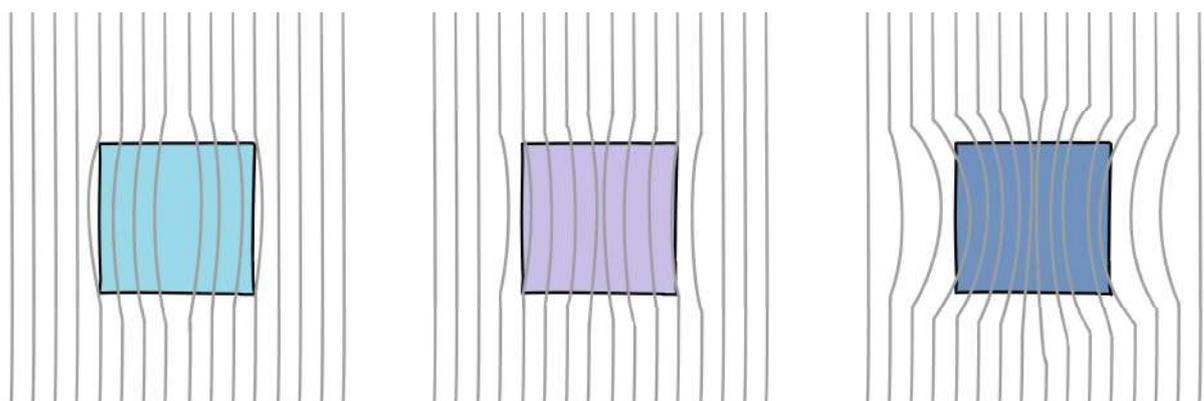


Рисунок 36 – Пример для Магнитные свойства веществ: слева направо:

- Диамagnetик **ослабляет** поле
- Парамагнетик **усиливает немного** поле
- Ферромагнетик **усиливает много** поле



ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

Электромагнитная индукция (в общем) – появление электричества от магнетизма. (рис.1-7)

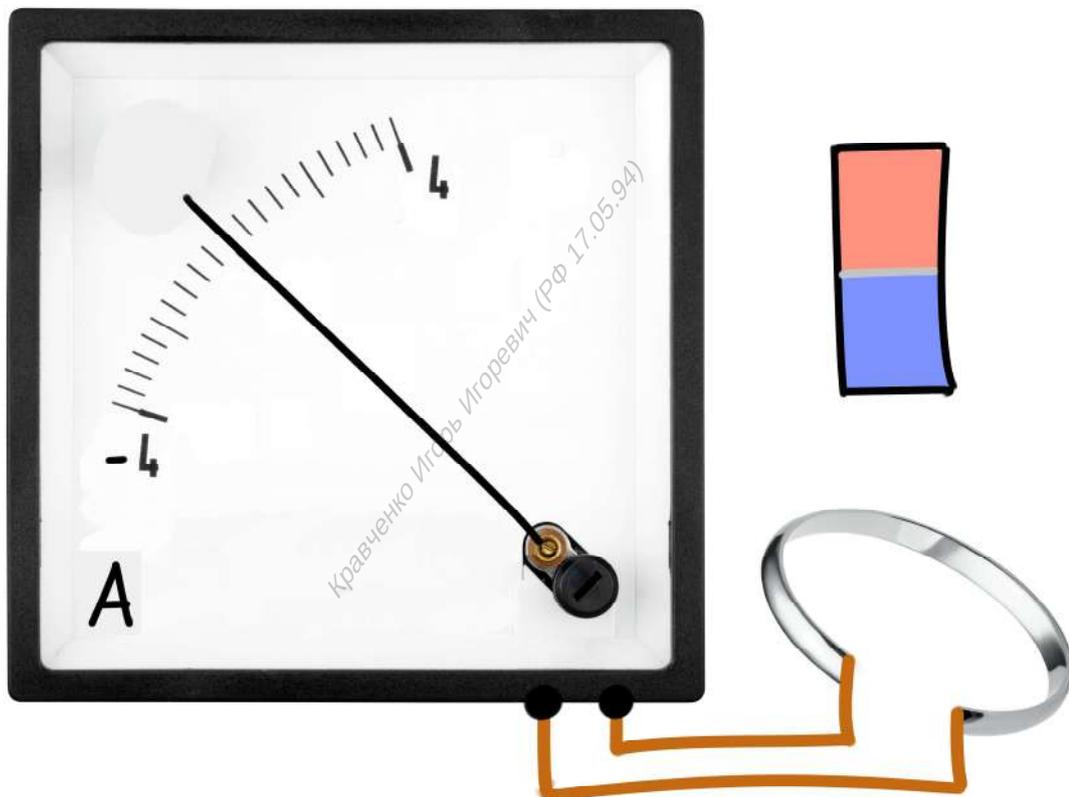


Рисунок 1 – Пример для Электромагнитная индукция: **магнит** покоится, **тока в кольце нет**



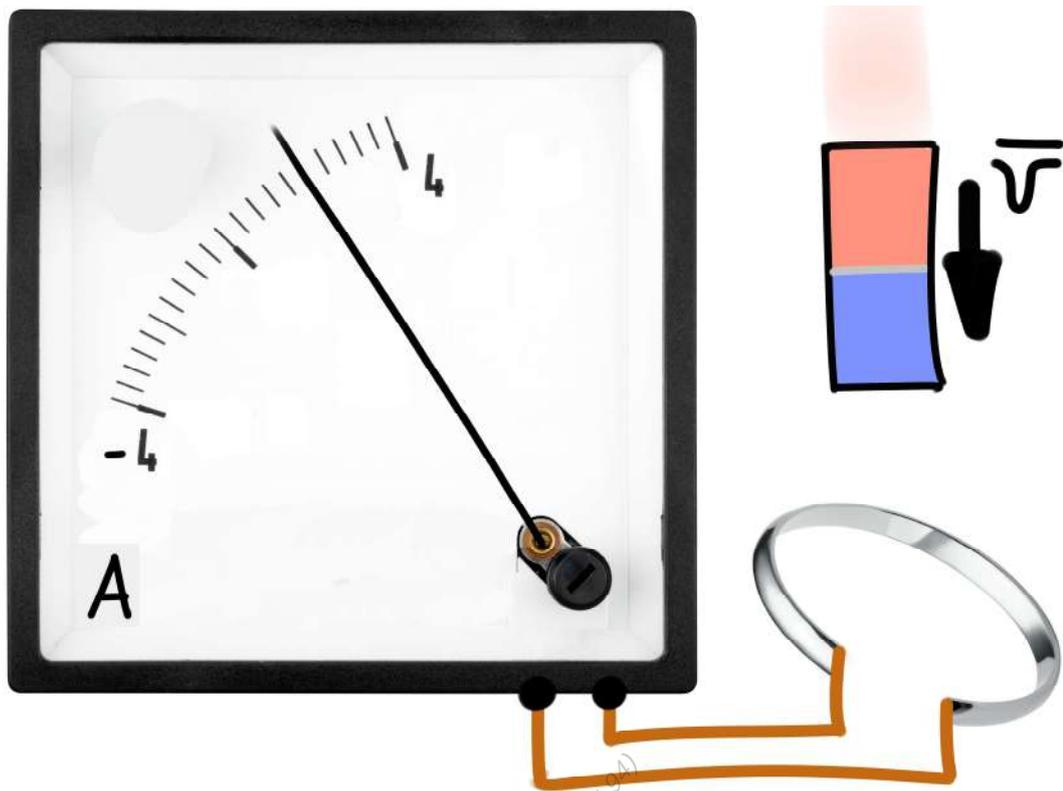


Рисунок 2 – Пример для Электромагнитная индукция: **магнит** входит, ток в кольце в одну сторону

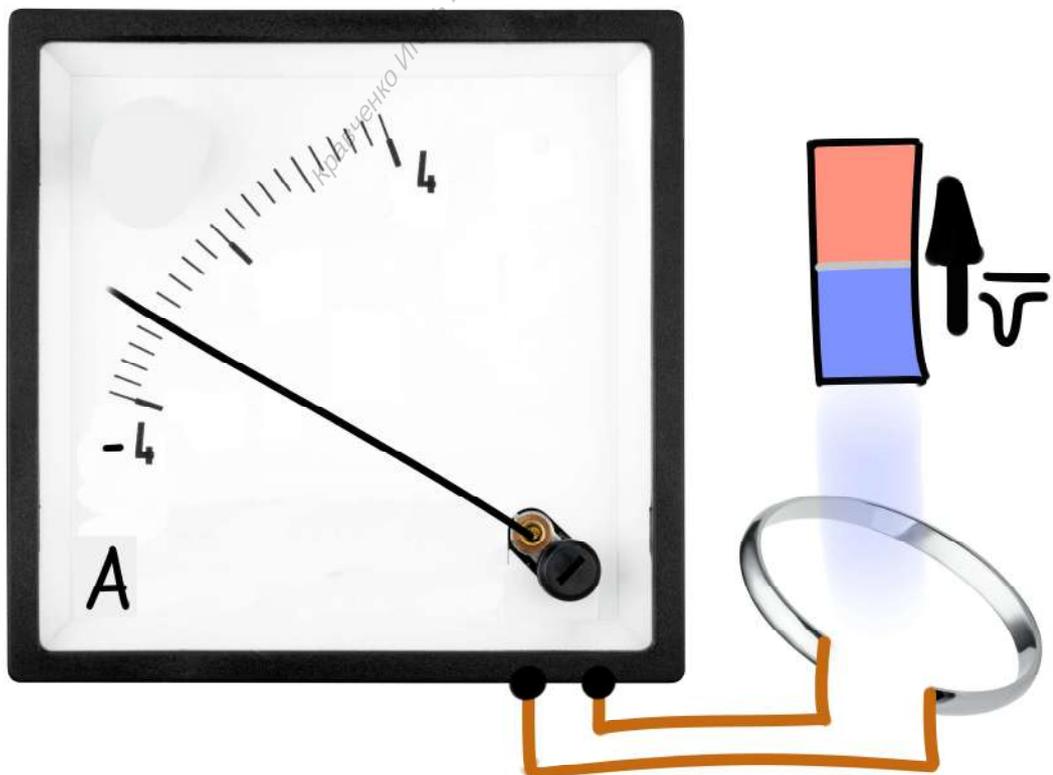


Рисунок 3 – Пример для Электромагнитная индукция: **магнит** выходит, ток в кольце в другую сторону

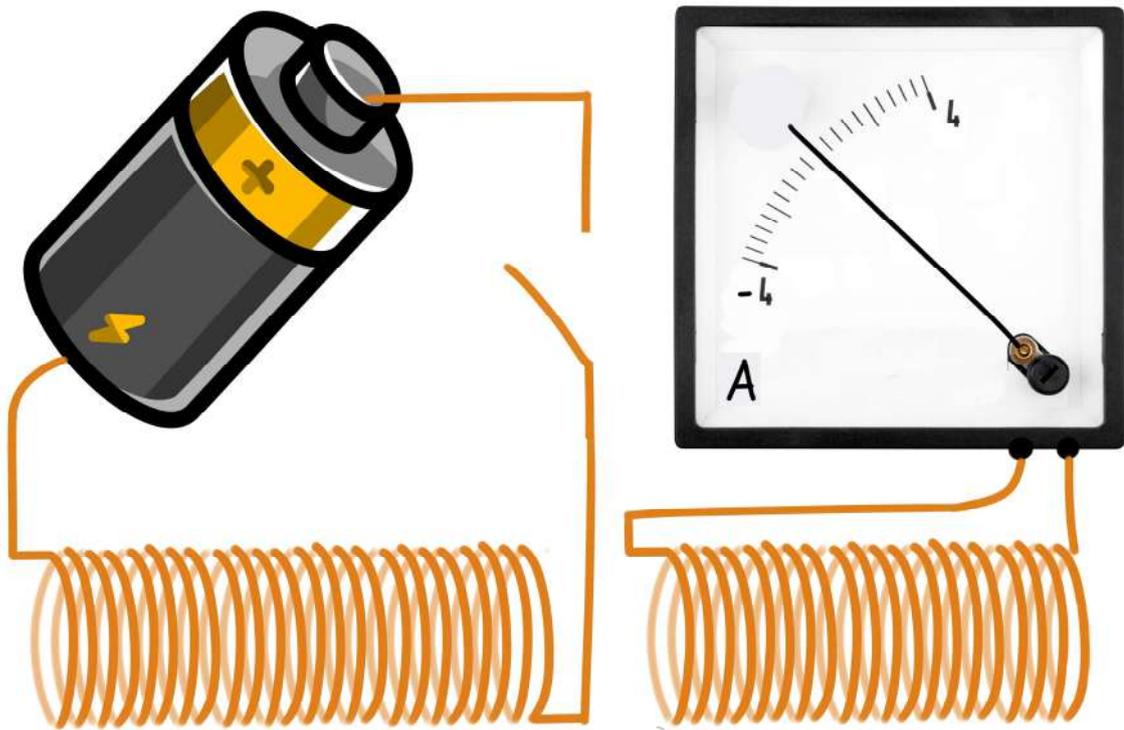


Рисунок 4 – Пример для Электромагнитная индукция: в левой цепи тока **нет**, в правой цепи тока **нет**

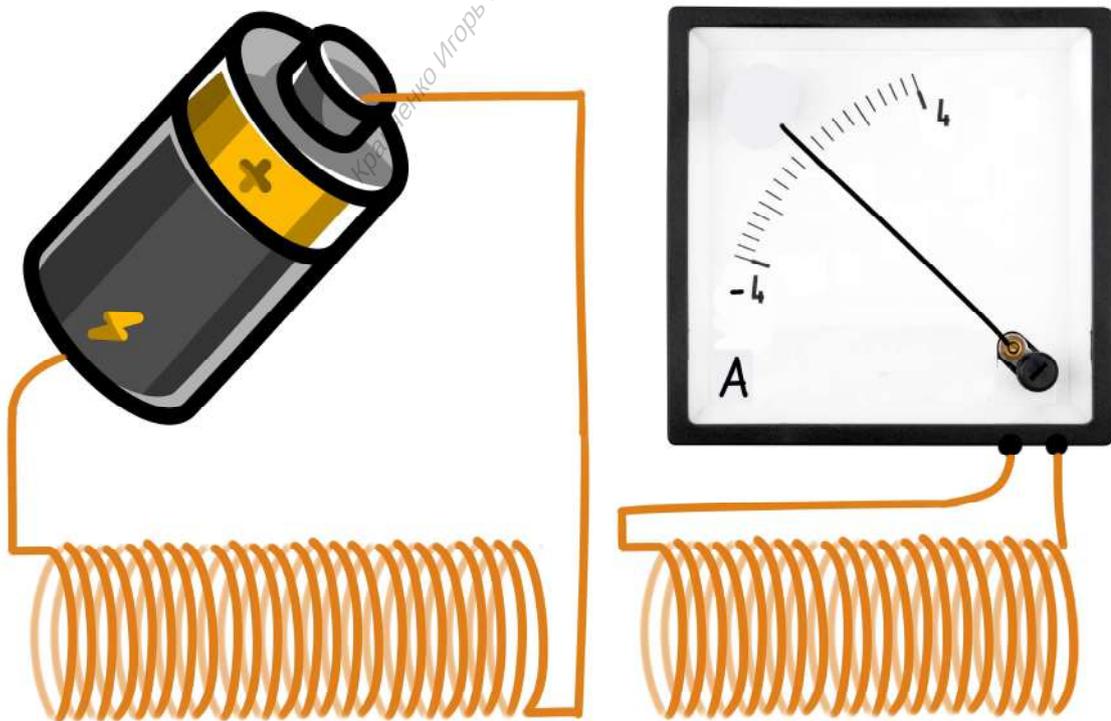


Рисунок 5 – Пример для Электромагнитная индукция: в левой цепи ток **есть**, в правой цепи тока **нет**

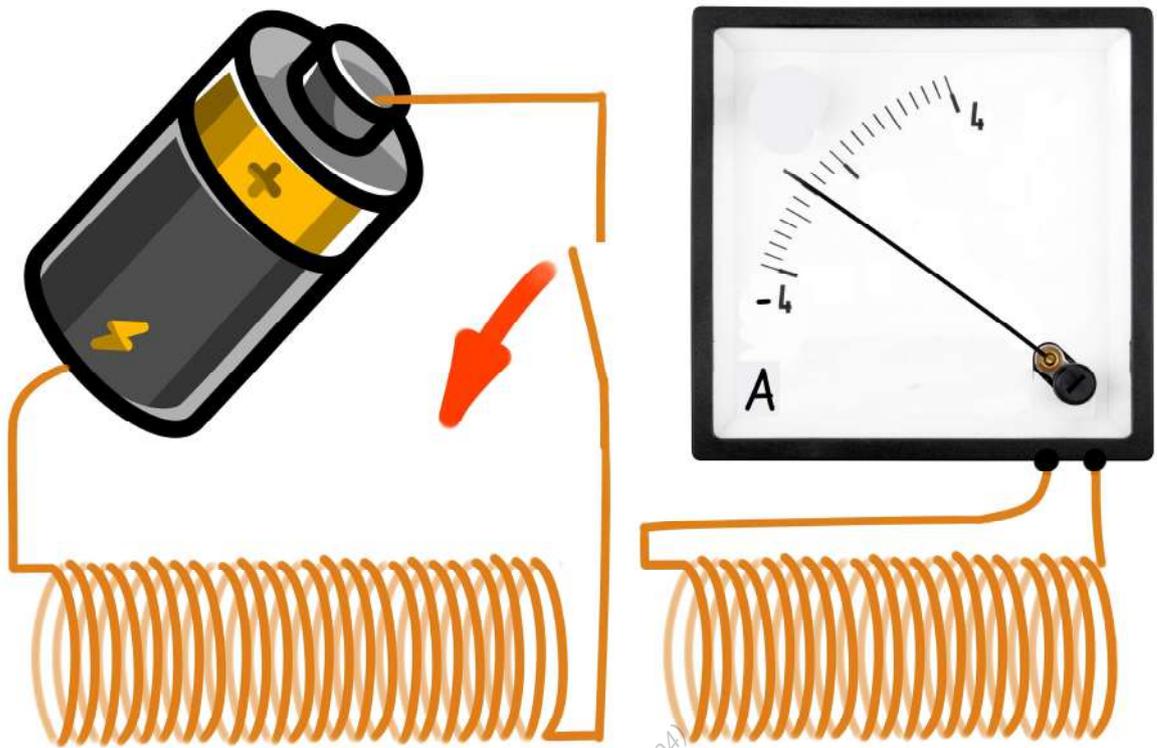


Рисунок 6 – Пример для Электромагнитная индукция: левая цепь **отключается**, в правой цепи **ток** в одну сторону

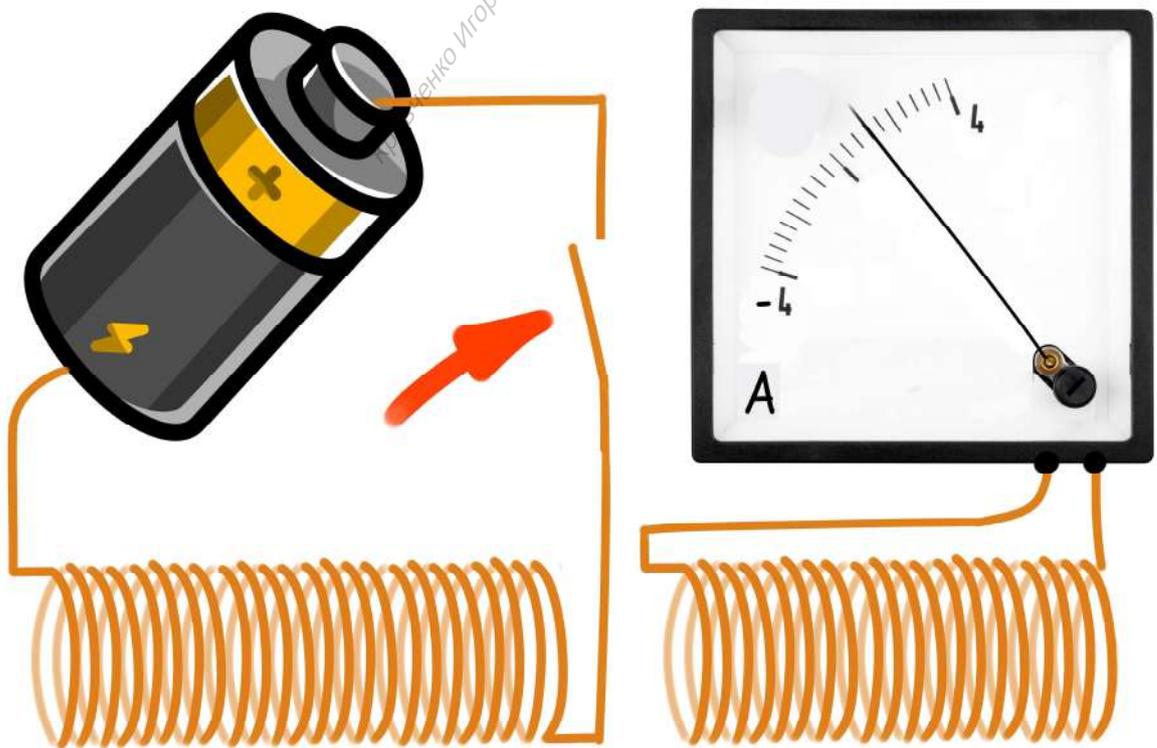


Рисунок 7 – Пример для Электромагнитная индукция: левая цепь **включается**, в правой цепи **ток** в другую сторону



Магнитный поток (Φ [Вб]) – характеристика поверхности пространства, показывающая « как интенсивно » магн.поле пересекает поверхность пространства. (рис.8, 9)

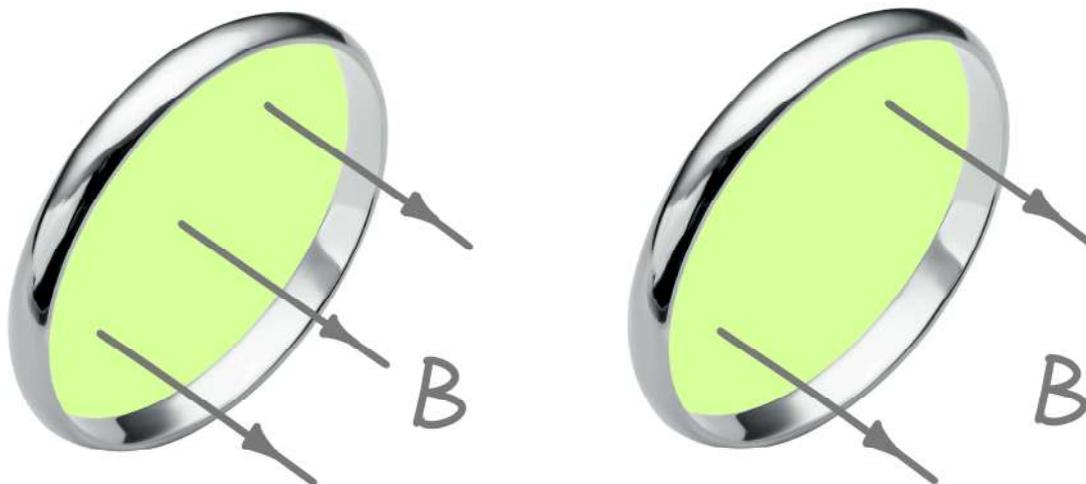


Рисунок 8 – Пример для **Магнитный поток**: где магнитный поток больше ?

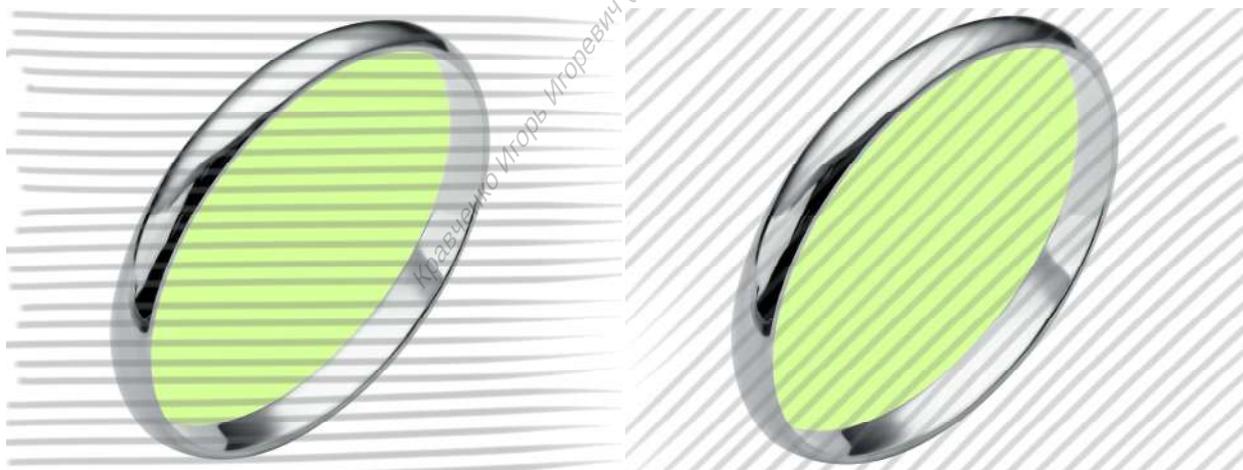


Рисунок 9 – Пример для **Магнитный поток**: где магнитный поток больше ?

Внимание. Поток вектора магнитной индукции = Магнитный поток.

Контур – замкнутый проводник. (рис.10)





Рисунок 10 – Пример для **Контур**: металлический

Явление электромагнитной индукции:

« возникновение **тока** в проводящем контуре **при изменении** магнитного **потока** через поверхность **внутри контура** »

(рис.11, 12)

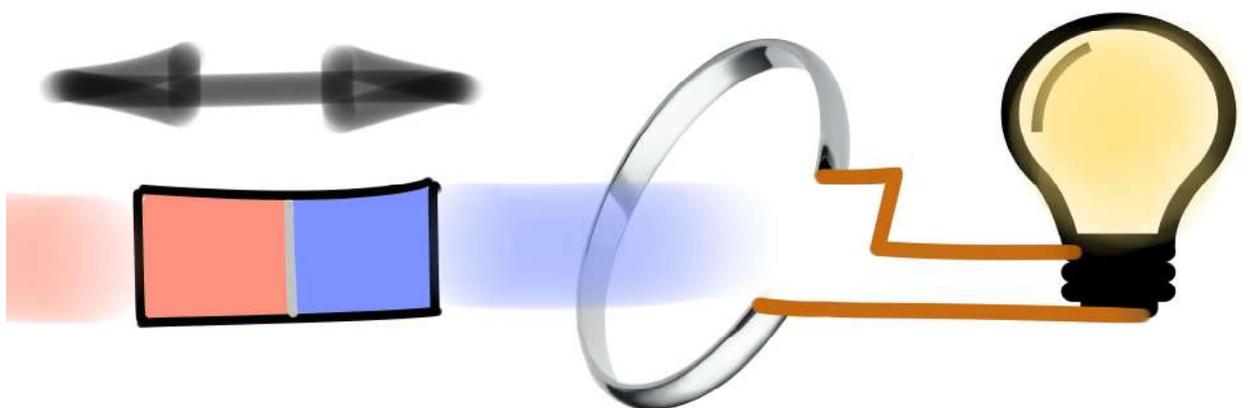


Рисунок 11 – Пример для **Явление электромагнитной индукции**: магнит **двигают** возле кольца с лампой \Rightarrow магнитный **поток** через кольцо **меняется**
 \Rightarrow **ток** по кольцу **течет** \Rightarrow лампа **горит**





Рисунок 12 – Пример для **Явление электромагнитной индукции**: кольцо с лампой **двигают** возле магнита \Rightarrow магнитный **поток** через кольцо **меняется**
 \Rightarrow **ток** по кольцу **течет** \Rightarrow лампа **горит**

ЭДС индукции (\mathcal{E}_i [В]) – ЭДС , возникающая в **контуре** при **изменении** магнитного **потока** внутри **контра**. (рис.13)

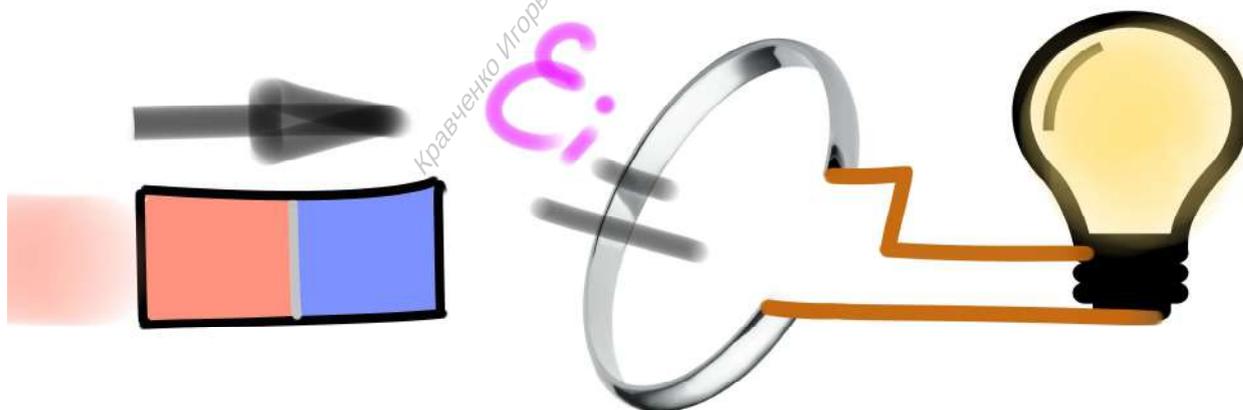


Рисунок 13 – Пример для **ЭДС индукции**: в кольце **возникает** « невидимая »
ЭДС , создающая **ток**





Закон электромагнитной индукции Фарадея:

« ЭДС индукции равна скорости (производной) изменения магнитного потока этого контура »

(рис.14, 15)

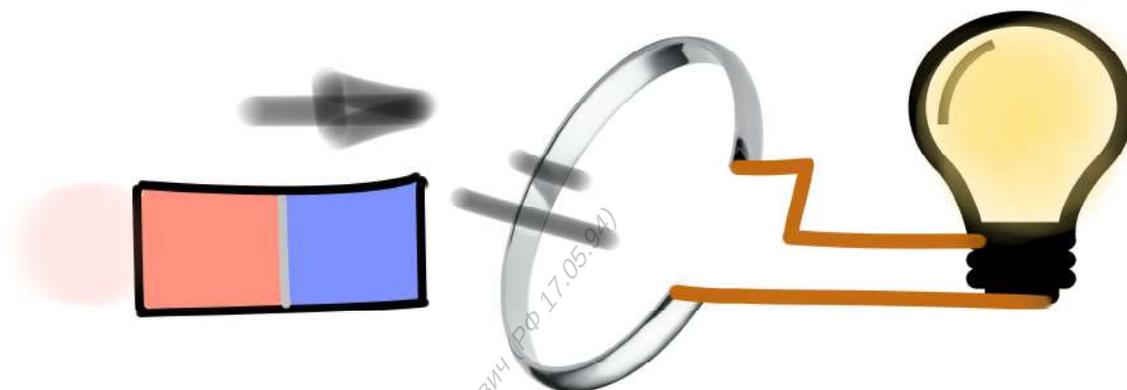


Рисунок 14 – Пример для Закон электромагнитной индукции Фарадея:
магнит **вдвигают медленно** \Rightarrow магнитный поток **меняется медленно** \Rightarrow
ЭДС индукции **малая** \Rightarrow ток в кольце **малый** \Rightarrow лампа **светит слабо**

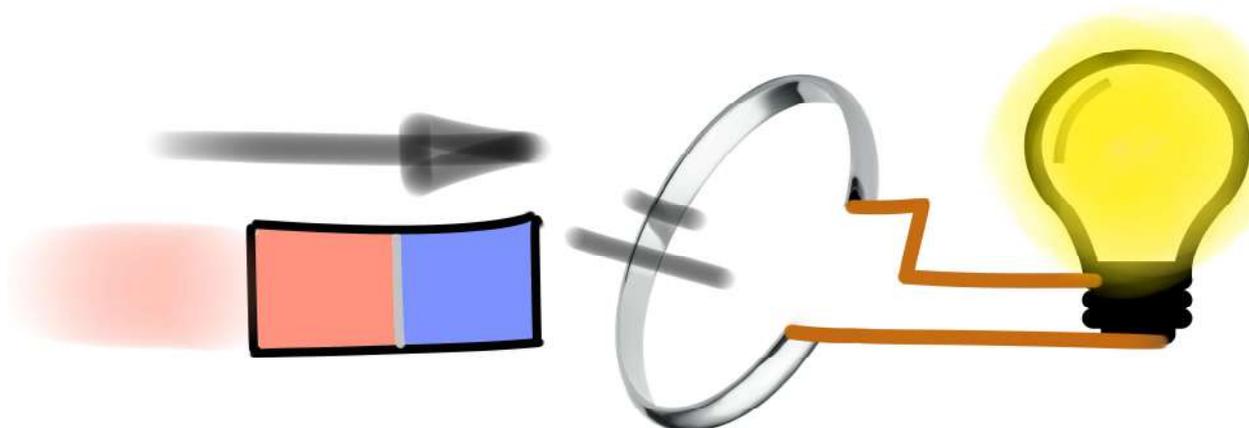


Рисунок 15 – Пример для Закон электромагнитной индукции Фарадея:
магнит **вдвигают быстро** \Rightarrow магнитный поток **меняется быстро** \Rightarrow ЭДС
индукции **большая** \Rightarrow ток в кольце **большой** \Rightarrow лампа **светит сильно**



ЭДС индукции в прямом проводнике, движущемся ($\vec{v} \perp l$) в однородном магн. поле: (рис.16-18)

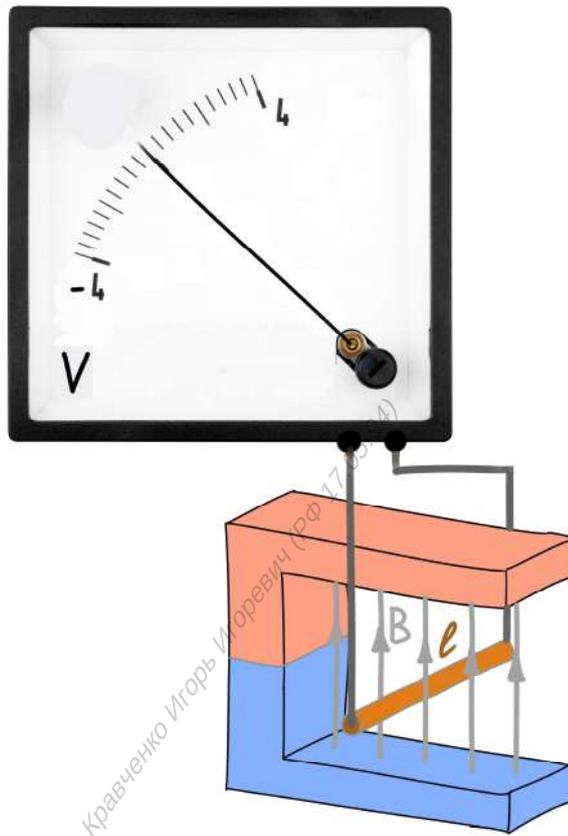


Рисунок 16 – Пример для ЭДС индукции в прямом проводнике:
проводник покоится относительно магн.поля , вольтметр показывает « 0 »

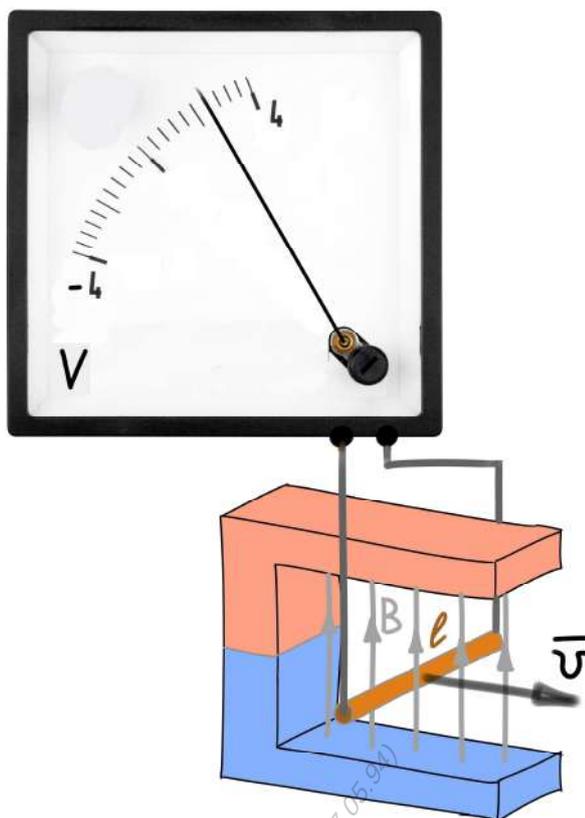


Рисунок 17 – Пример для ЭДС индукции в прямом проводнике: проводник движется относительно магн. поля , вольтметр показывает **напряжение**

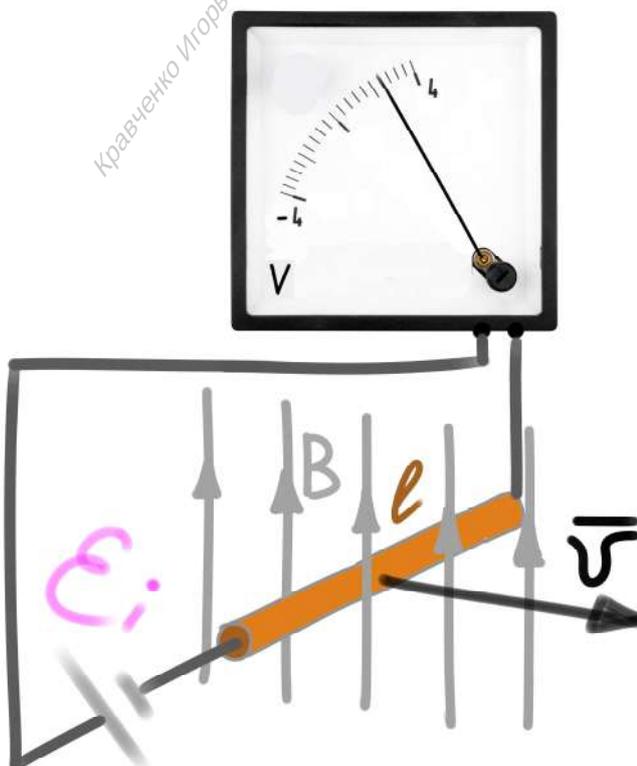


Рисунок 18 – Пример для ЭДС индукции в прямом проводнике: вольтметр показывает **напряжение** , так как в проводе появилась « невидимая » ЭДС индукции





Индукционный ток (I_i [A]) – ток из-за электромагнитной индукции.

(рис.19)

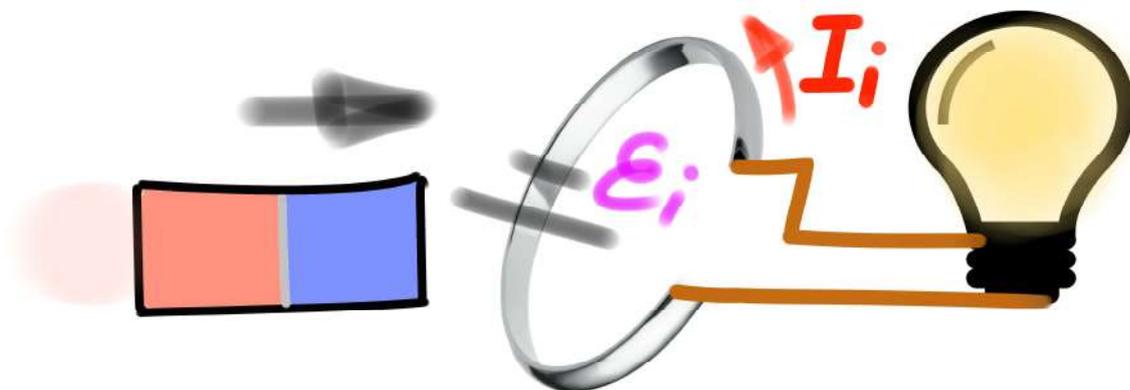


Рисунок 19 – Пример для **Индукционный ток**: из-за ЭДС индукции

Внешний магнитный поток – поток, создающий индукционный ток.

(рис.20)

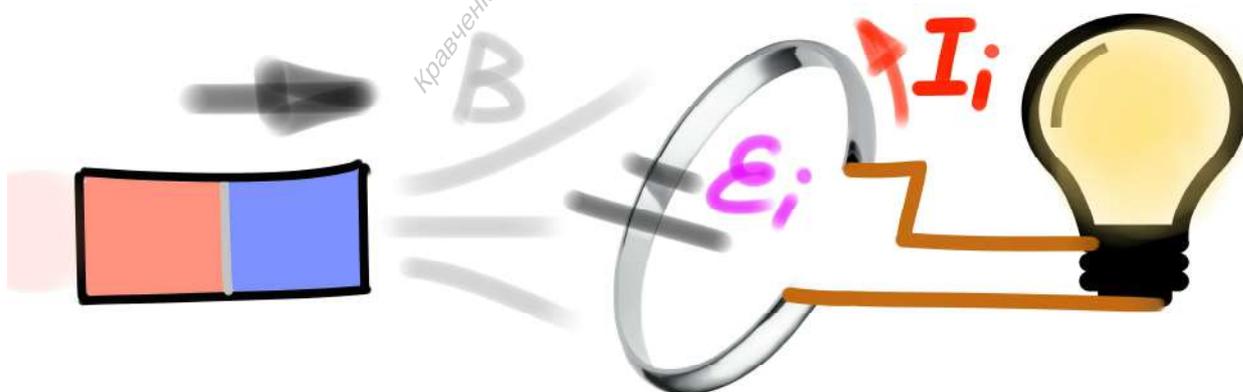


Рисунок 20 – Пример для **Внешний магнитный поток**: от магнита

Собственный магнитный поток – поток от индукционного тока. (рис.21)



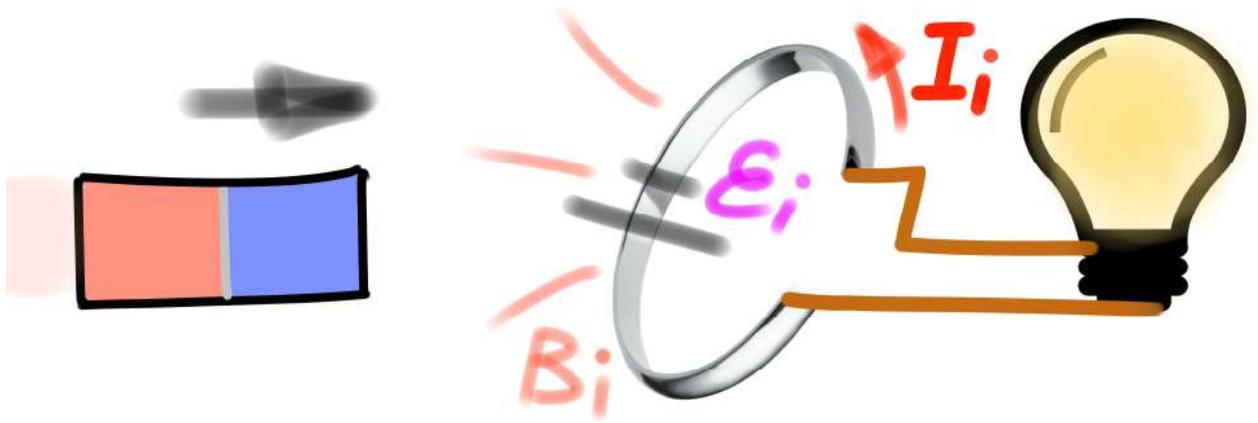
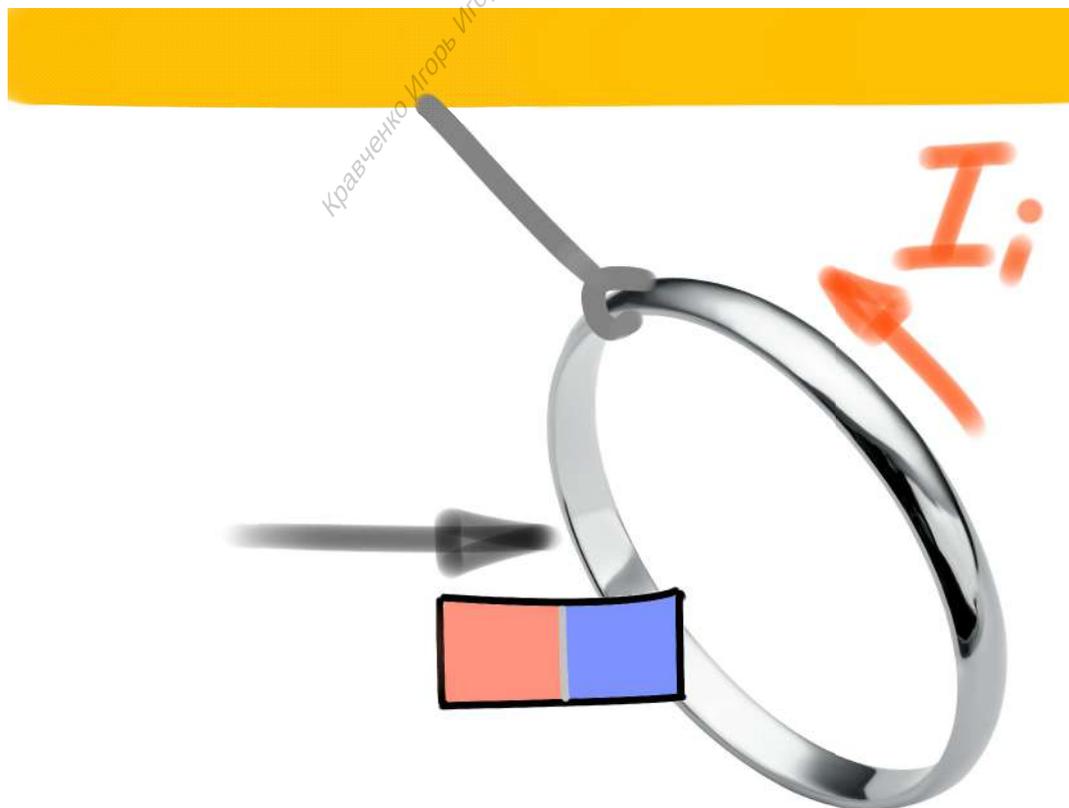


Рисунок 21 – Пример для **Внешний магнитный поток**: от кольца

Правило Ленца:

« **Индукционный ток** всегда имеет такое **направление**, что **собственный магнитный поток препятствует изменению внешнего магнитного потока** »

(рис.22)



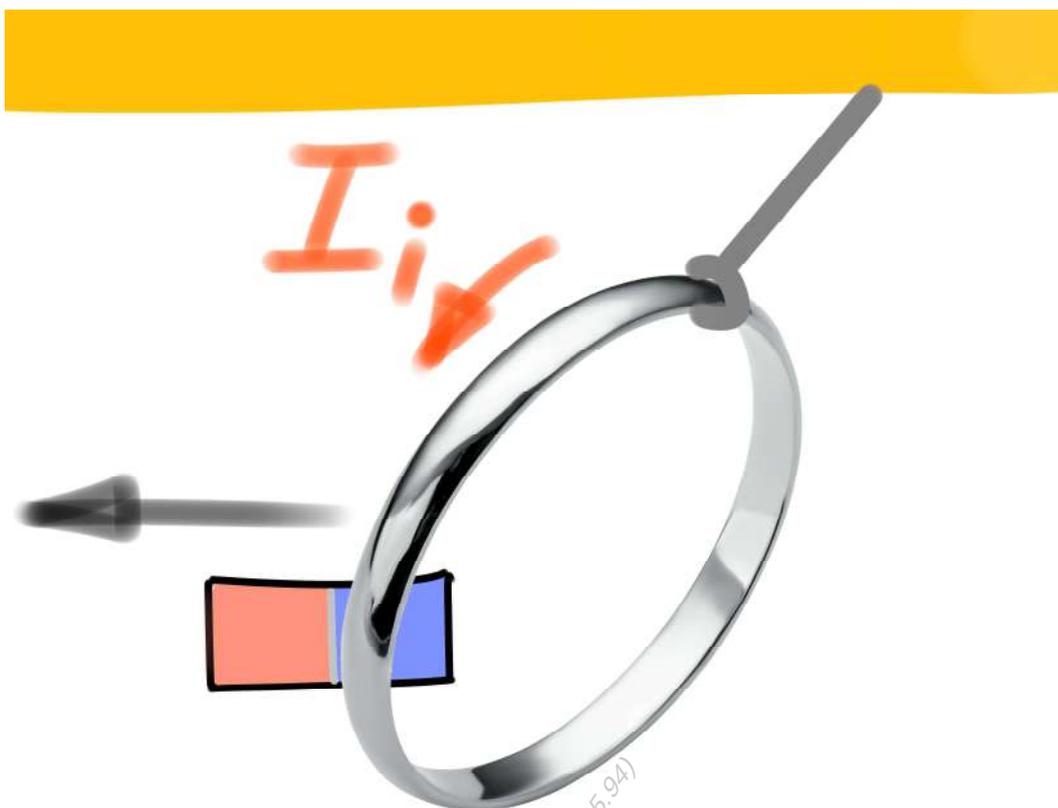


Рисунок 22 – Пример для **Правило Ленца**:

сверху: магнит входит \Rightarrow внешний магнитный поток кольца $\uparrow \Rightarrow$ в кольце создается индукционный ток \Rightarrow индукционный ток создает **собственный магнитный поток, **препятствующий** увеличению **внешнего** магнитного потока**

Катушка – спираль-проводник. (рис.22а)

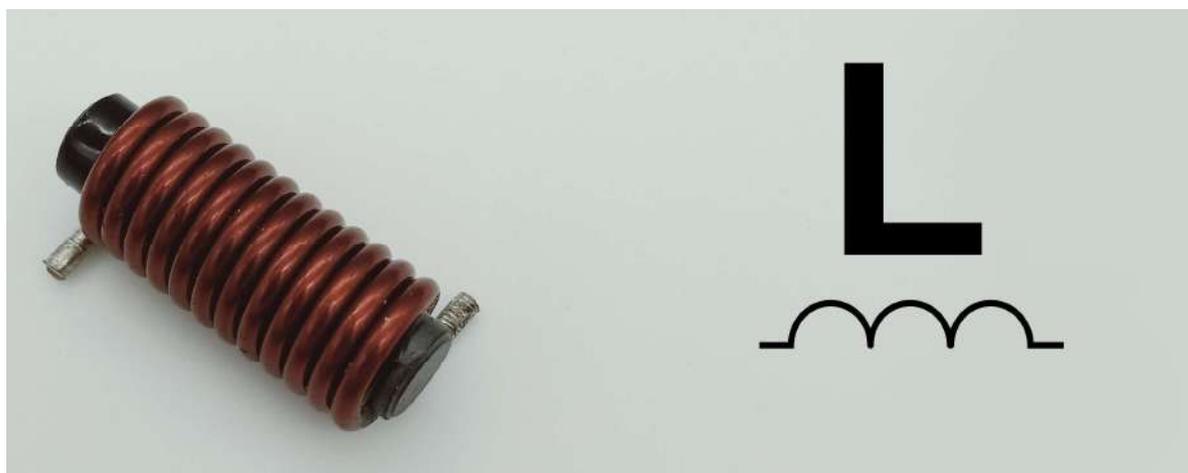


Рисунок 22а – Пример для **Катушка**: в приборе; на чертеже





Индуктивность (L [Гн]) – способность контура создавать собственный магнитный поток. (рис.23)

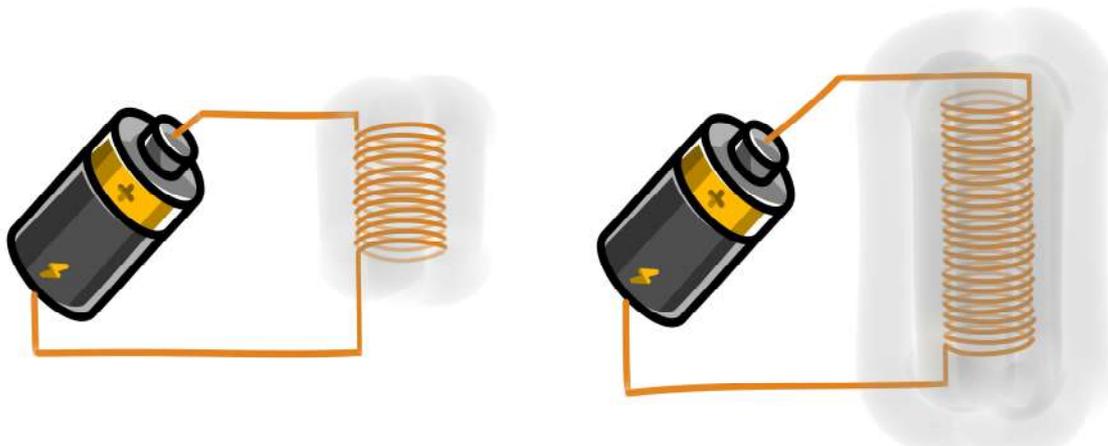
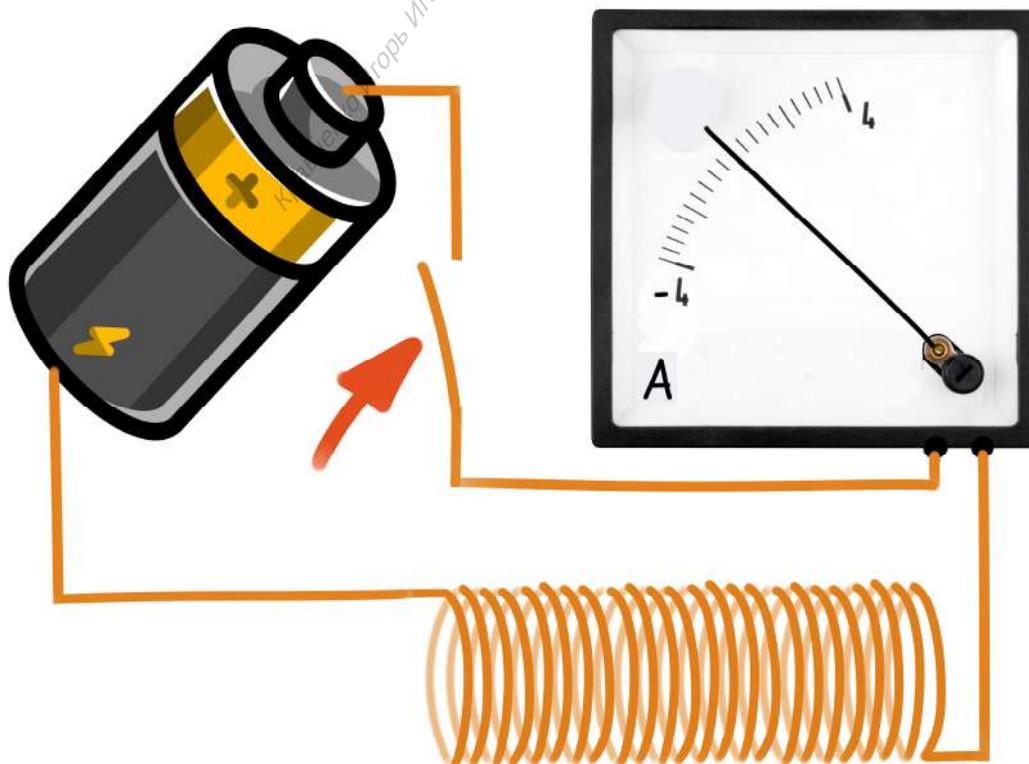


Рисунок 23 – Пример для **Индуктивность**: токи катушек одинаковы. **Левая** создает слабее поле \Rightarrow меньше индуктивность у левой.

Самоиндукция – возникновение ЭДС индукции в контуре при изменении тока контура. (рис.24)



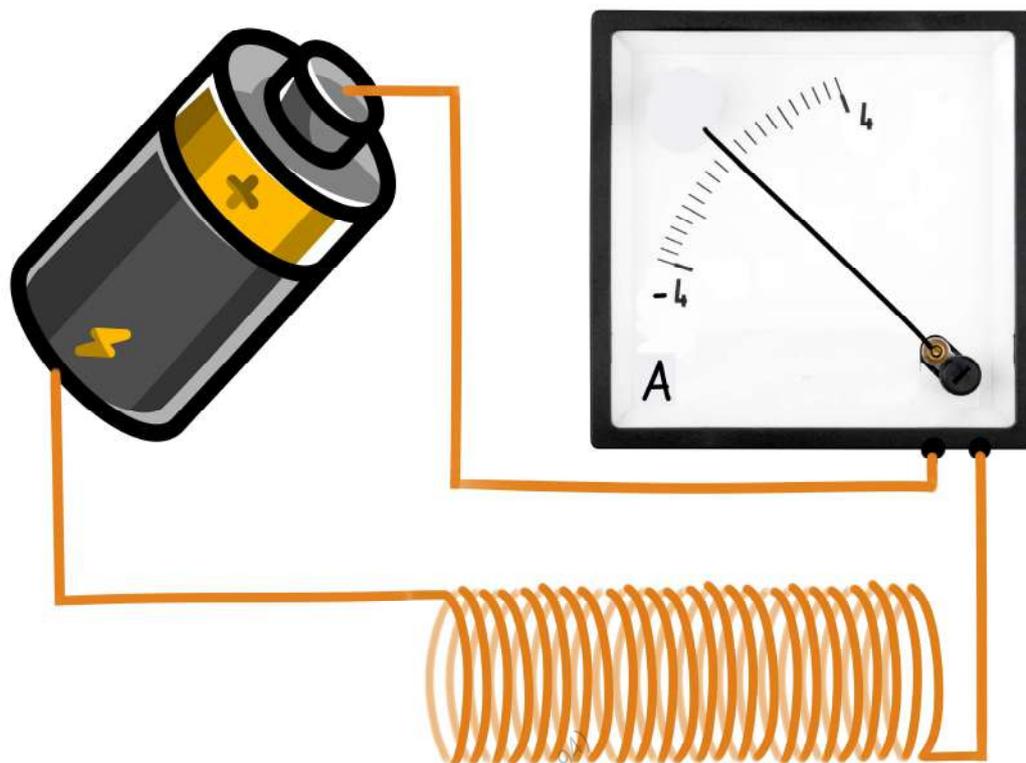


Рисунок 24 – Пример для Самоиндукция: сверху вниз:
цепь **включается**. **Сразу после включения тока нет**, так как катушка
чувствует изменение тока и создает « невидимую » ЭДС индукции,
препятствующую изменению тока.

ЭДС самоиндукции (\mathcal{E}_{si} [В]) – ЭДС индукции в контуре из-за изменения
тока контура. (рис.25)



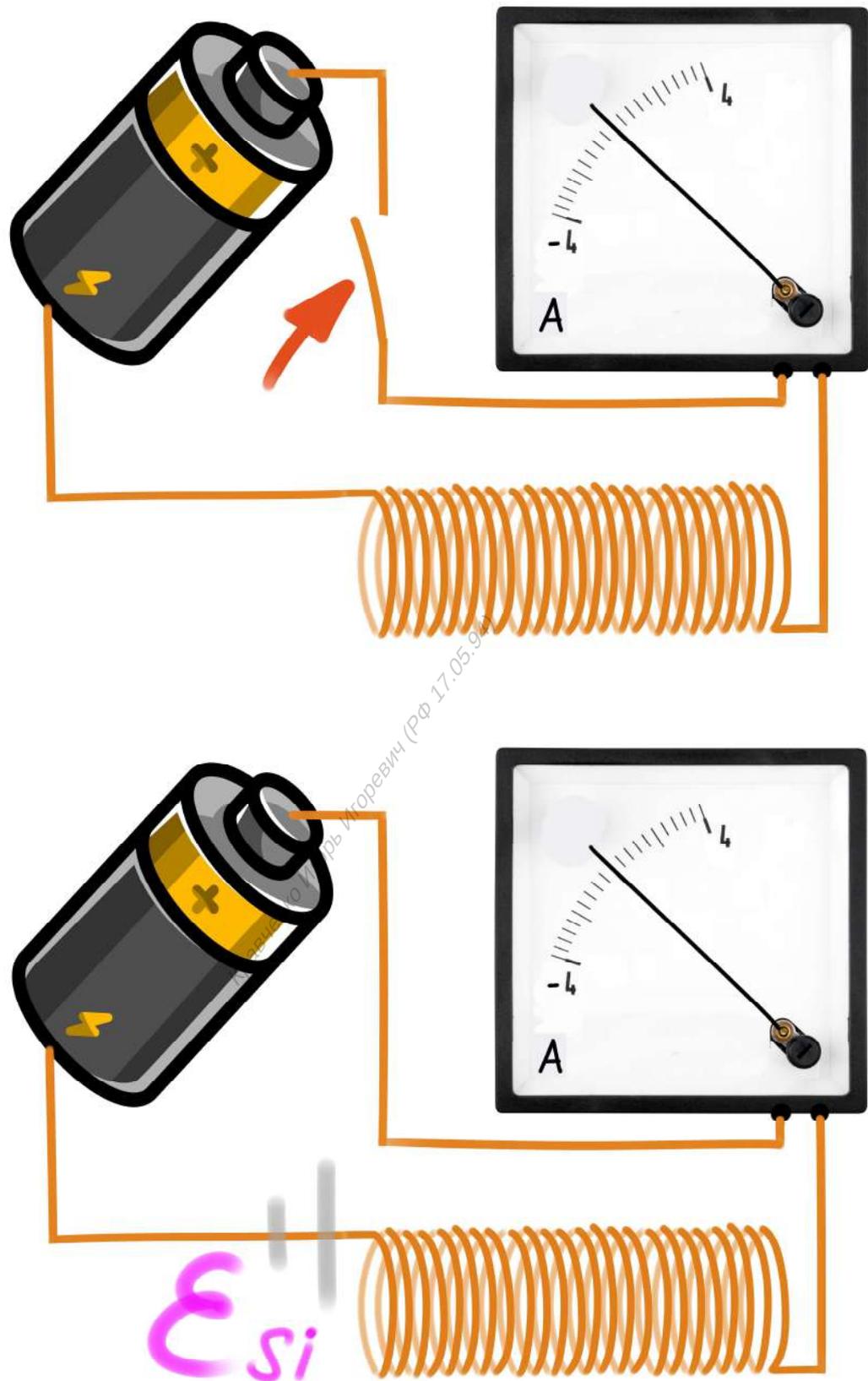


Рисунок 25 – Пример для ЭДС самоиндукции: в катушке **возникает** « невидимая » ЭДС , **препятствующая** изменению тока

Энергия катушки (W_L [Дж]) – энергия в катушке с током. (рис.26-29)

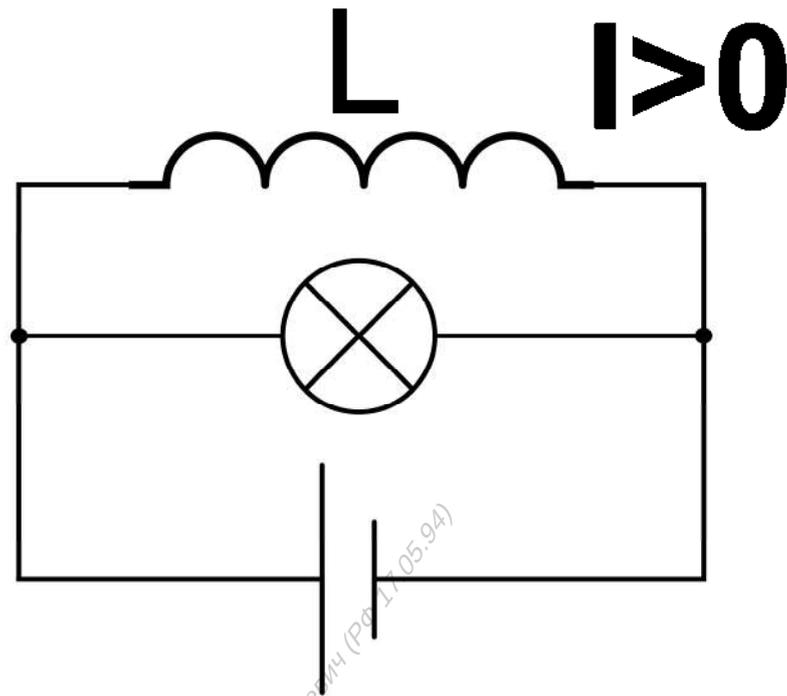


Рисунок 26 – Пример для Энергия катушки: катушка с током / энергией

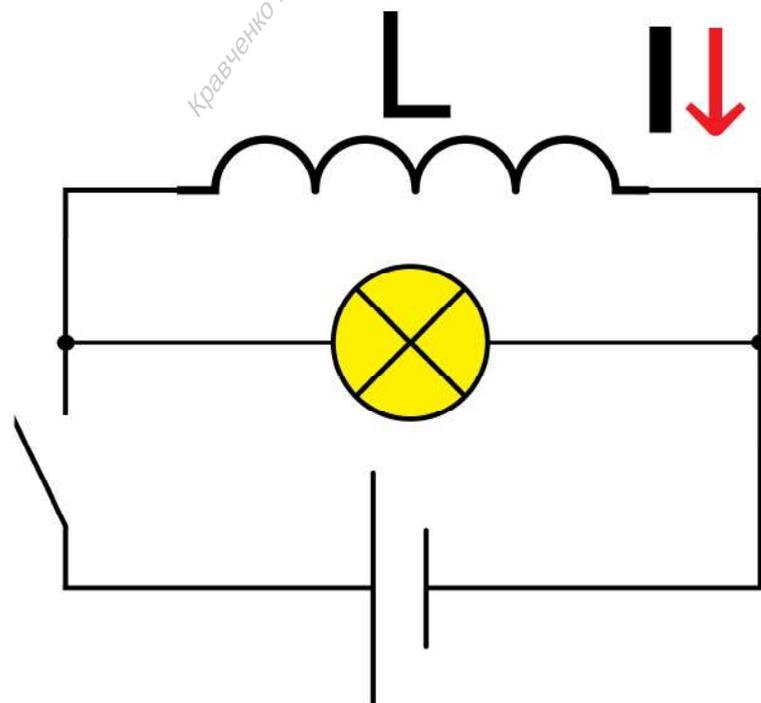


Рисунок 27 – Пример для Энергия катушки: катушка отсоединяется от источника.
Лампа загорается. Ток катушки уменьшается.

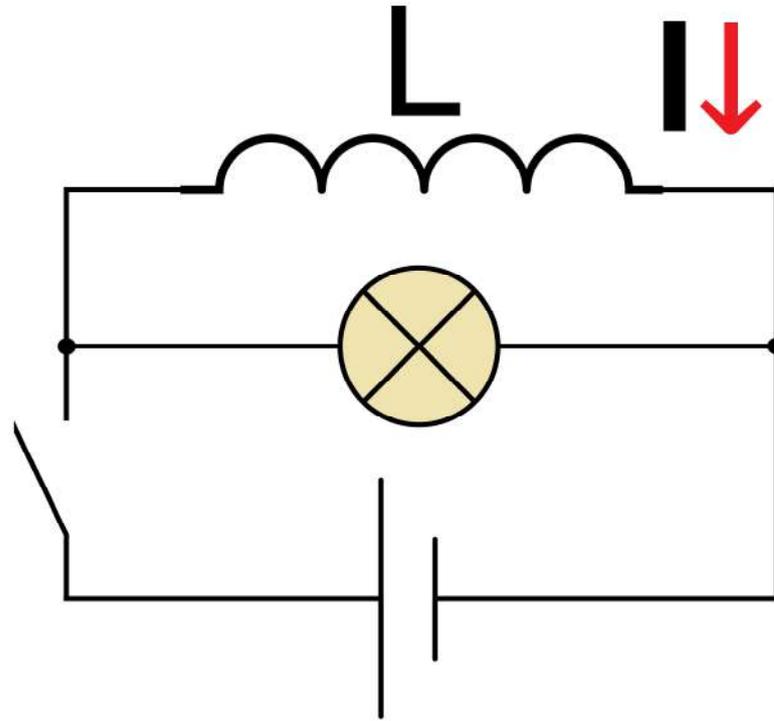


Рисунок 28 – Пример для **Энергия катушки**: через время **лампа горит хуже**. Ток катушки уменьшается далее.

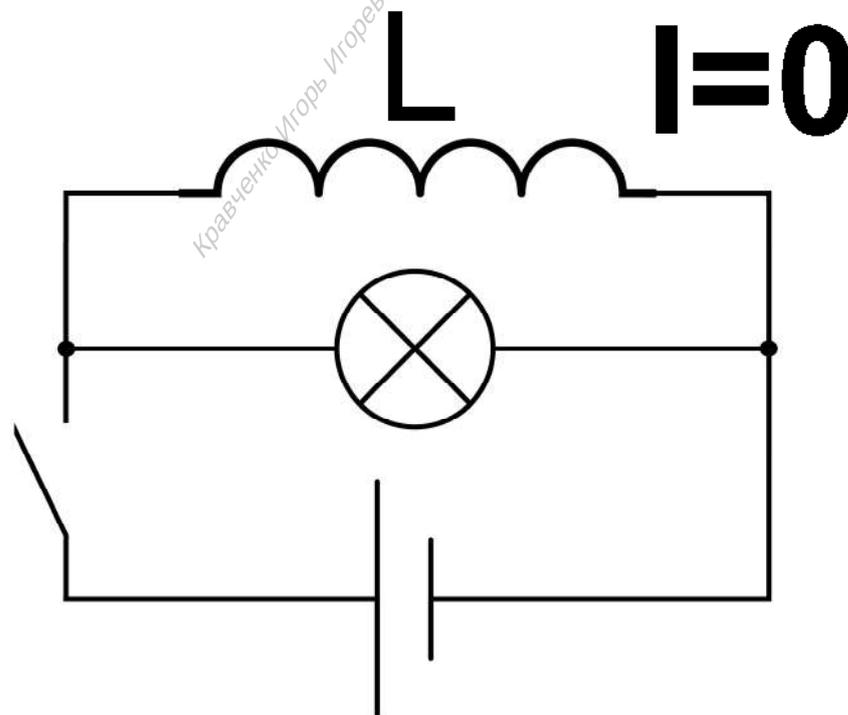


Рисунок 29 – Пример для **Энергия катушки**: спустя время **лампа НЕ горит**. Тока в катушке **нет**. Энергия была потрачена на лампу.



ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Электромагнитные колебания – периодические изменения: или заряда, или тока, или напряжения в электрической цепи. (рис.1-5)

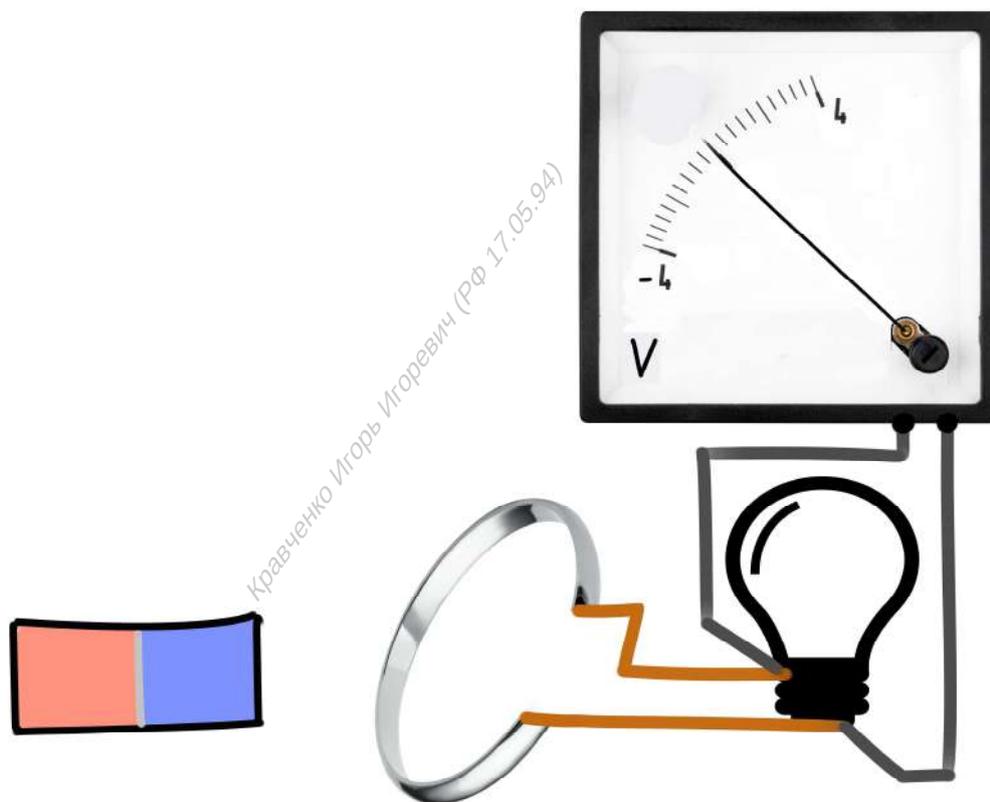


Рисунок 1 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** покоится.
В контуре с лампой **тока нет** (вольтметр показывает **напряжение « 0 »**).



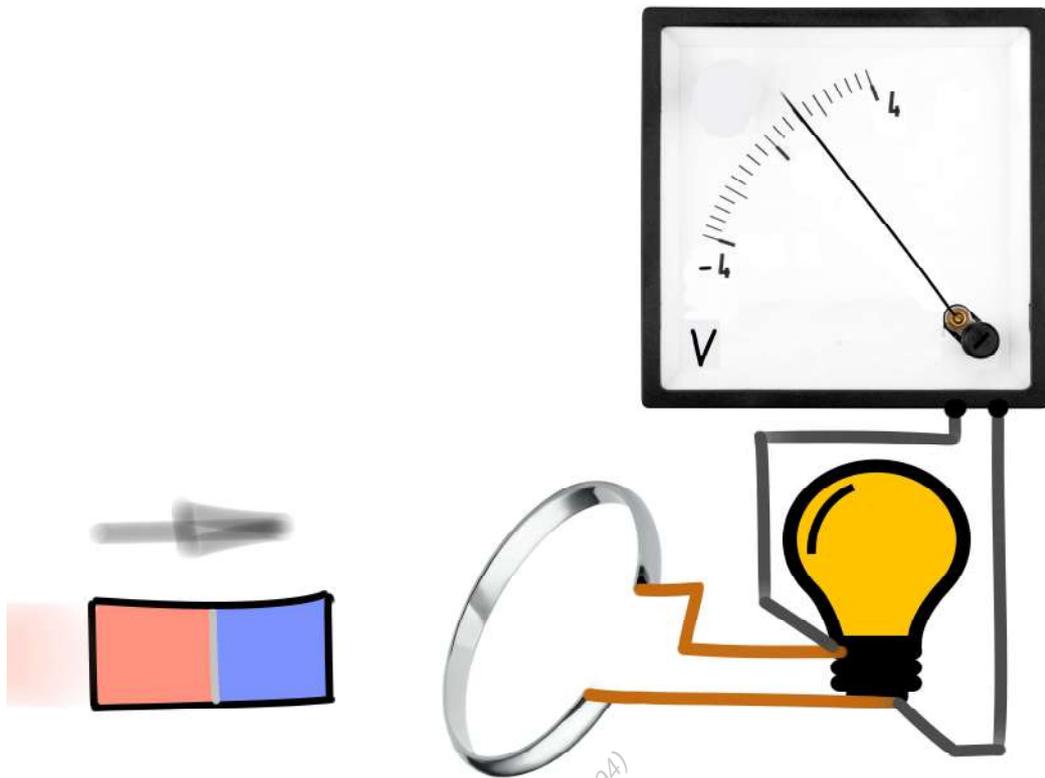


Рисунок 2 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** входит N полюсом. В контуре с лампой **ток в одну сторону** (вольтметр показывает **+напряжение**).

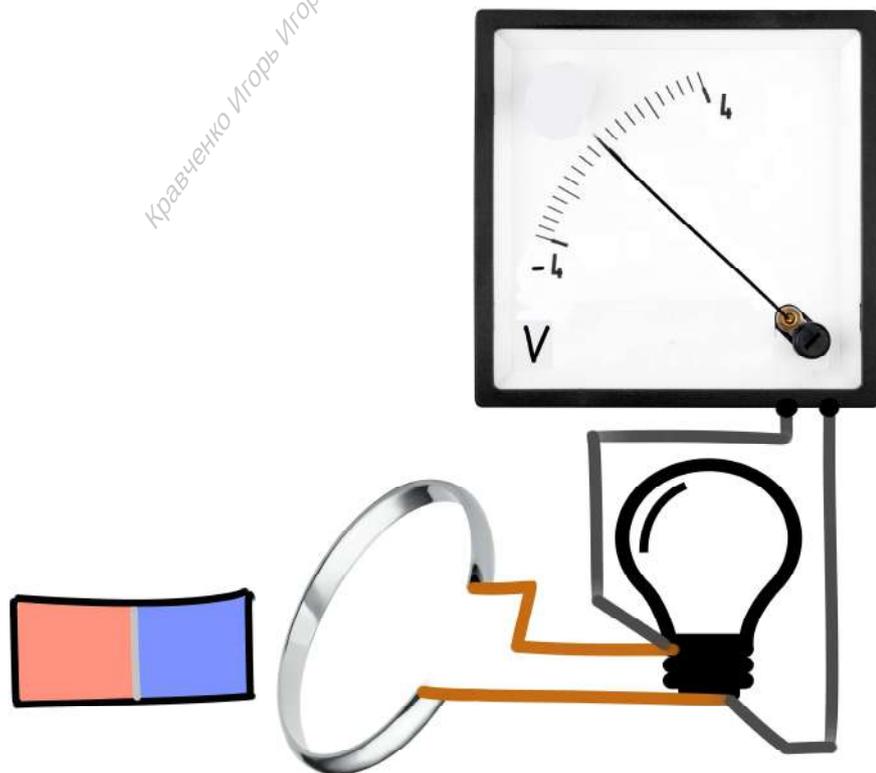


Рисунок 3 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** покоится рядом с контуром. В контуре с лампой **тока нет** (вольтметр показывает **напряжение « 0 »**).

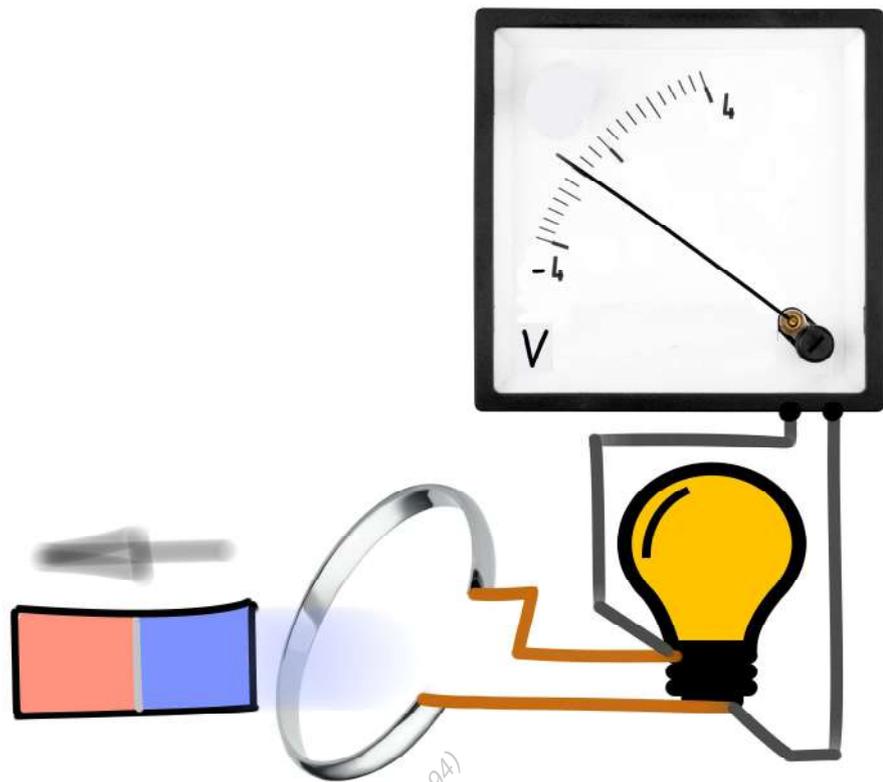


Рисунок 4 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** выходит N полюсом. В контуре с лампой **ток в другую сторону** (вольтметр показывает **-напряжение**).

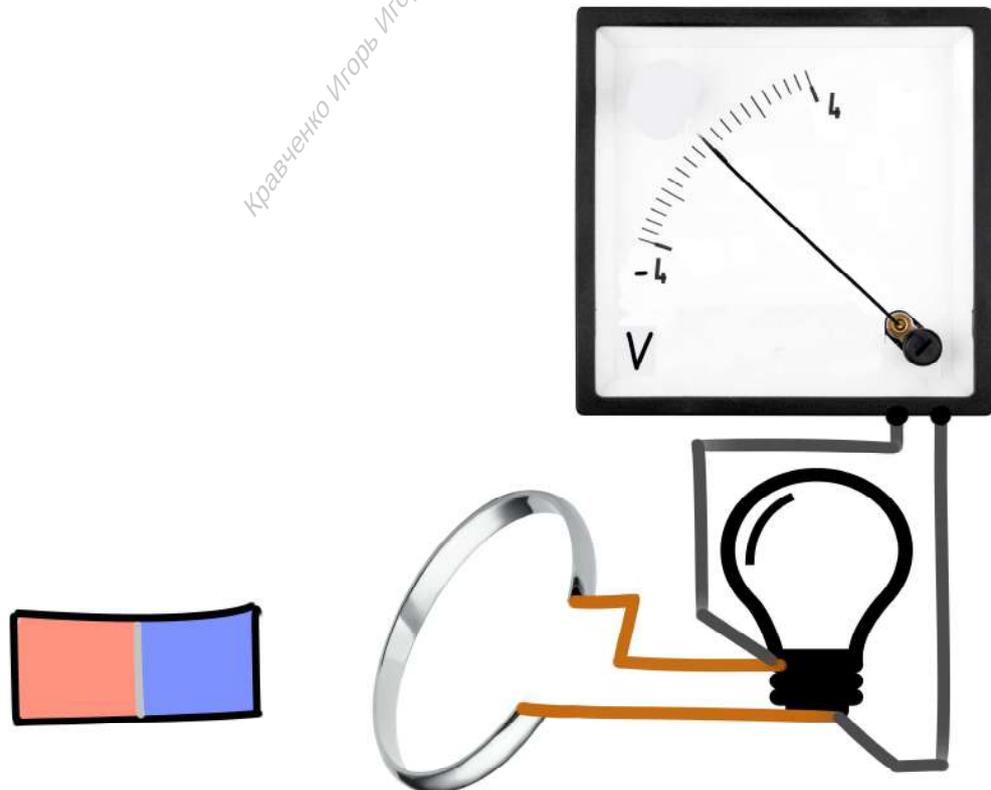


Рисунок 5 – Пример для Электромагнитные колебания: **магнит** покоится снаружи контура. В контуре с лампой **тока нет** (вольтметр показывает **напряжение « 0 »**).

Колебательный контур – цепь из катушки и конденсатора. (рис.6)

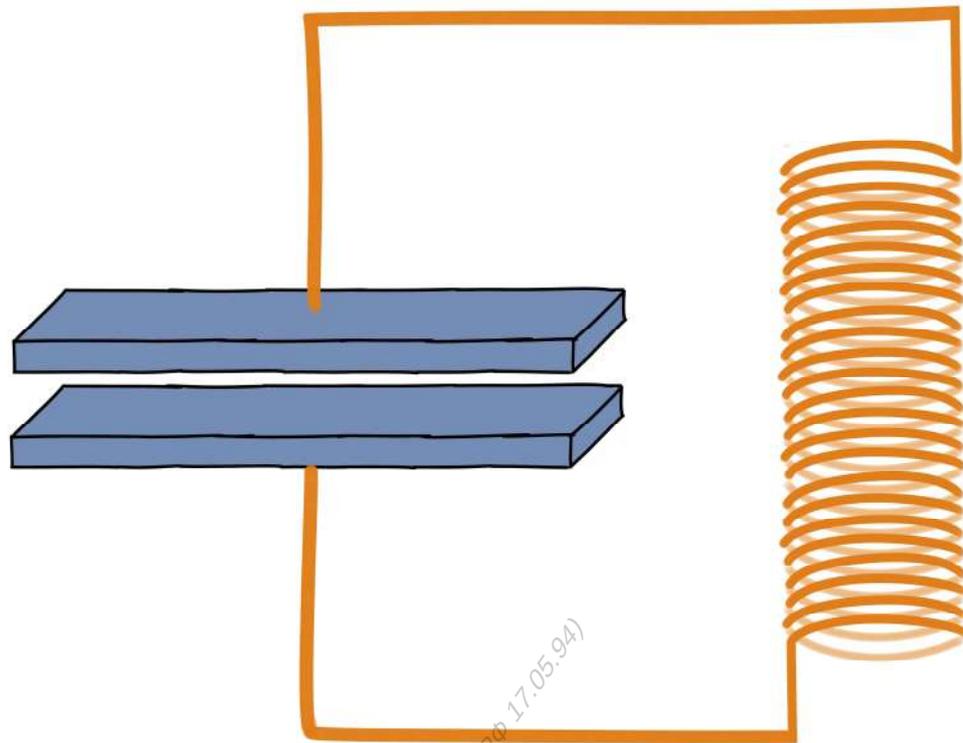


Рисунок 6 – Пример для **Колебательный контур**: соединены проводами

Виды Колебательных контуров:

1. **Реальный**: $\Gamma_{\text{проводов}} \neq 0$. (рис.7)

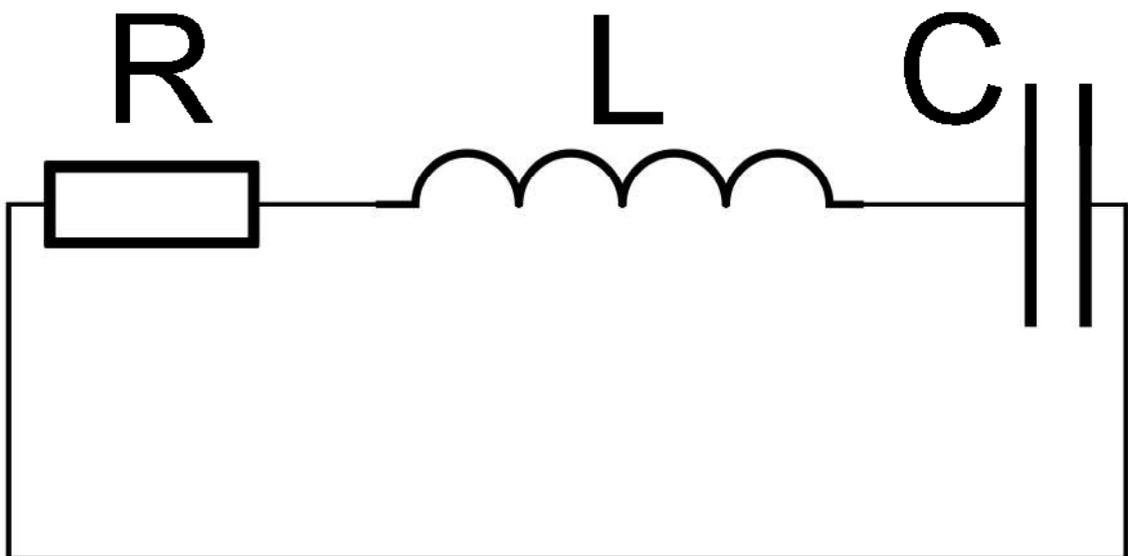


Рисунок 7 – Пример для **Реальный Колебательный контур**: RLC-цепь



2. Идеальный: $r_{\text{проводов}} = 0$. (рис.8)

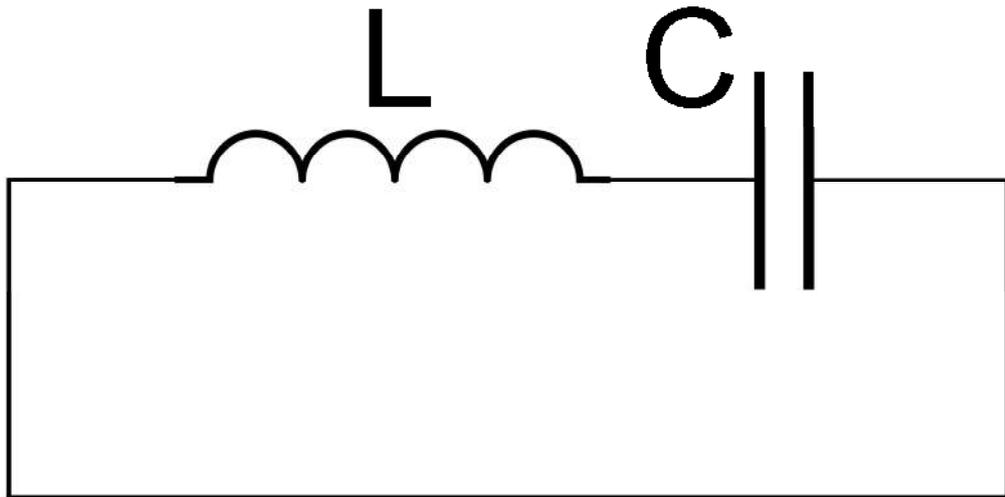


Рисунок 8 – Пример для **Идеальный Колебательный контур**: только L и C

Свободные эл.магн. колебания – эл.магн. колебания без внешней силы ; источника энергии. (рис.9)

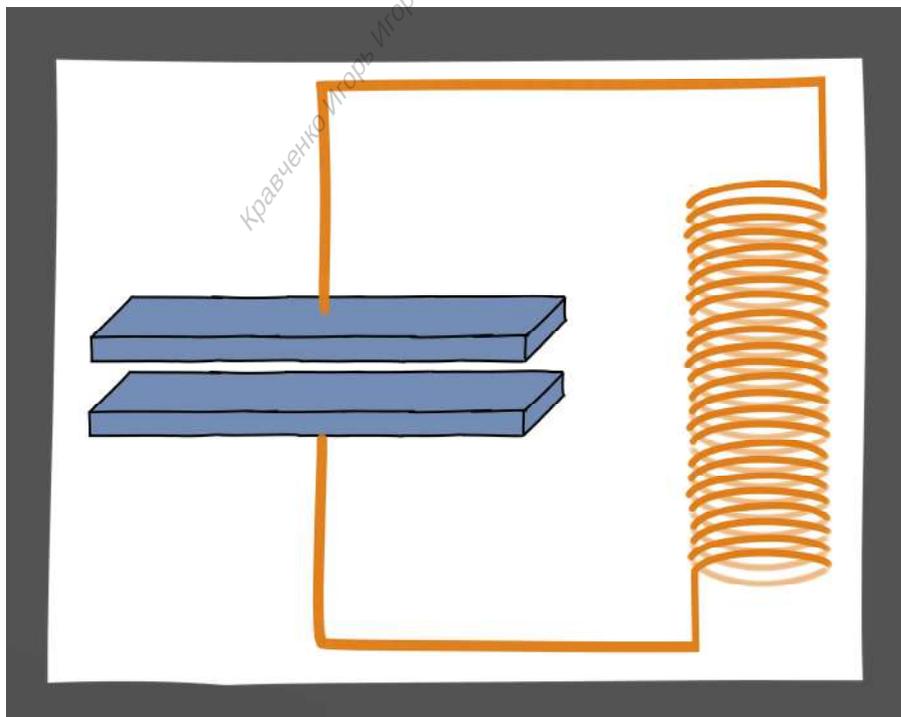


Рисунок 9 – Пример для **Свободные электромагнитные колебания**:

в колебательном контуре эл.магн. колебания,

НО

ничто не должно влиять на контур





Свободные эл.магн. колебания в идеальном колебательном контуре:

(рис.10-18)

1. Начальный момент: $t = 0$ с. (рис.10)

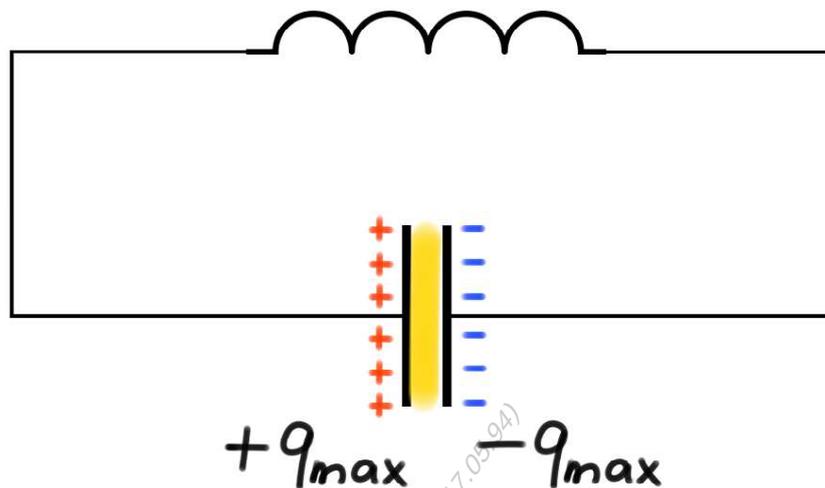


Рисунок 10 – Пример для **Начальный момент**: конденсатор заряжен, тока катушки нет

2. Первая четверть периода: $0 < t < T/4$. (рис.11)

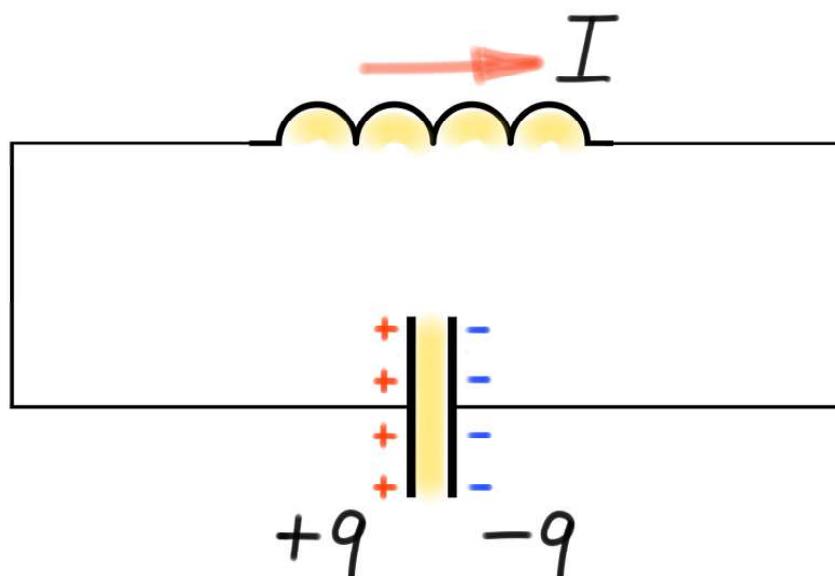


Рисунок 11 – Пример для **Первая четверть периода**: конденсатор разряжается, ток катушки нарастает





3. Конец первой четверти периода: $t = T/4$. (рис.12)

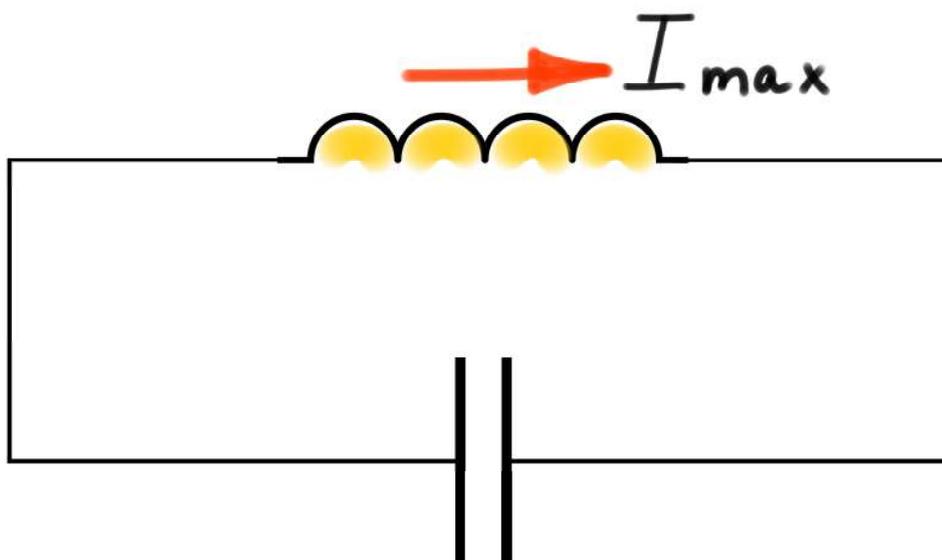


Рисунок 12 – Пример для **Конец первой четверти периода: конденсатор разряжен, ток катушки максимален**

4. Вторая четверть периода: $T/4 < t < T/2$. (рис.13)

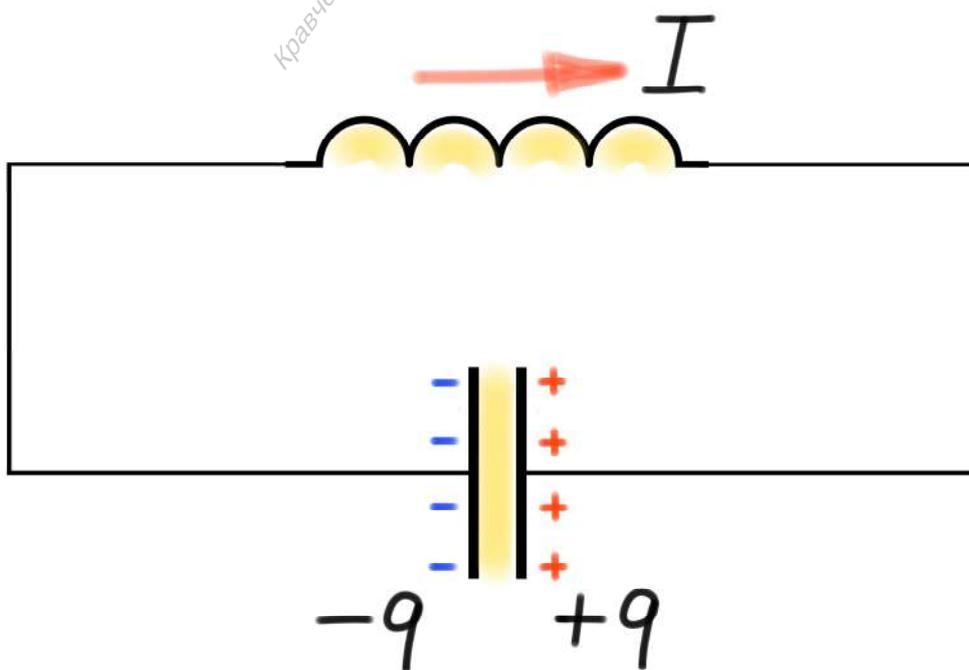


Рисунок 13 – Пример для **Вторая четверть периода: конденсатор заряжается наоборот, ток катушки убывает**





5. Конец второй четверти периода: $t = T/2$. (рис.14)

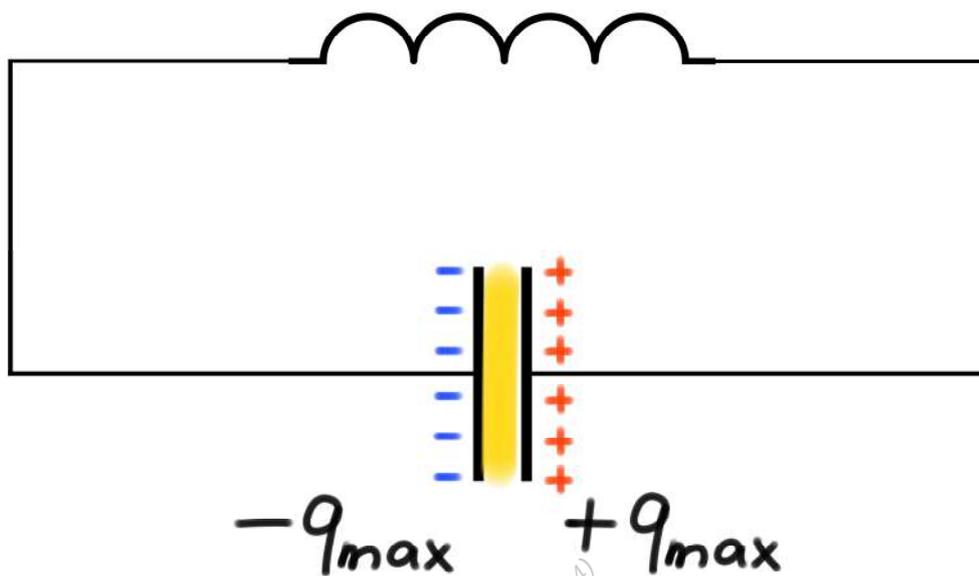


Рисунок 14 – Пример для **Конец второй четверти периода: конденсатор заряжен наоборот, тока катушки нет**

6. Третья четверть периода: $T/2 < t < 3T/4$. (рис.15)

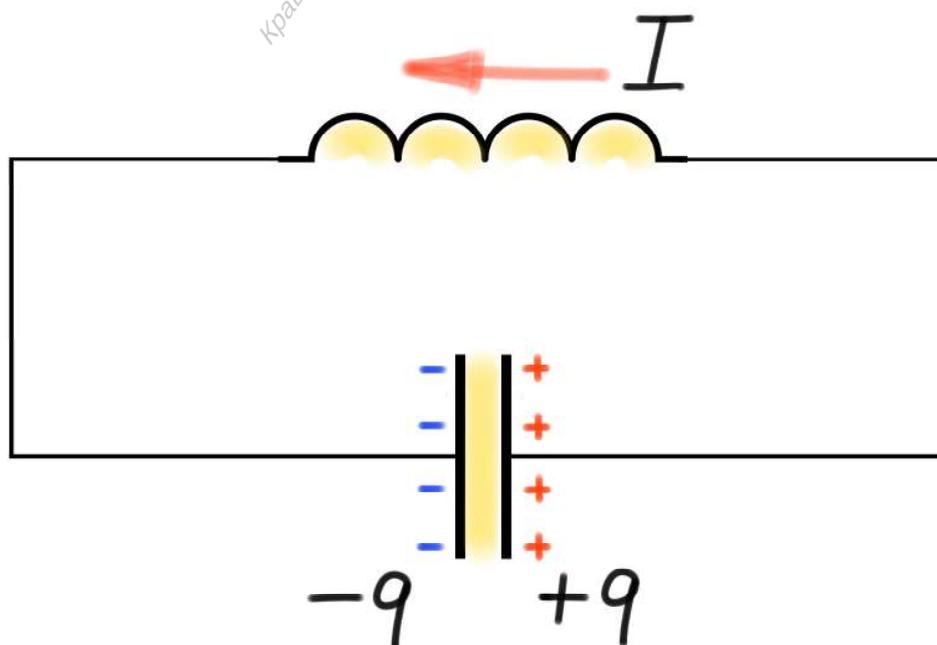


Рисунок 15 – Пример для **Третья четверть периода: конденсатор разряжается наоборот, ток катушки нарастает наоборот**





7. **Конец третьей четверти периода: $t = 3T/4$.** (рис.16)

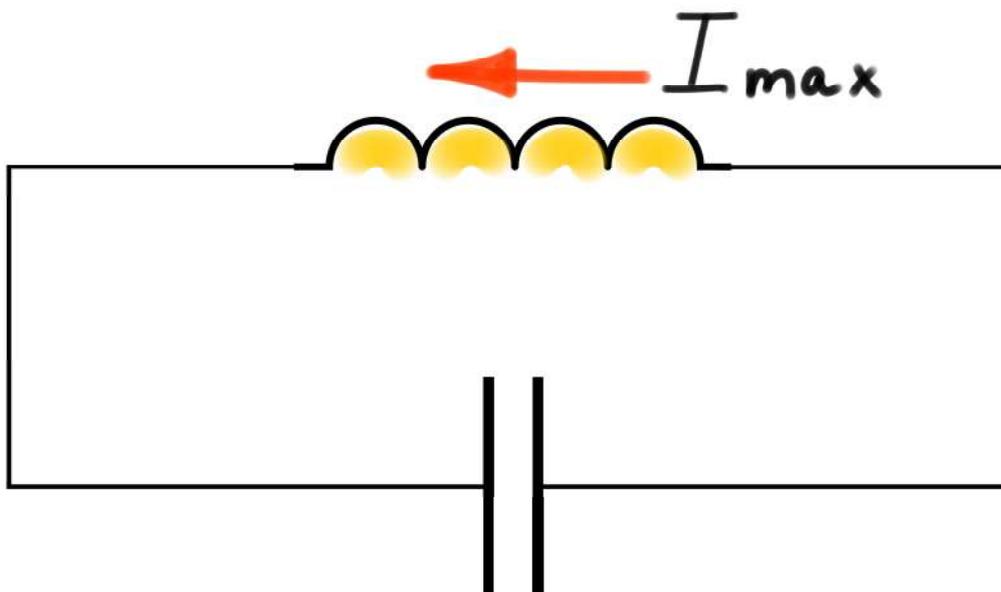


Рисунок 16 – Пример для **Конец третьей четверти периода: конденсатор разряжен, ток катушки максимален наоборот**

8. **Четвертая четверть периода: $3T/4 < t < T$.** (рис.17)

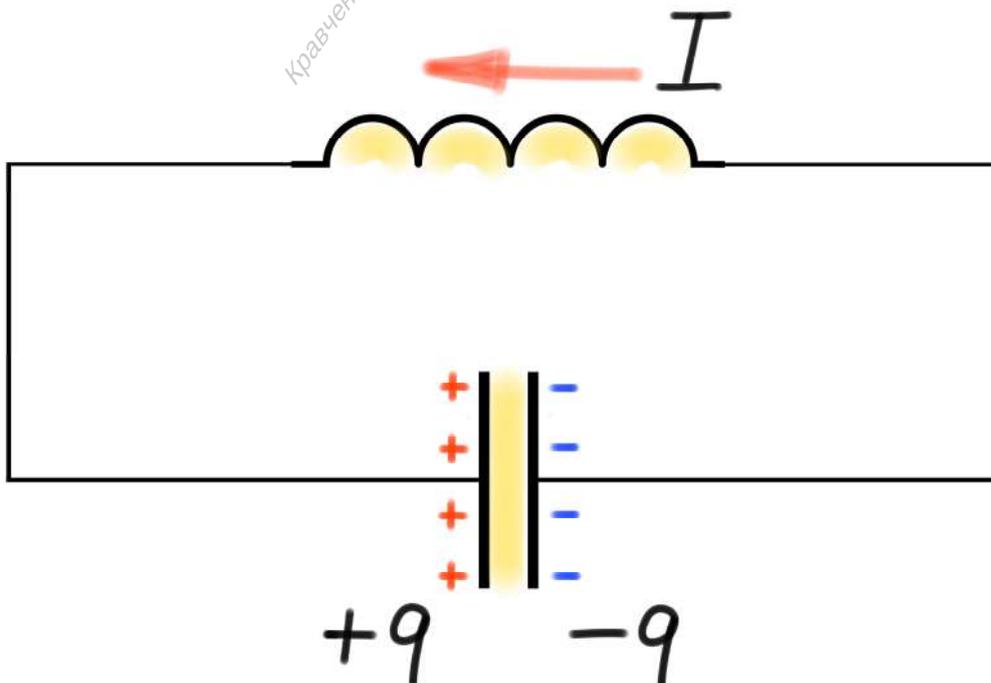


Рисунок 17 – Пример для **Четвертая четверть периода: конденсатор заряжается, ток катушки убывает наоборот**





9. Конец четвертой четверти периода и всего периода: $t = T$. (рис.18)

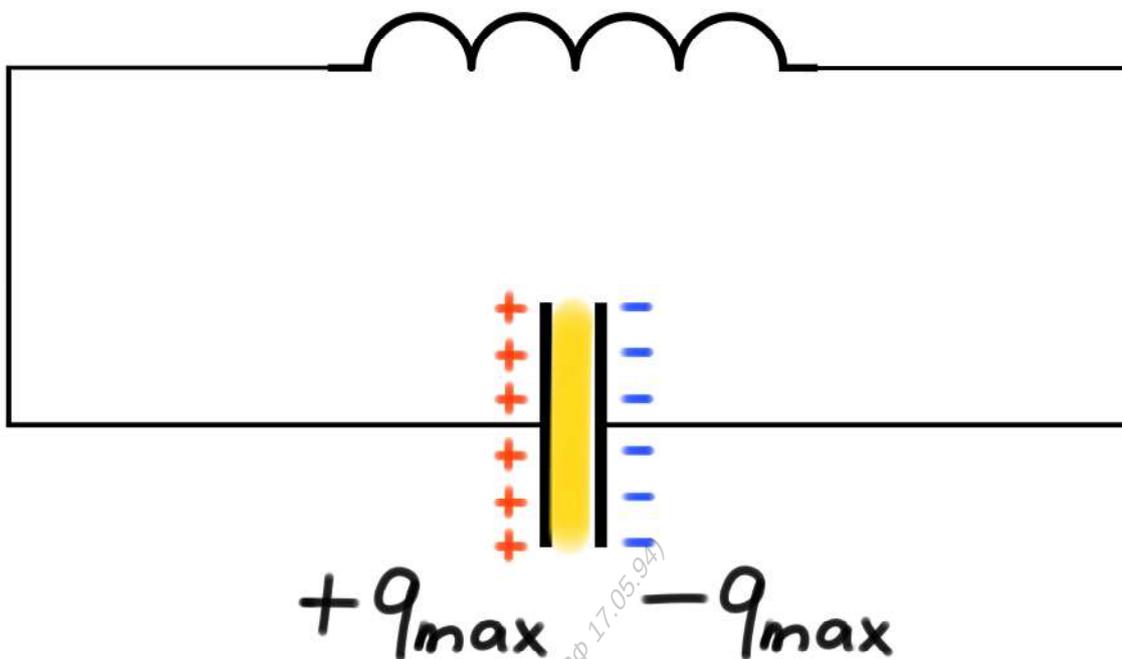


Рисунок 18 – Пример для **Конец четвертой четверти периода и всего периода: конденсатор заряжен, тока катушки нет**

Графики свободных колебаний в идеальном колебательном контуре:

(рис.19)

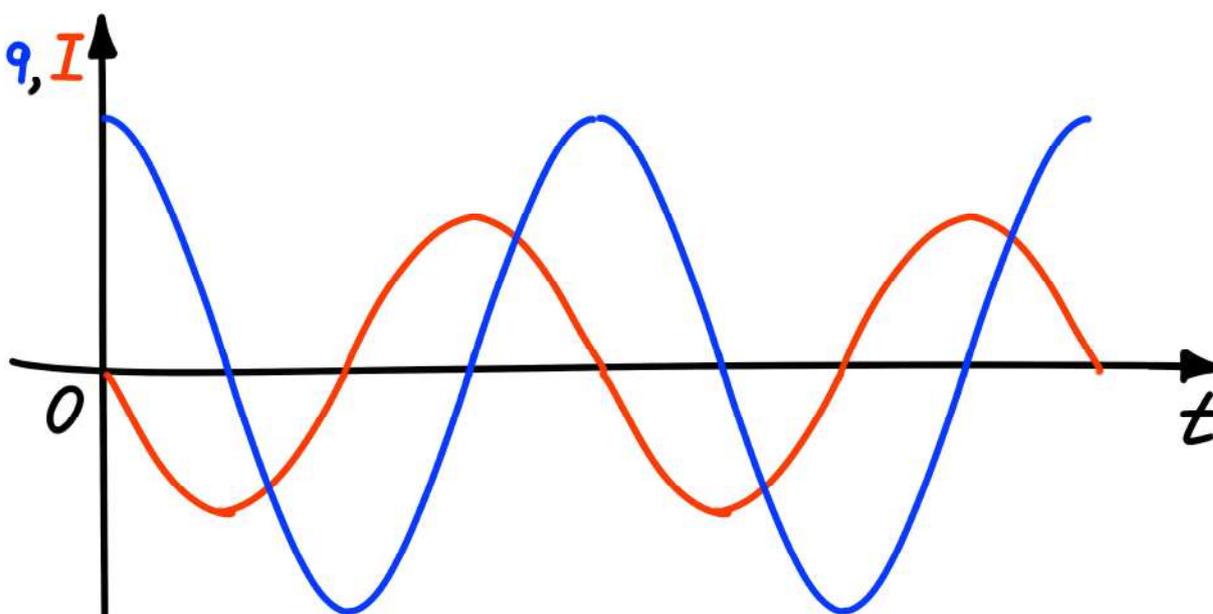


Рисунок 19 – Пример для **Графики колебаний: максимумы не совпадают**





Закон сохранения энергии в идеальном колебательном контуре
(свободные эл.магн. колебания): (рис.20)

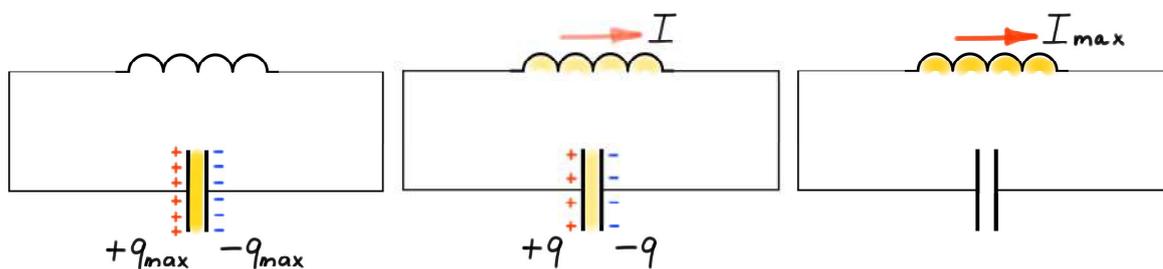


Рисунок 20 – Пример для **Закон сохранения энергии**: Энергия перетекает

Вынужденные эл.магн. колебания – эл.магн. колебания под внешней силой ; источником энергии. (рис.21)

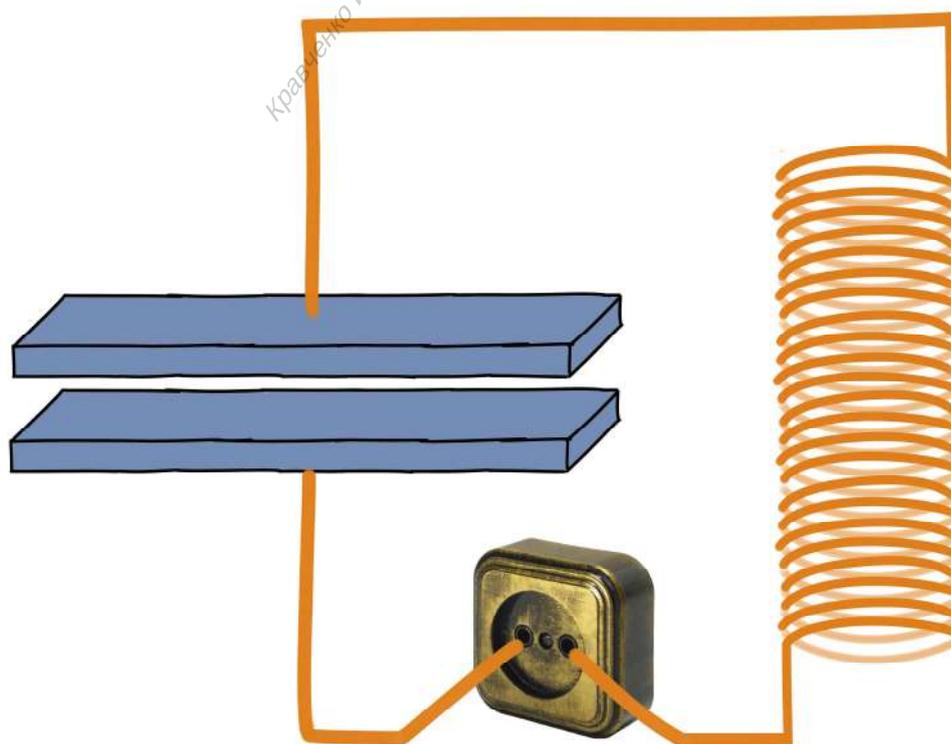


Рисунок 21 – Пример для **Вынужденные эл.магн. колебания**: Розетка – внешний источник энергии. В этом контуре происходят эл.магн. вынужденные колебания.





Резонанс колебательного контура – явление **возрастания амплитуды** вынужденных эл.магн. колебаний, если:

« частота собственных колебаний контура

≈

частота вынуждающего источника »

(рис.22)

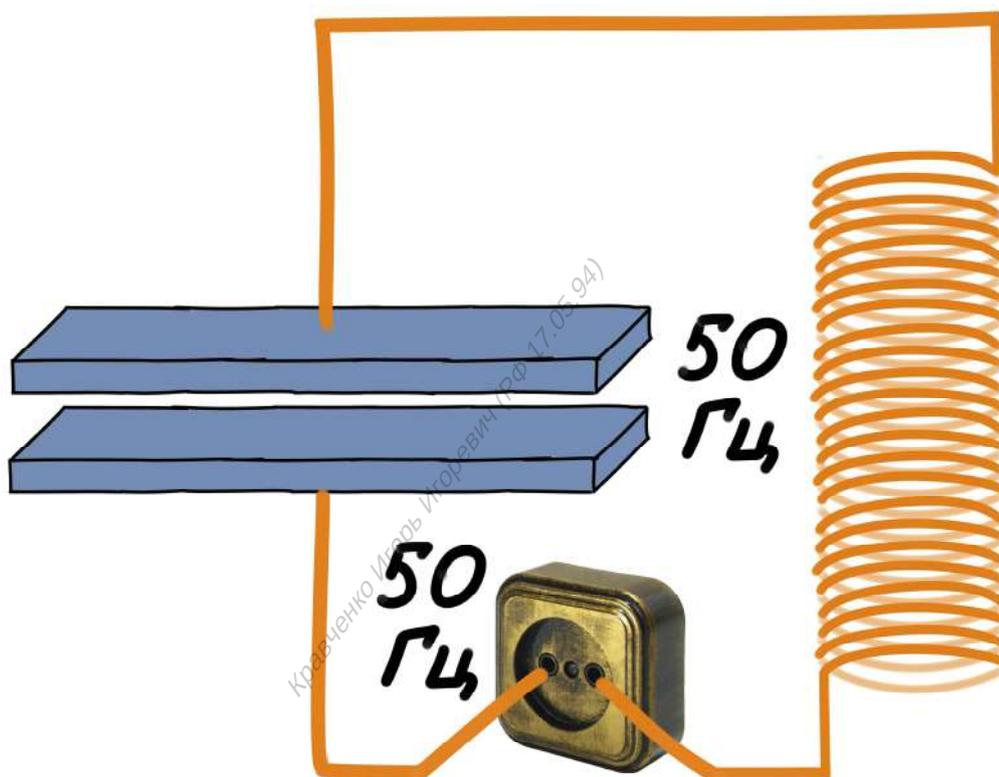


Рисунок 22 – Пример для **Вынужденные эл.магн. колебания: амплитуда колебаний максимальна**

Переменный ток – ток в цепи из-за источника переменного напряжения (тока). (рис.23-25)



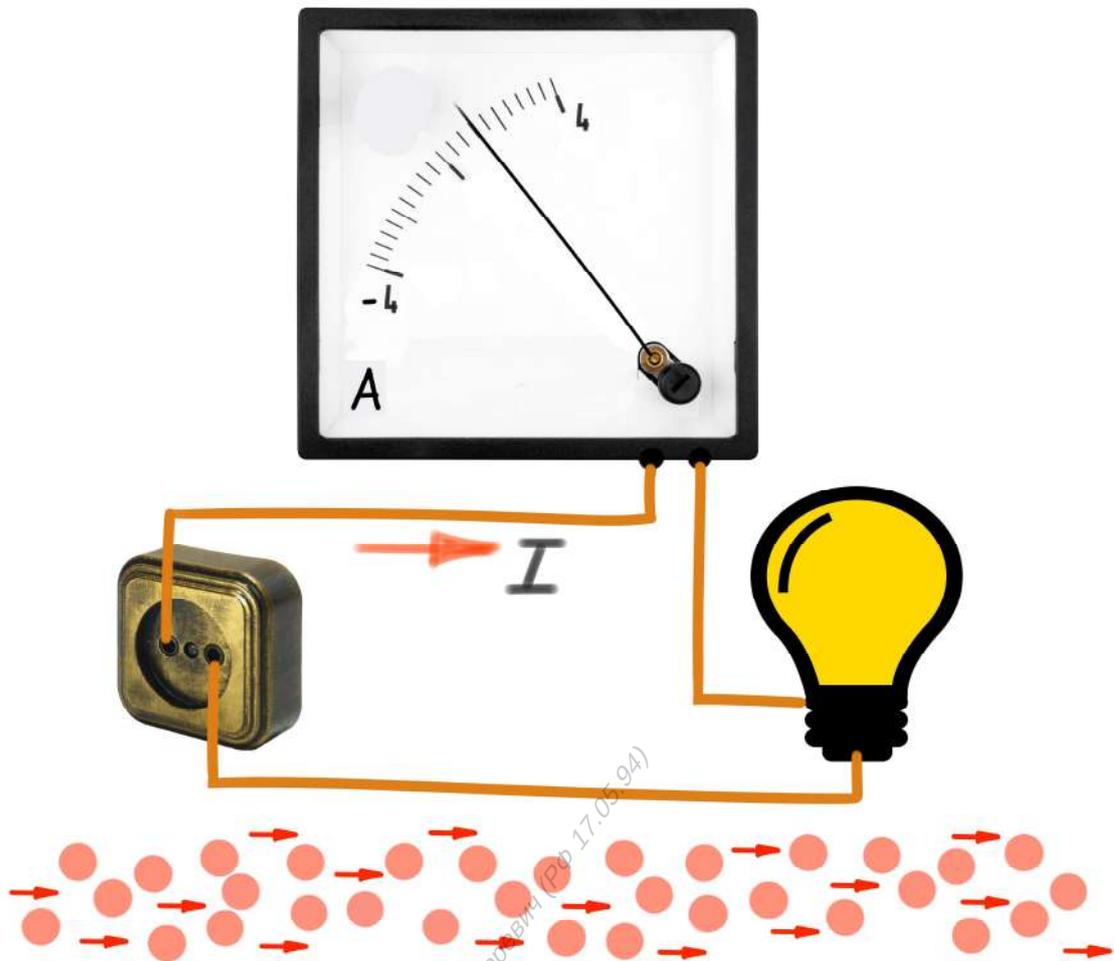


Рисунок 23 – Пример для **Переменный ток**: ток цепи течет по часовой стрелке, направление тока **+зарядов** (отмеченное) показано « шарами »



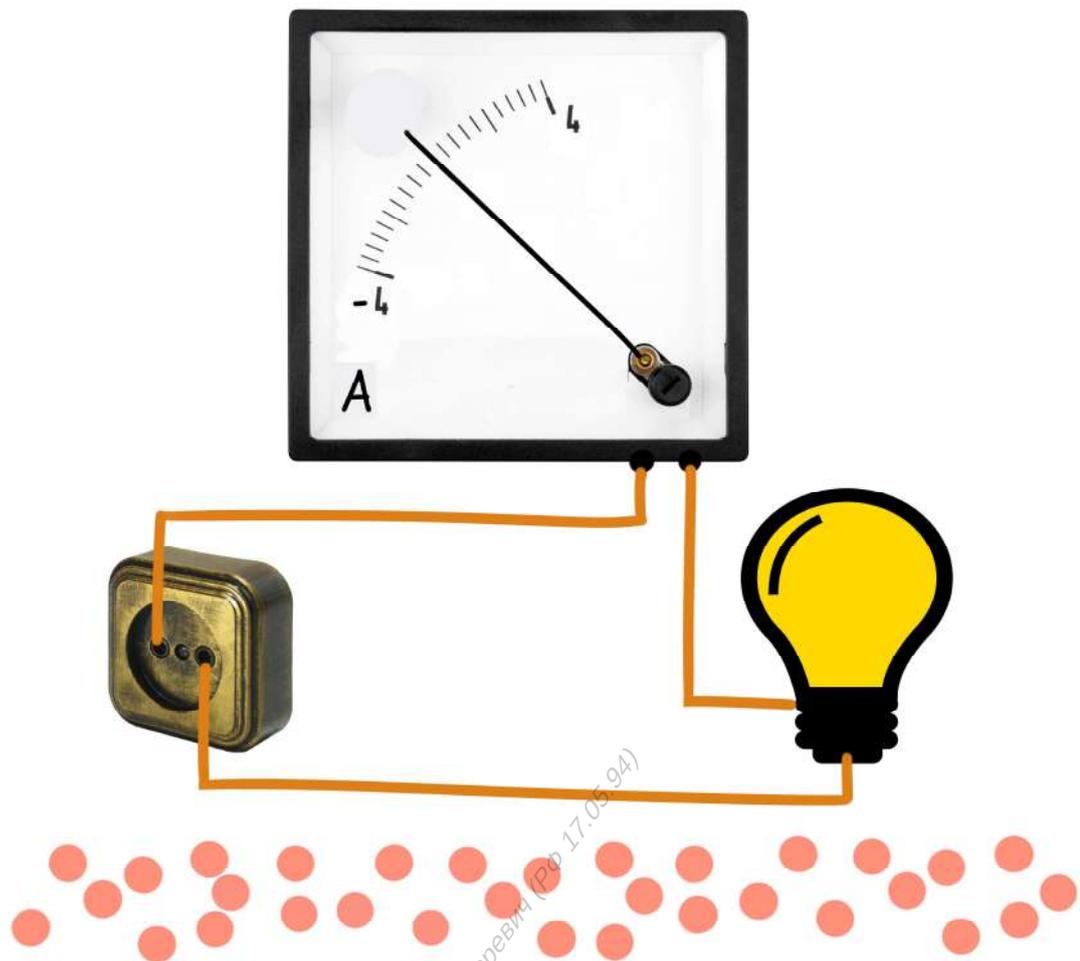


Рисунок 24 – Пример для **Переменный ток**: тока цепи нет, состояние **+зарядов** (цепи) **показано** « шарами » (лампа не успевает остыть)



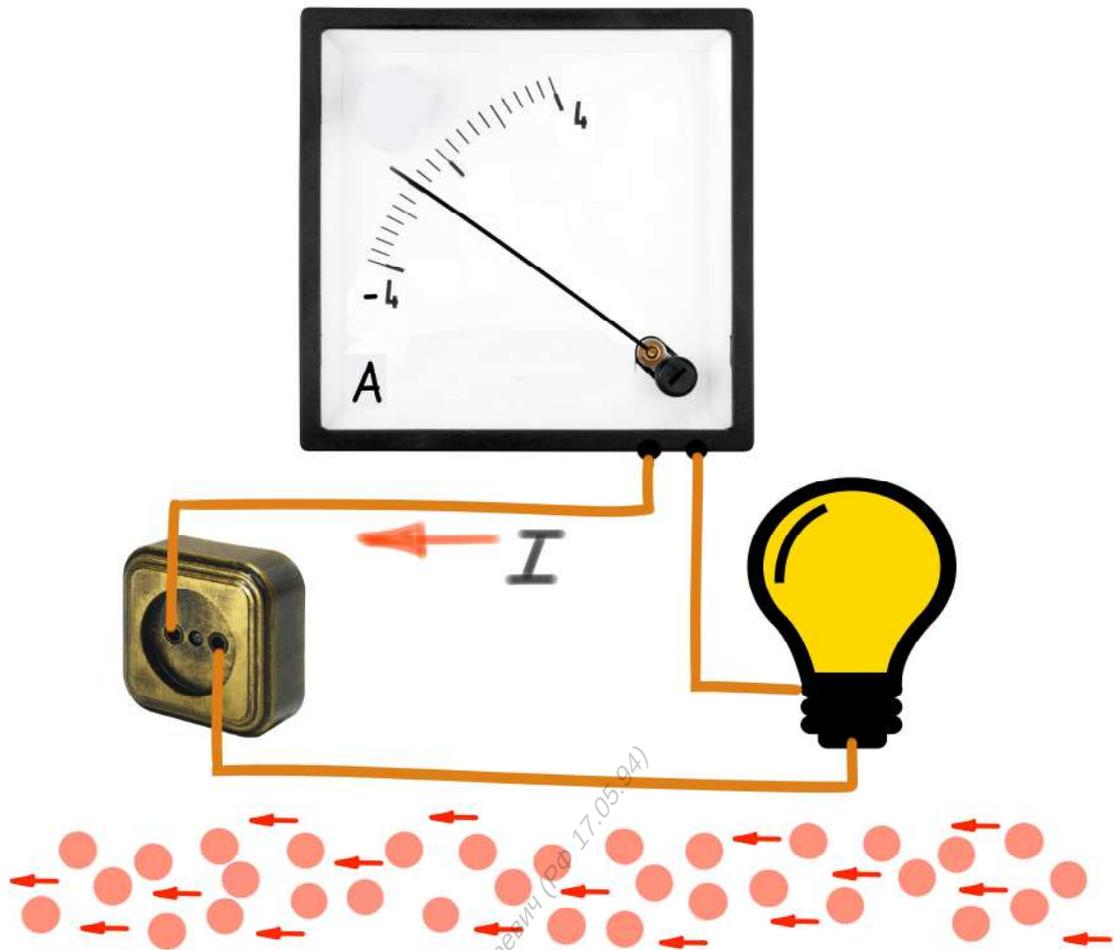


Рисунок 25 – Пример для **Переменный ток**: ток цепи течет **против часовой** стрелки, **направление тока +зарядов** (отмеченное) **показано « шарами »**

Электроэнергия (ЭЭ) – характеристика, показывающая как много работы может совершить эл.магн. поле. (рис.26)



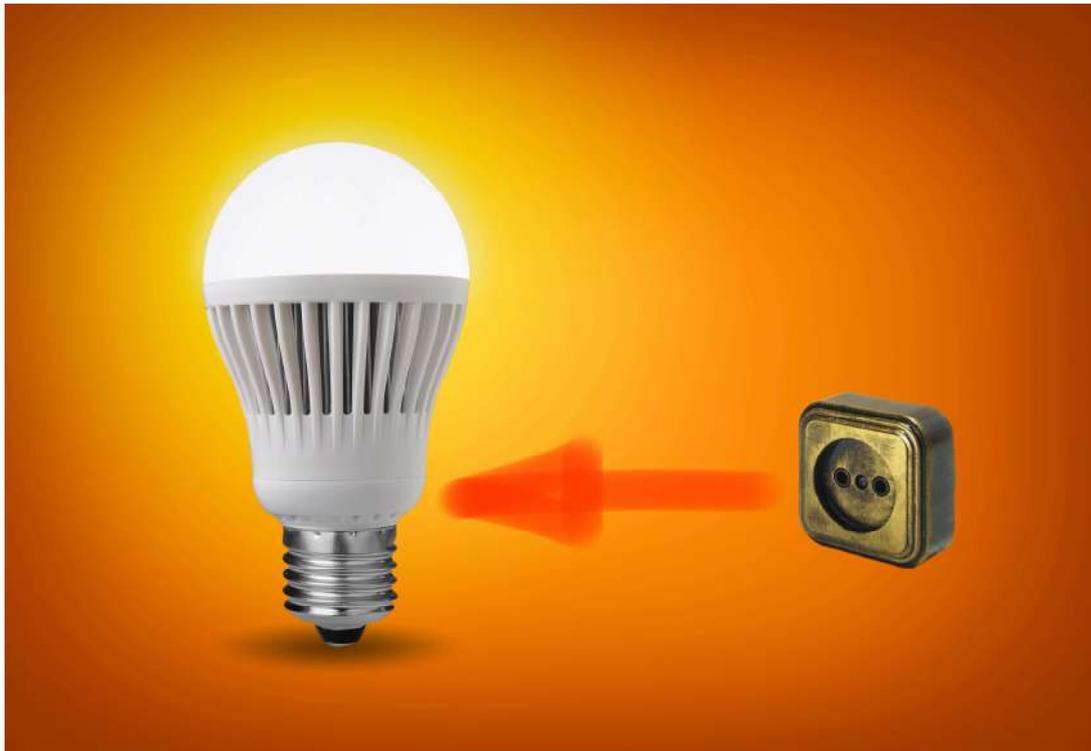


Рисунок 26 – Пример для Электроэнергия: эл.магн. поле приходит из розетки на лампу и двигает заряды в лампе, т.е **совершает работу**

Производство ЭЭ: (рис.27, 28)

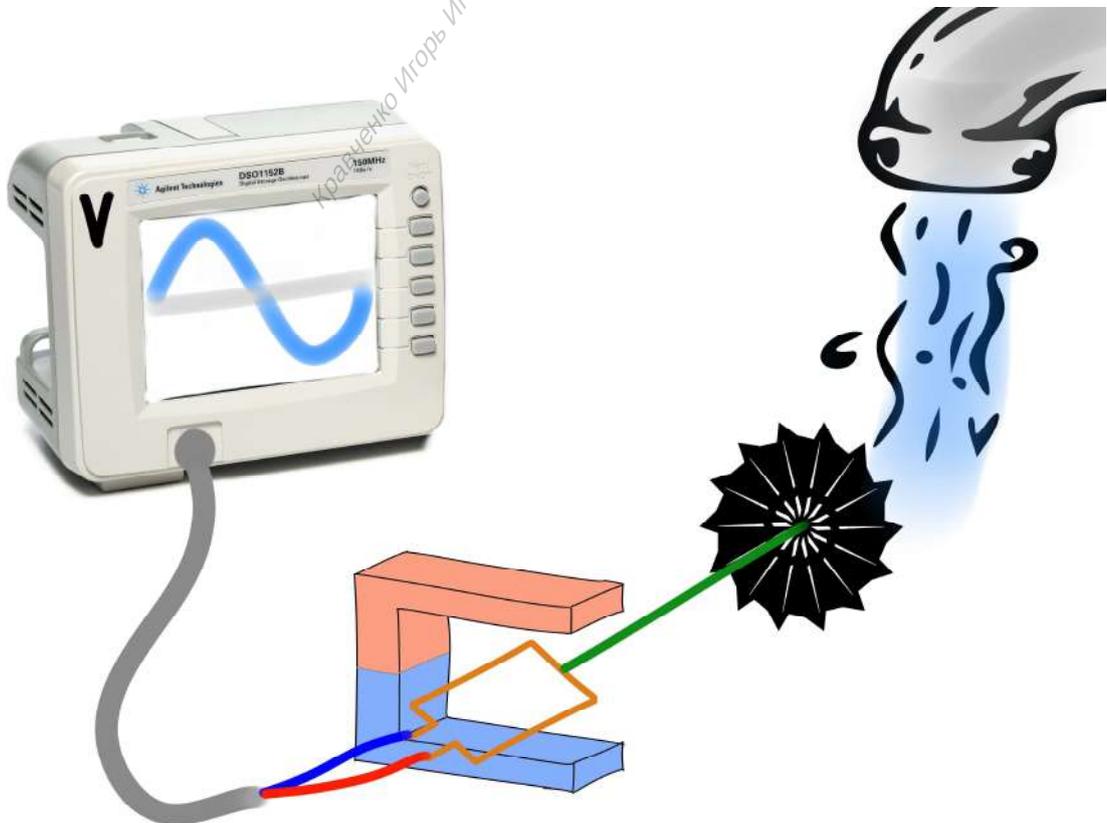


Рисунок 27 – Пример для Производство ЭЭ: если магнитный поток рамки меняется, то в ней создается ЭДС Индукции (Напряжение)



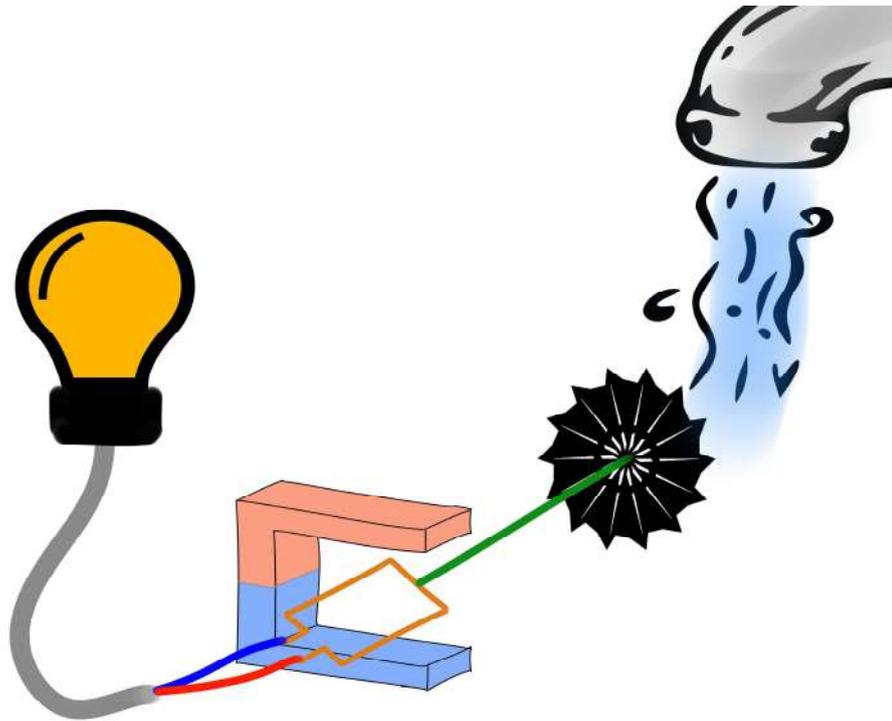


Рисунок 28 – Пример для **Производство ЭЭ: рамка дает энергию**

Передача ЭЭ: (рис.29)



Рисунок 29 – Пример для **Передача ЭЭ: между проводами и землей**
высокое напряжение



Потребление ЭЭ: (рис.30)

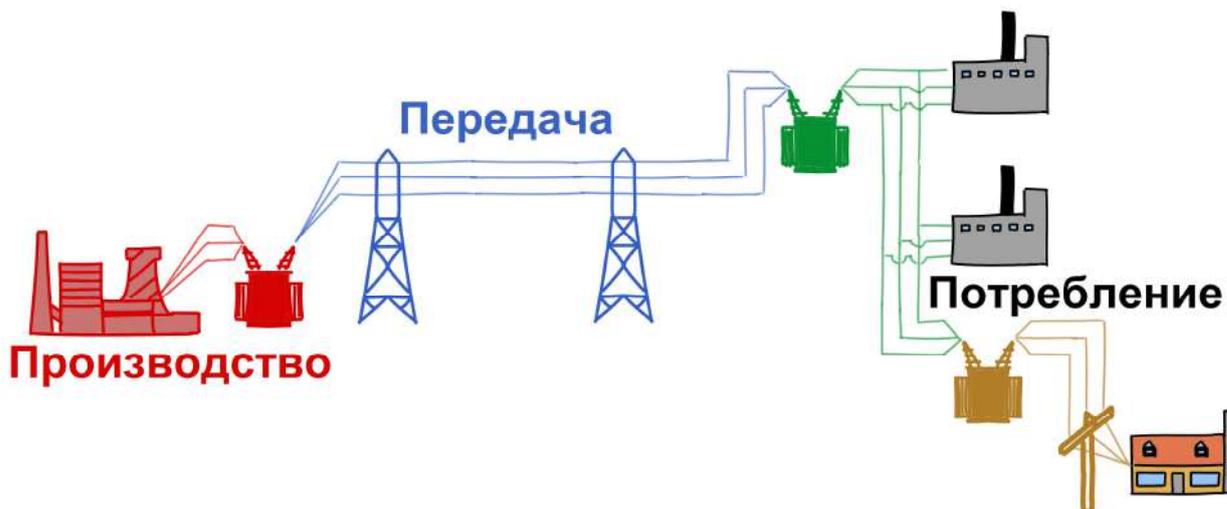


Рисунок 30 – Пример для Потребление ЭЭ: в домах, в предприятиях

Электромагнитная волна – распространение эл.магн. колебаний в пространстве. (рис.31)



Рисунок 31 – Пример для Эл.магн. волна: колебания от башни ~ телефон





Свойства эл.магн. волн: (рис.32)

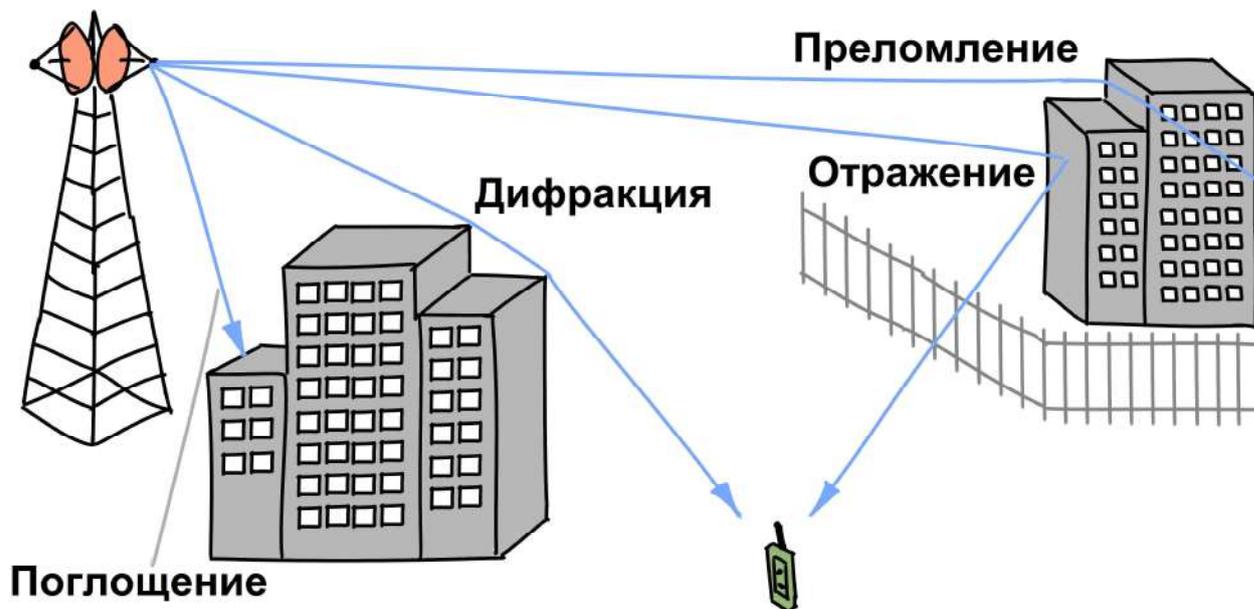


Рисунок 32 – Пример для **Свойства эл.магн. волн:** основные

Взаимная ориентация векторов в эл.магн. волне вакуума: (рис.33)

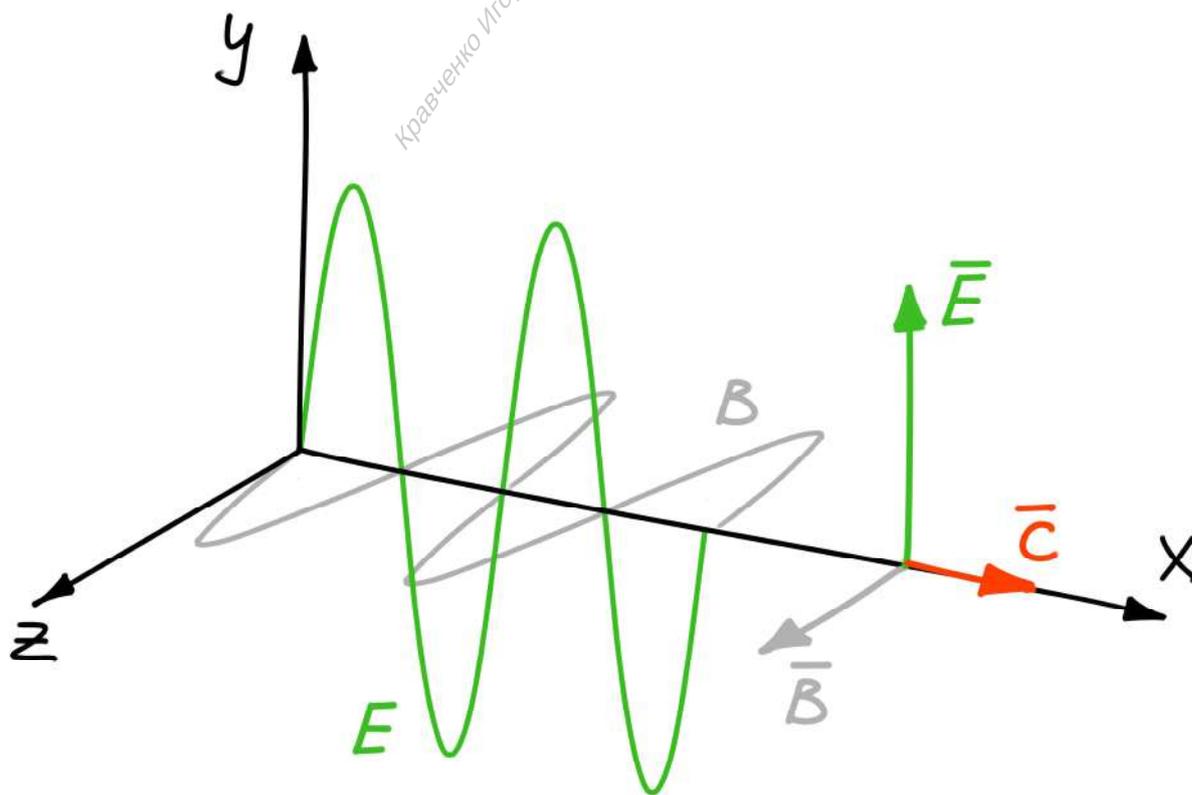


Рисунок 33 – Пример для **Эл.магн. волна:** $\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{c}$





Шкала эл.магн. волн: (рис.34)

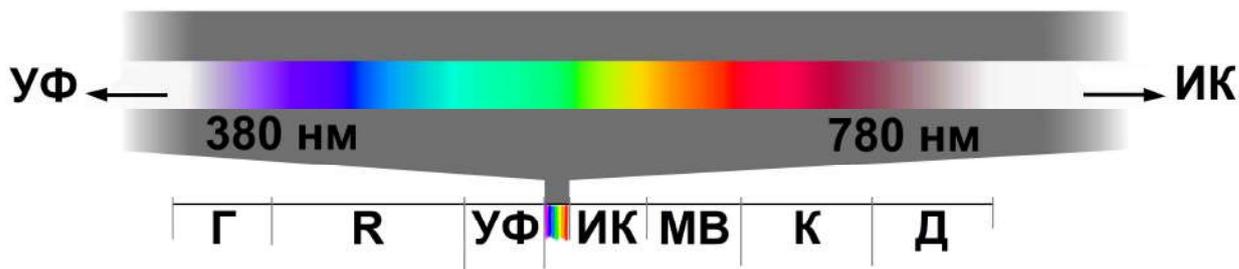


Рисунок 34 – Пример для Шкала эл.магн. волн:

Г – гамма. R – рентген.

УФ – ультрафиолетовые. « Цветной » – видимые.

ИК – инфракрасные. МВ – микроволновые.

К – короткие. Д – длинные.

Применение эл.магн. волн в технике и быту: (рис.35)

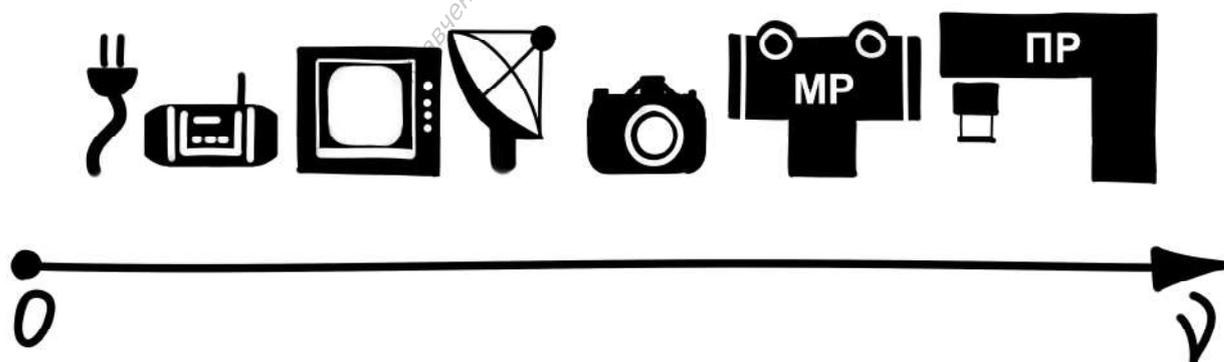


Рисунок 35 – Пример для Применение эл.магн. волн:

МР – медицинская рентгенография. ПР – промышленная рентгенография.



ОПТИКА

Внимание. Излучение = Электромагнитные волны.

Свет – видимое распространяющееся излучение. (рис.1)



Рисунок 1 – Пример для **Свет**: тут от **Солнца** **видимое** излучение (**дерево и трава почти черные**, значит **от них свет в глаз не идет**)

Оптика – раздел Электродинамики, изучающий **распространение эл.магн. волн.** (рис.2)



Рисунок 2 – Пример для **Оптика**: «солнечный столб»

Световой пучок – расходящийся / сходящийся свет. (рис.3)

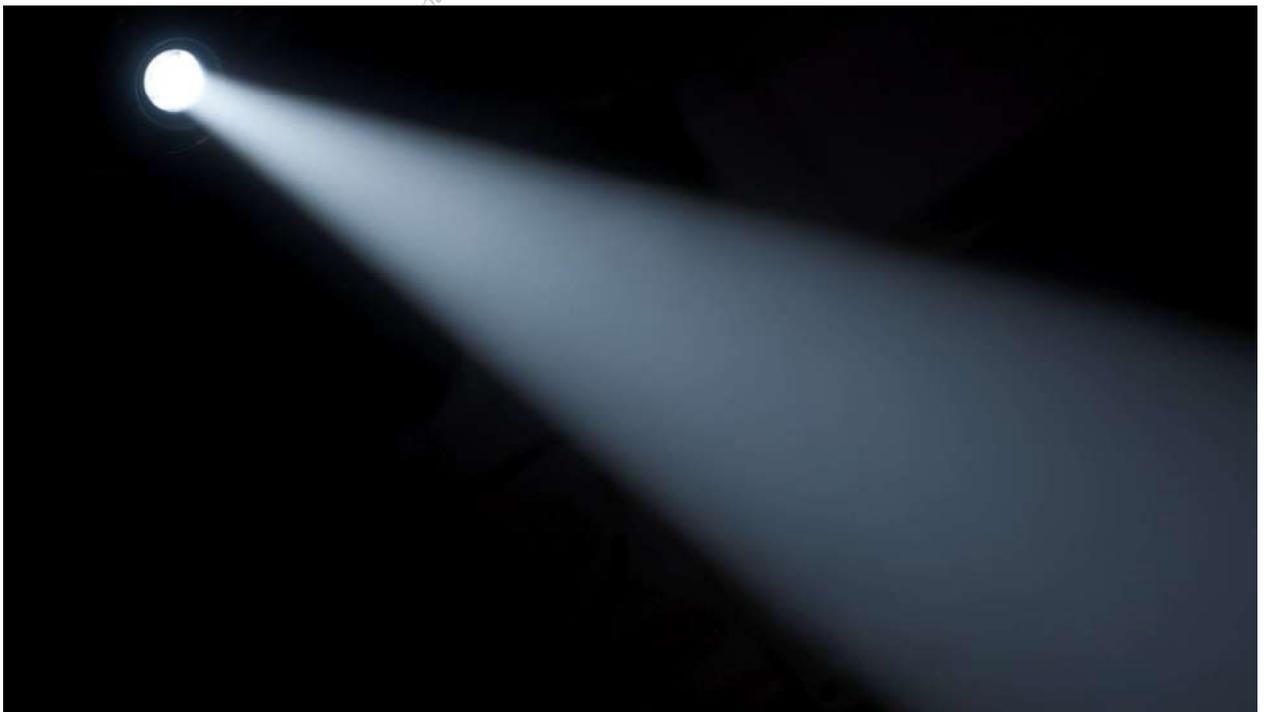


Рисунок 3 – Пример для **Световой пучок**: прожектора



Световой луч – пучок-линия. (рис.4)



Рисунок 4 – Пример для **Световой луч**: прямолинейный пучок

Среда – пространство с веществом. (рис.5)



Рисунок 5 – Пример для **Среда**: вода

Прозрачная среда – среда, пропускающая свет. (рис.6)



Рисунок 6 – Пример для **Прозрачная среда**: твердое стекло прозрачно

Однородная среда – среда, где **везде одинаковые свойства**. (рис.7)

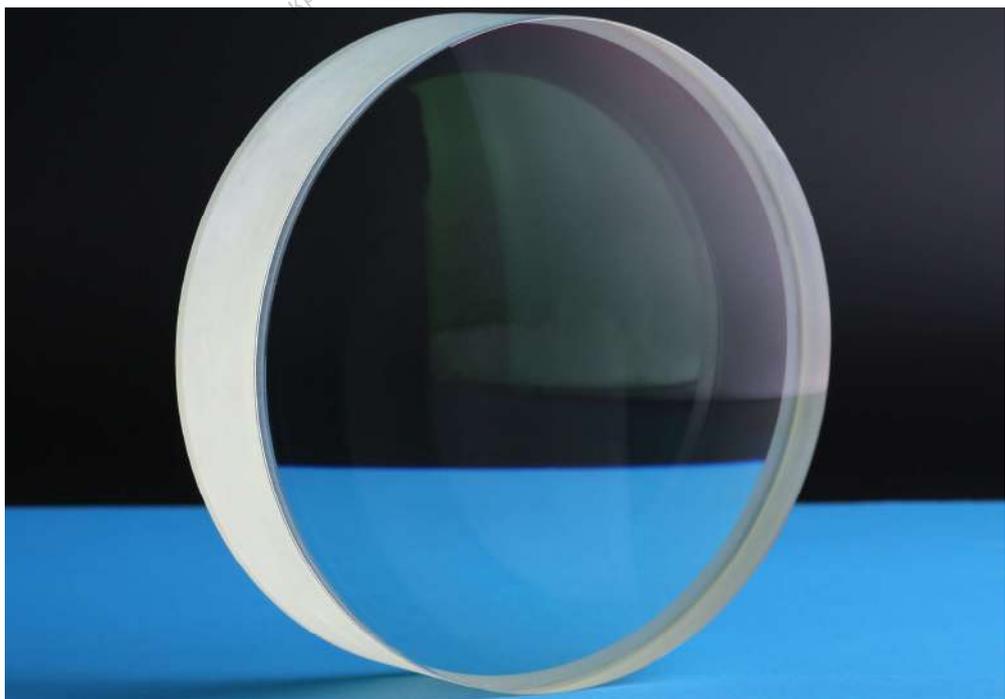


Рисунок 7 – Пример для **Однородная среда**: стеклянное сплошное тело

Прямолинейное распространение луча в прозрачной однородной среде:

(рис.8)

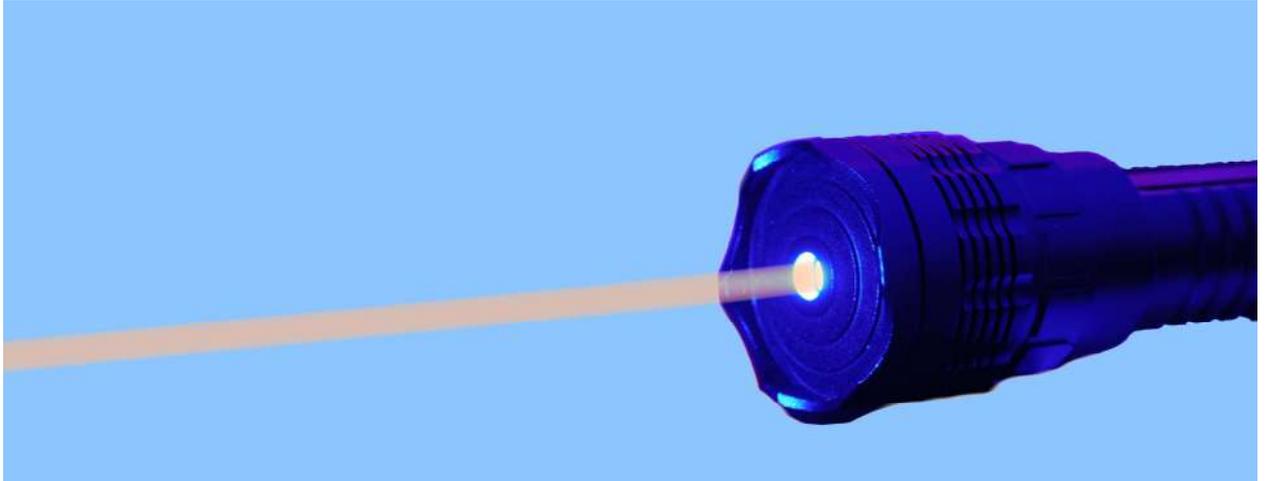


Рисунок 8 – Пример для **Прямолинейное распространение луча**: прямо в однородной прозрачной воде

Источник света – тело, испускающее световые лучи. (рис.9)



Рисунок 9 – Пример для **Источник света**: лампа

Внимание. Испускать свет = Испускать световые лучи.

Тень – поверхность, на которую свет не доходит. (рис.10)

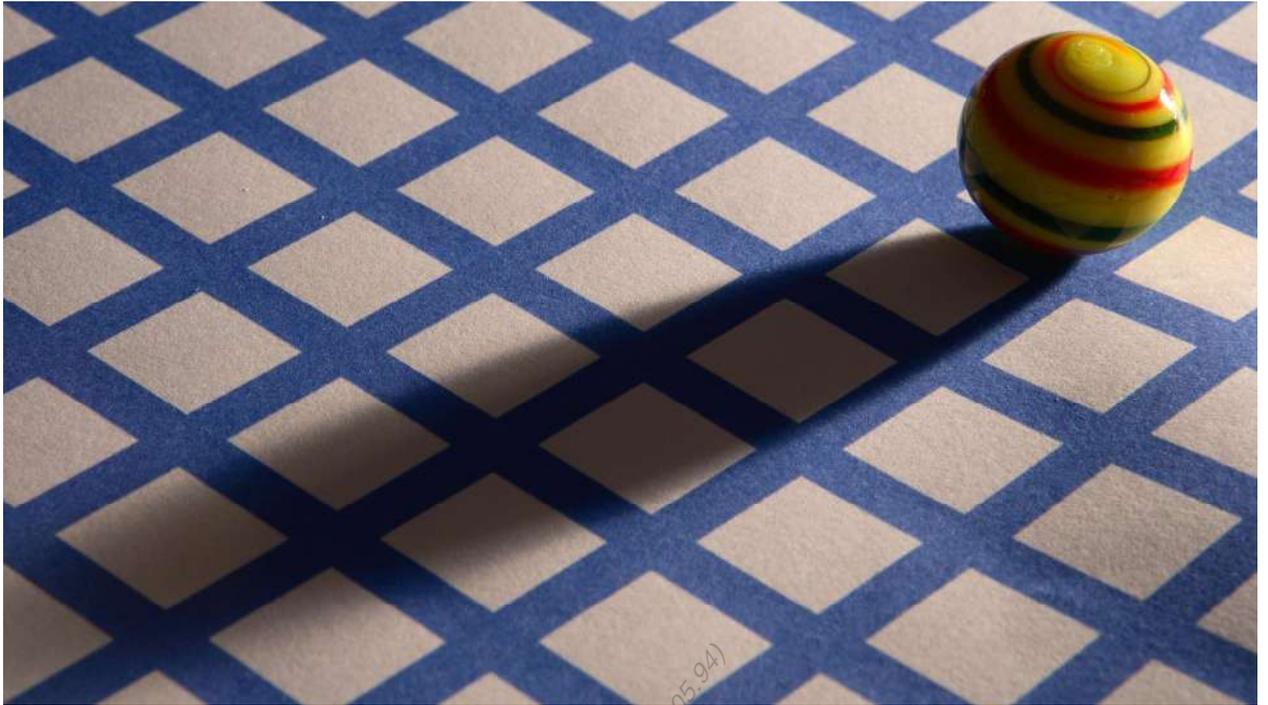


Рисунок 10 – Пример для **Тень**: пятно на столе

Полутень – поверхность, на которую свет доходит не от всех источников. (рис.11)

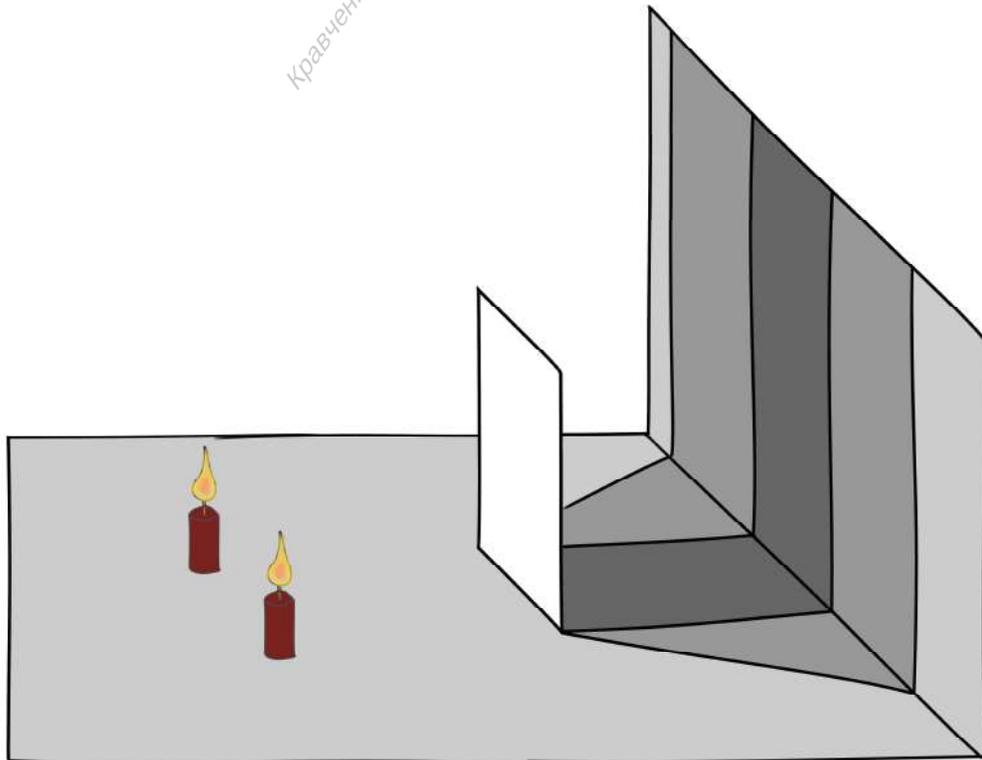


Рисунок 11 – Пример для **Полутень**:  тень .  полутень .

Отражение света – изменение направления распространения луча при на границе двух сред, где луч **возвращается в начальную среду**. (рис.12)

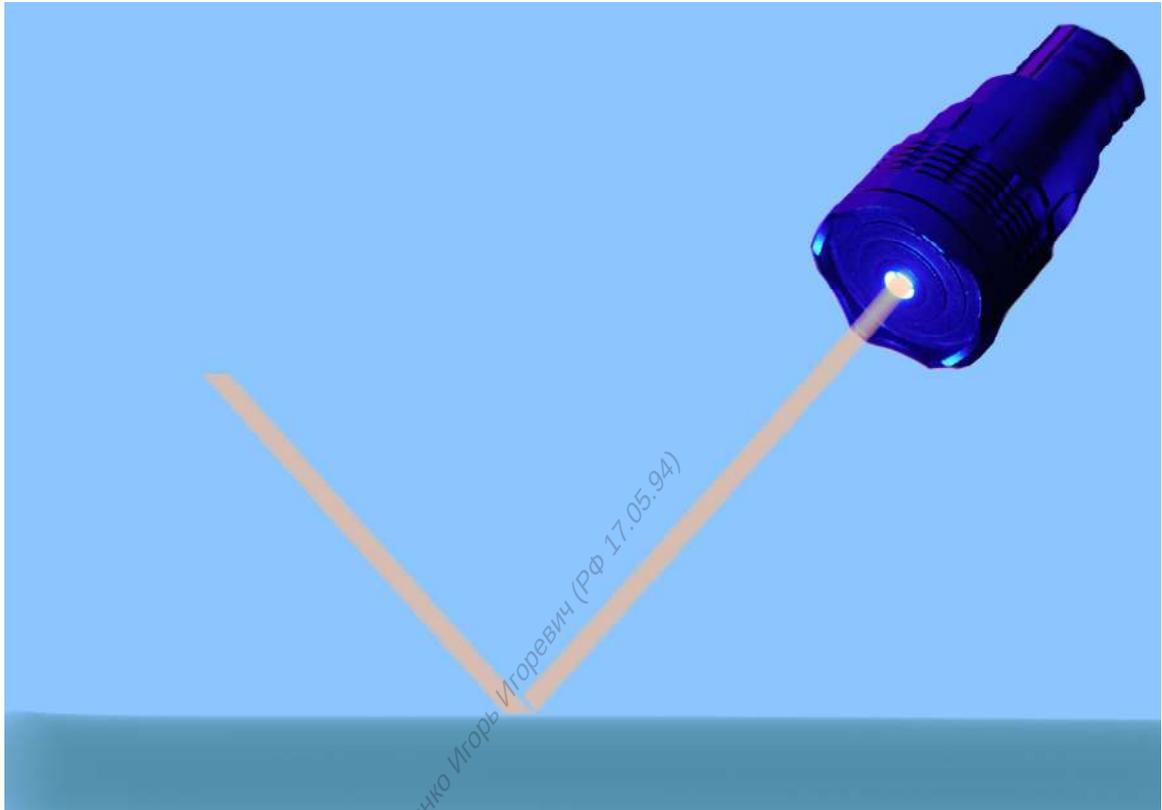


Рисунок 12 – Пример для **Отражение света**: от непрозрачной среды

Закон отражения света: (рис.13, 14)

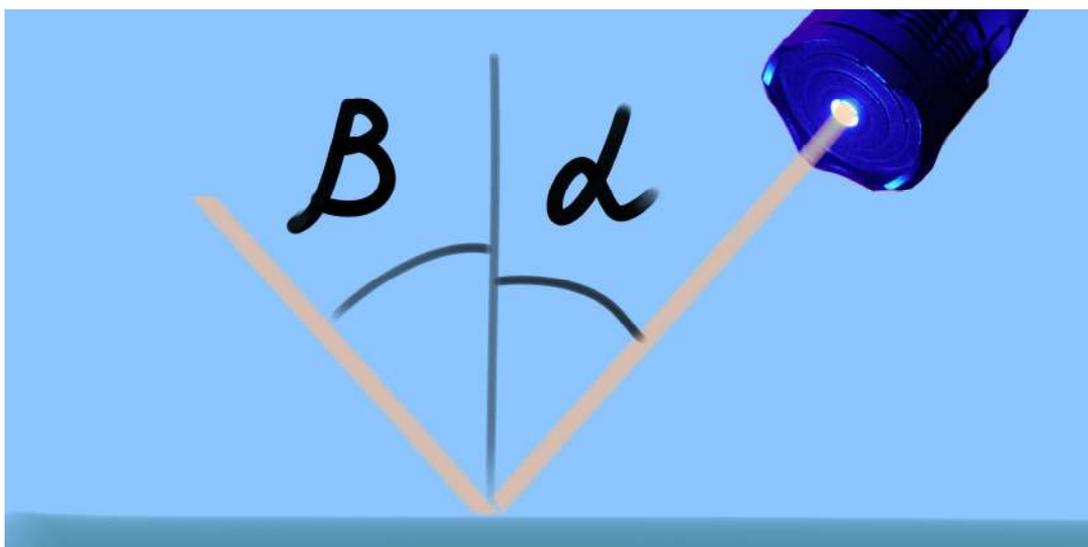


Рисунок 13 – Пример для **Закон отражения света**: \angle падения = \angle отражения



Внимание. Отражающая поверхность = граница двух сред.

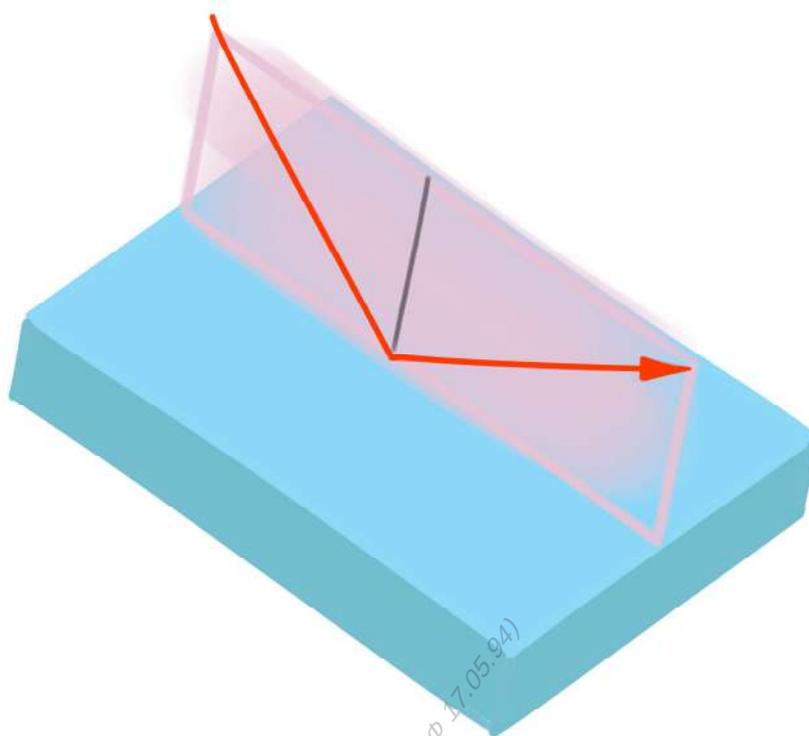


Рисунок 14 – Пример для **Закон отражения света**: **лучи** и перпендикуляр к отражающей поверхности лежат **в одной плоскости**

Зеркальная отражающая поверхность – поверхность, где параллельные лучи сохраняют параллельность после отражения. (рис.15)

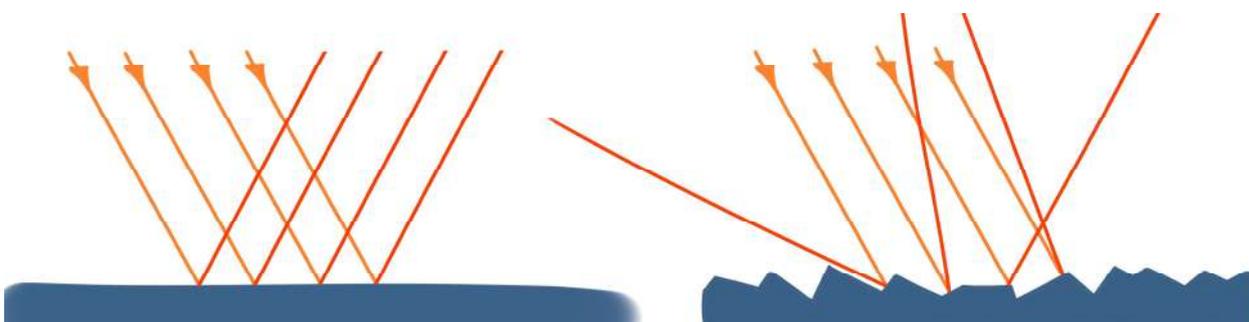


Рисунок 15 – Пример для **Зеркальная отражающая поверхность**: слева лучи сохраняют параллельность.





Предмет – видимое реальное тело. (рис.16)



Рисунок 16 – Пример для **Предмет**: свеча

Изображение – иллюзия предмета. (рис.17)

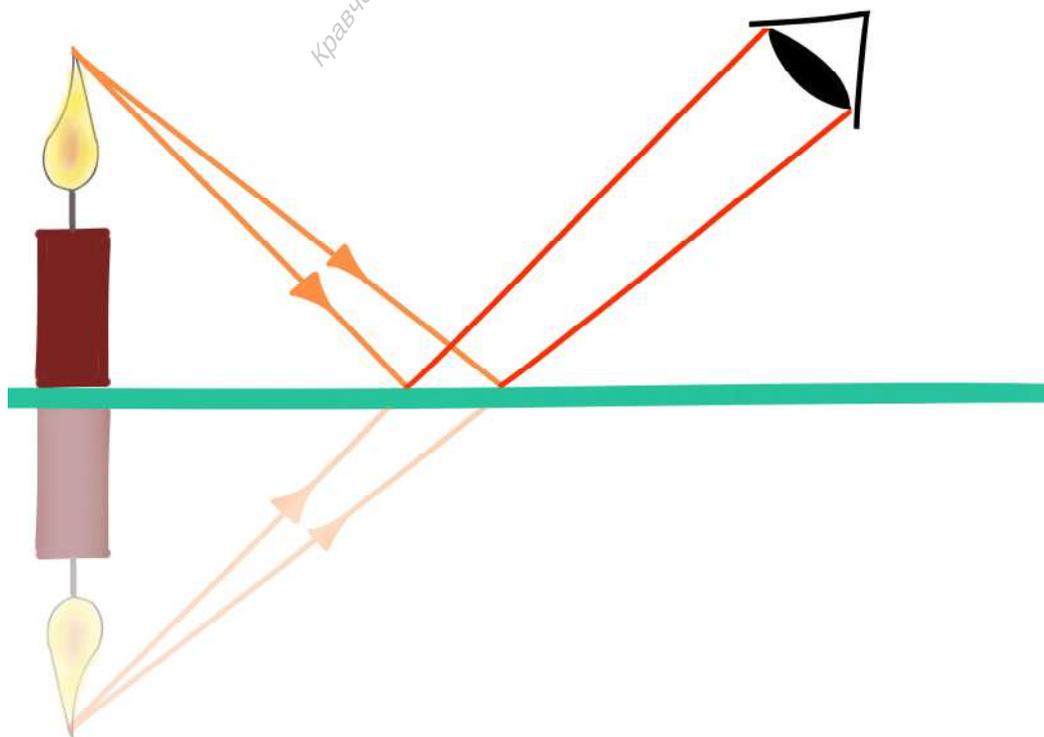


Рисунок 17 – Пример для **Изображение**: предмет и изображение





Внимание. Глаз полагает, что лучи предметов идут в глаз по прямой !!!

Построение изображения в плоском зеркале:

« Изображение предмета в плоском зеркале симметрично предмету относительно плоскости зеркала »

(рис.18, 19)



Рисунок 18 – Пример для **Построение изображения в плоском зеркале:** кажется, расстояние до горы в зеркале равно расстоянию до настоящей горы



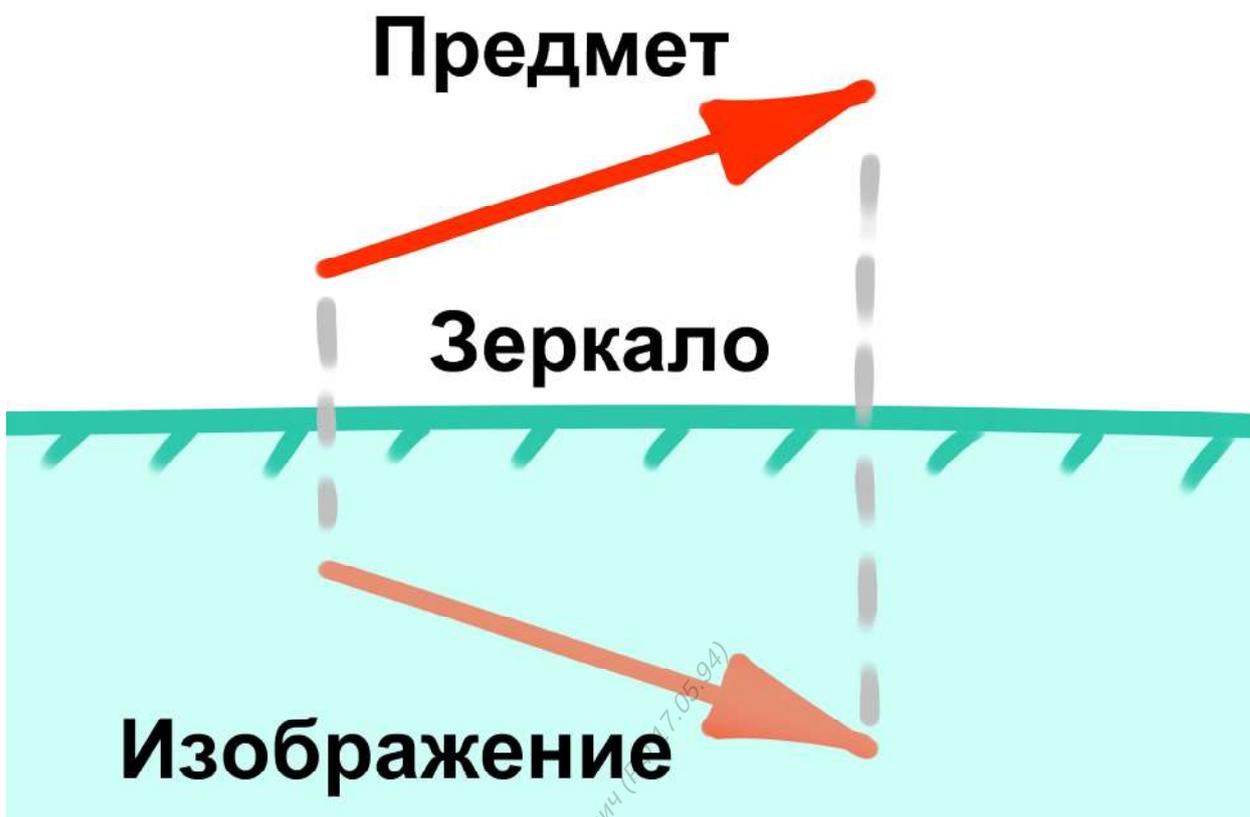


Рисунок 19 – Пример для **Построение изображения в плоском зеркале**:
любая точка предмета копируется симметрично с другой стороны зеркала

Преломление света – изменение направления распространения луча при
на границе двух сред, если луч переходит в другую среду. (рис.20)





Рисунок 20 – Пример для **Преломление света**: глаз думает, что **лучи** должны идти по **штрих-линиям** (**лучи** преломились)

Внимание. Преломление происходит при **наклонном падении** на границу двух сред. (рис.21)

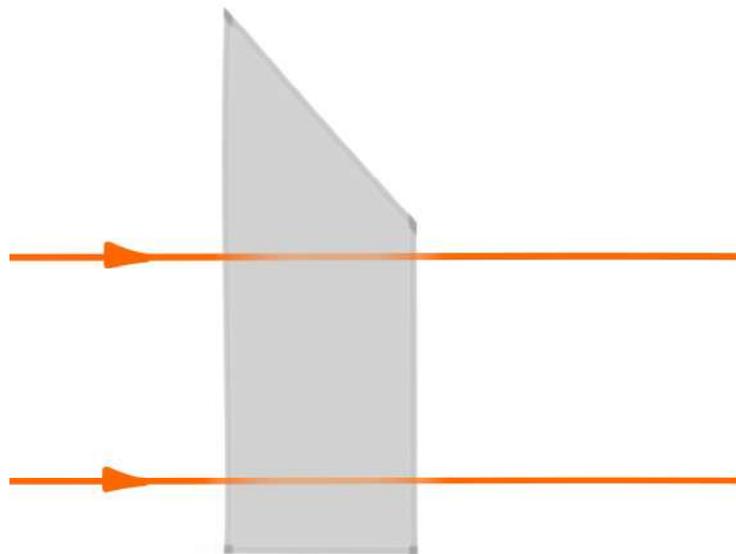


Рисунок 21 – Пример для **Преломление происходит при наклонном падении**: падение **ненаклонное**, поэтому **преломления нет**





Показатель преломления (n [..]) – характеристика среды, показывающая как среда мешает прохождению света. (рис.22)

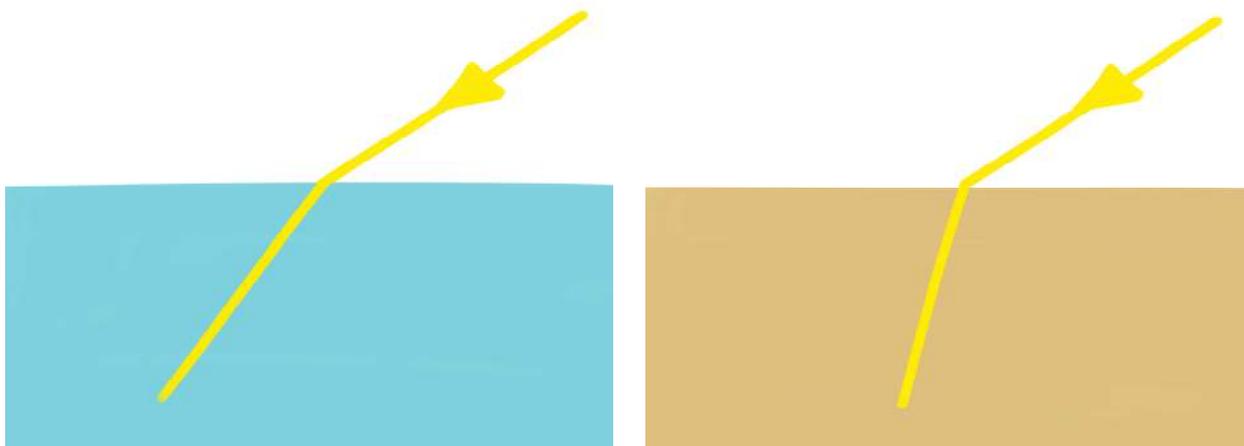


Рисунок 22 – Пример для **Показатель преломления**:

\uparrow преломление луча $\Rightarrow \uparrow$ показатель преломления

Закон преломления света: (рис.23, 24)

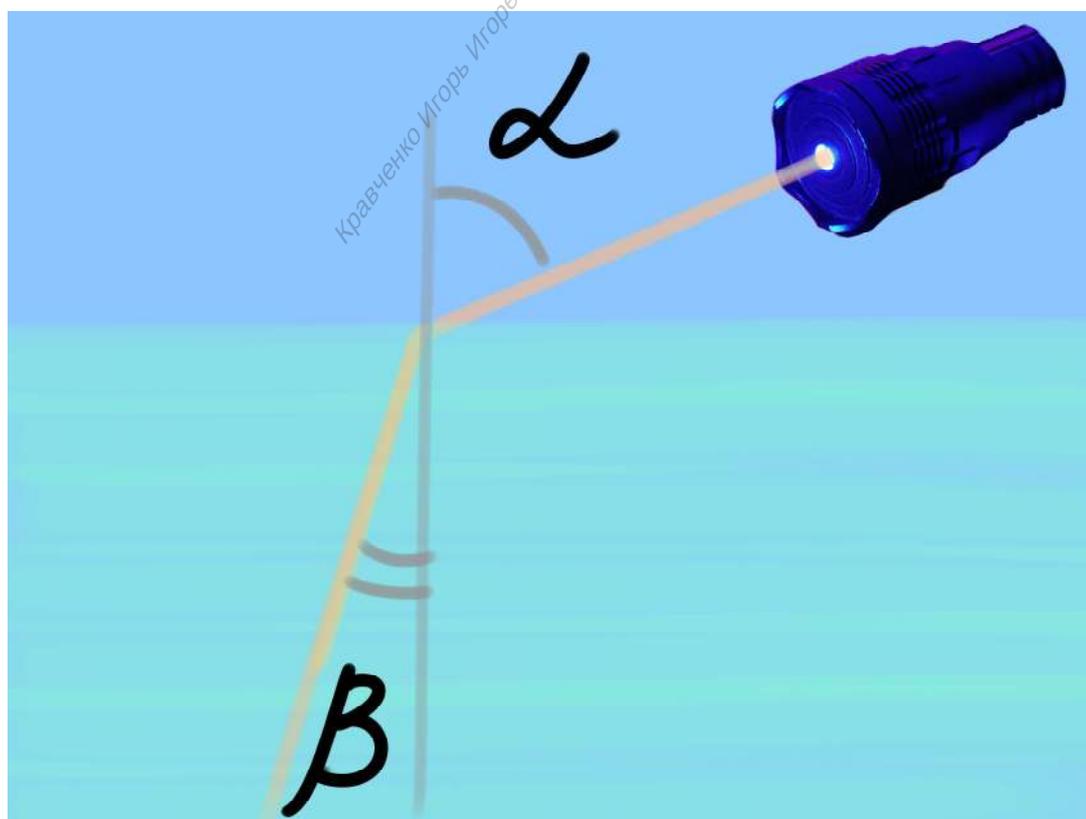


Рисунок 23 – Пример для **Закон преломления света**:

$\uparrow \angle \beta \Rightarrow \downarrow$ показатель преломления





Внимание. Преломляющая поверхность = граница двух сред.

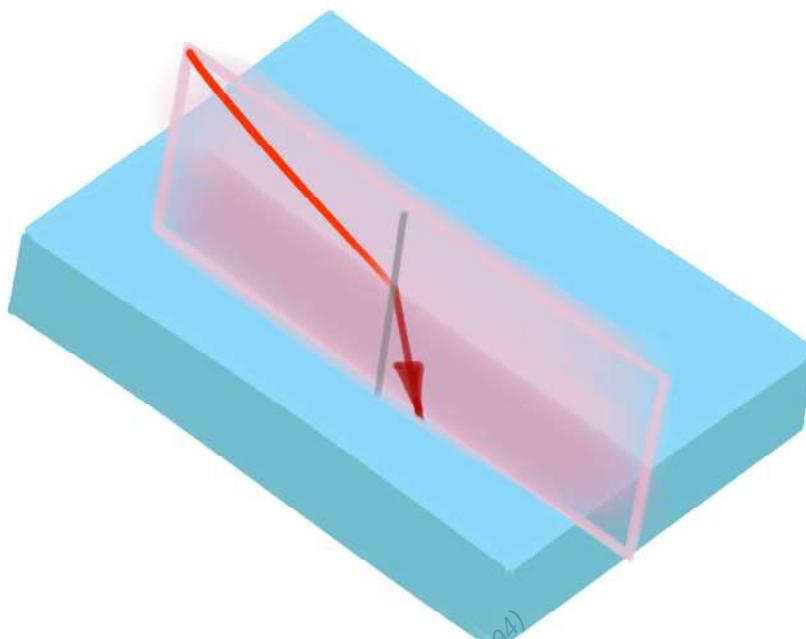


Рисунок 24 – Пример для **Закон преломления света: лучи и перпендикуляр к преломляющей поверхности лежат в одной плоскости**

Ход лучей в призме: (рис.25)

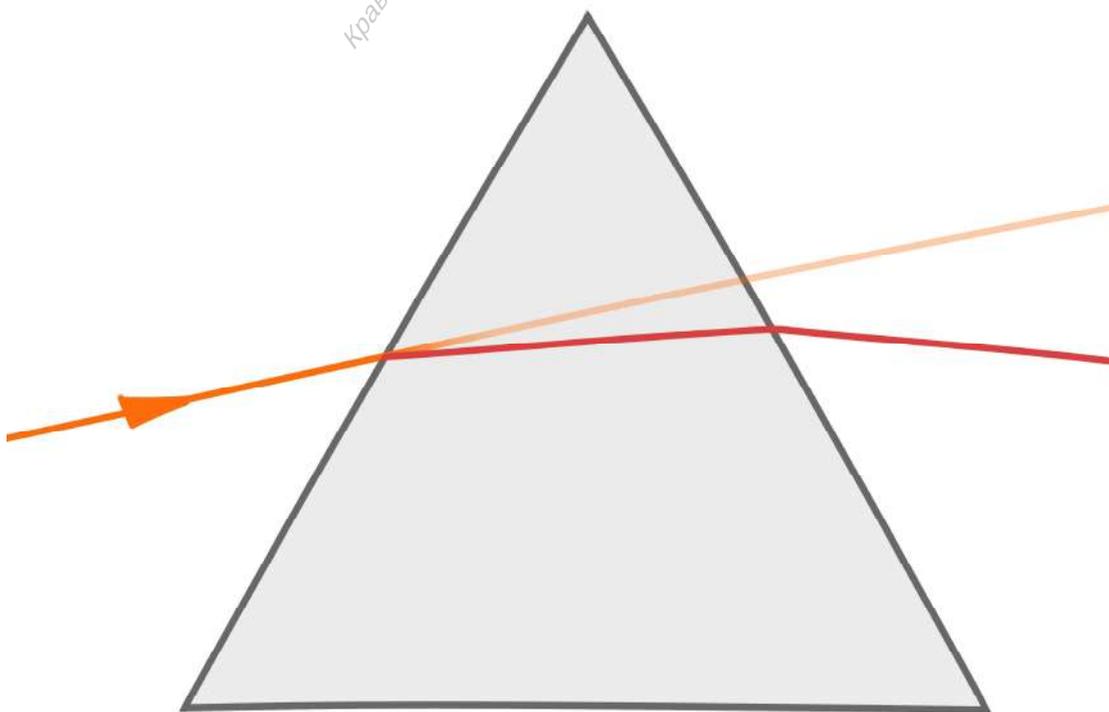


Рисунок 25 – Пример для **Ход лучей в призме: луч преломляется дважды**



Монохроматический свет – свет эл.магн. волны одной частоты. (рис.26)



Рисунок 26 – Пример для **Монохроматический свет: один цвет**

Внимание. Белый свет – смесь светов разных цветов. (рис.27)

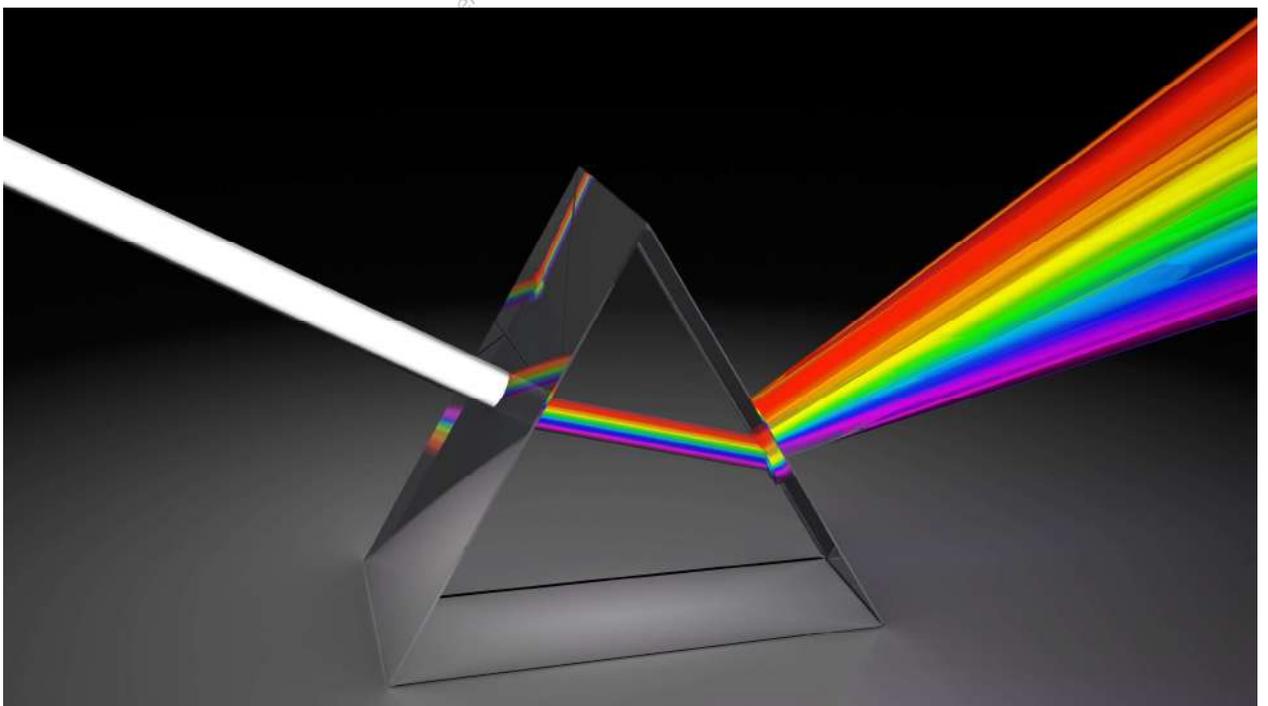


Рисунок 27 – Пример для **Белый свет: разделяется на цветные пучки**



Полное внутреннее отражение – отражение света на границе двух прозрачных сред, где луч полностью возвращается в начальную среду с бóльшим показателем преломления. (рис.28)

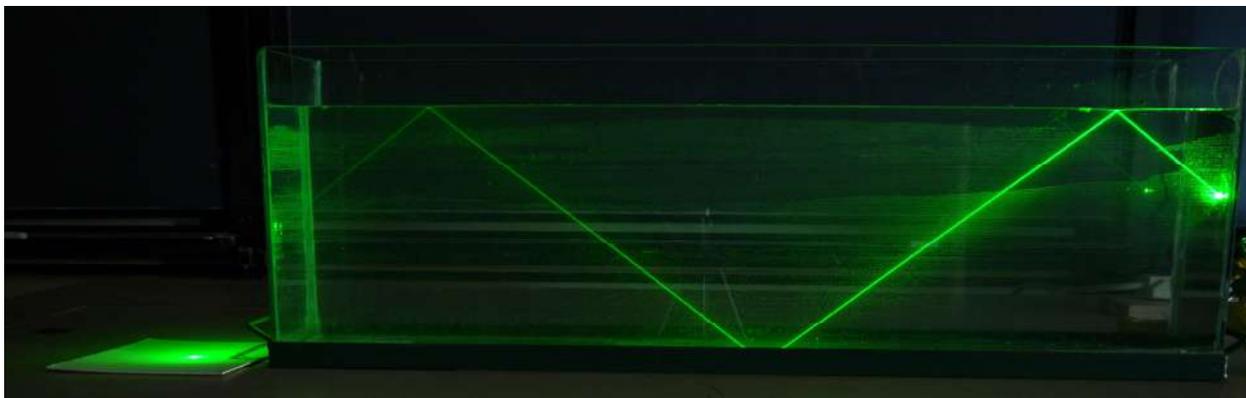


Рисунок 28 – Пример для **Полное внутреннее отражение**: не проходит вверх

Предельный угол полного внутреннего отражения ($\alpha_{\text{пр}} [^\circ]$) – минимальный угол падения, при котором возможно полное внутреннее отражение. (рис.29)

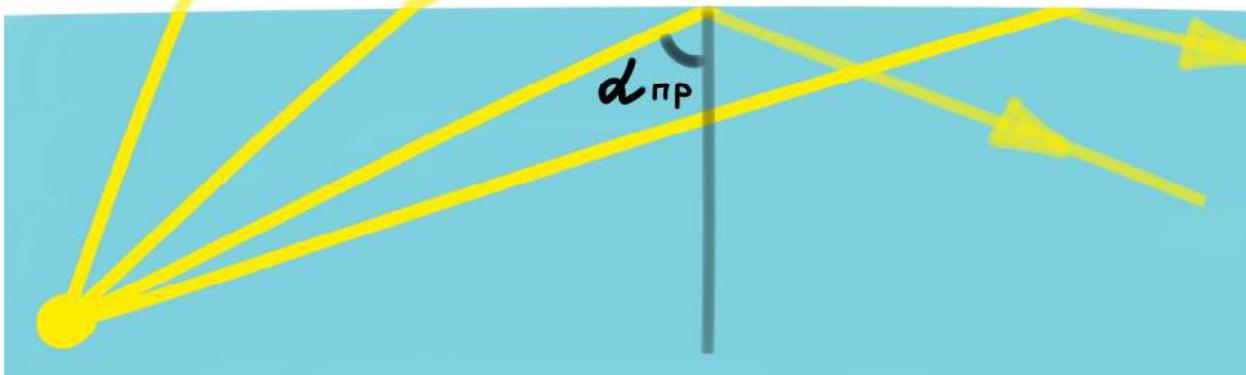


Рисунок 29 – Пример для **Предельный угол полного внутреннего отражения**: луч полностью остается в исходной среде



Параллельный пучок – нерасходящийся свет. (рис.30)



Рисунок 30 – Пример для **Параллельный пучок**: параллельные лучи Ξ

Линза – прозрачное однородное тело, ограниченное с двух сторон двумя сферическими поверхностями. (рис.31)



Рисунок 31 – Пример для **Линза**: в лупах, фотоаппаратах, очках и т.д.



Виды линз:

1. Собирающая: (рис.32)

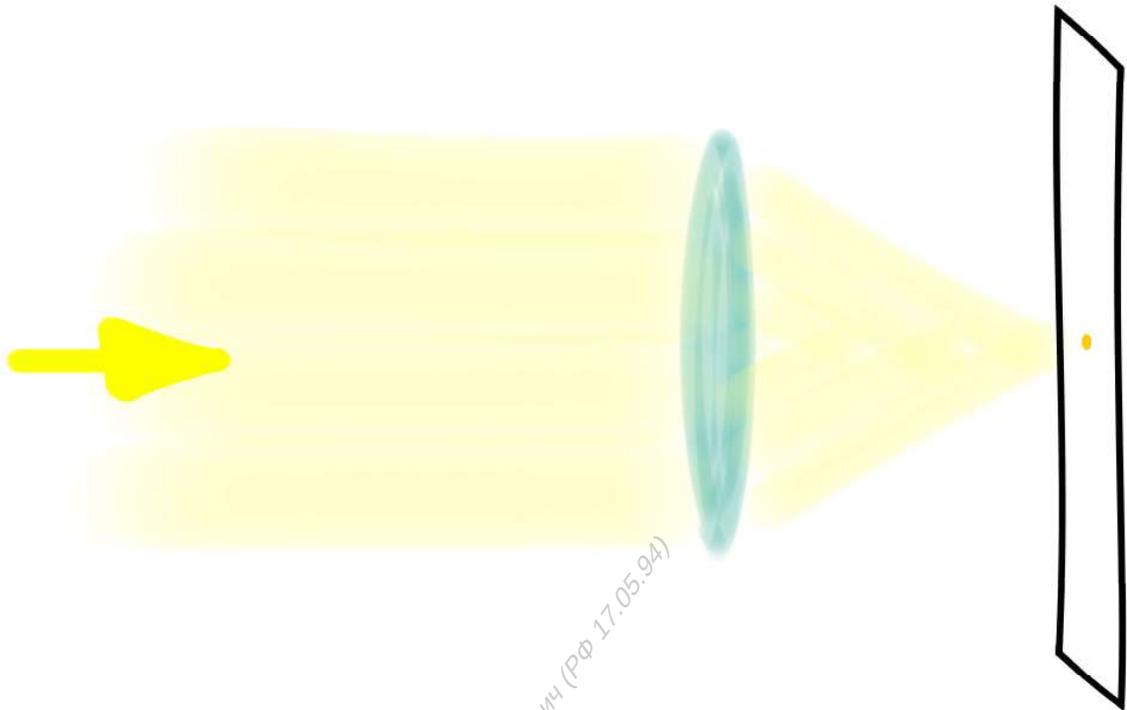


Рисунок 32 – Пример для **Собирающая: параллельный пучок γ в точку**

2. Рассеивающая: (рис.33)

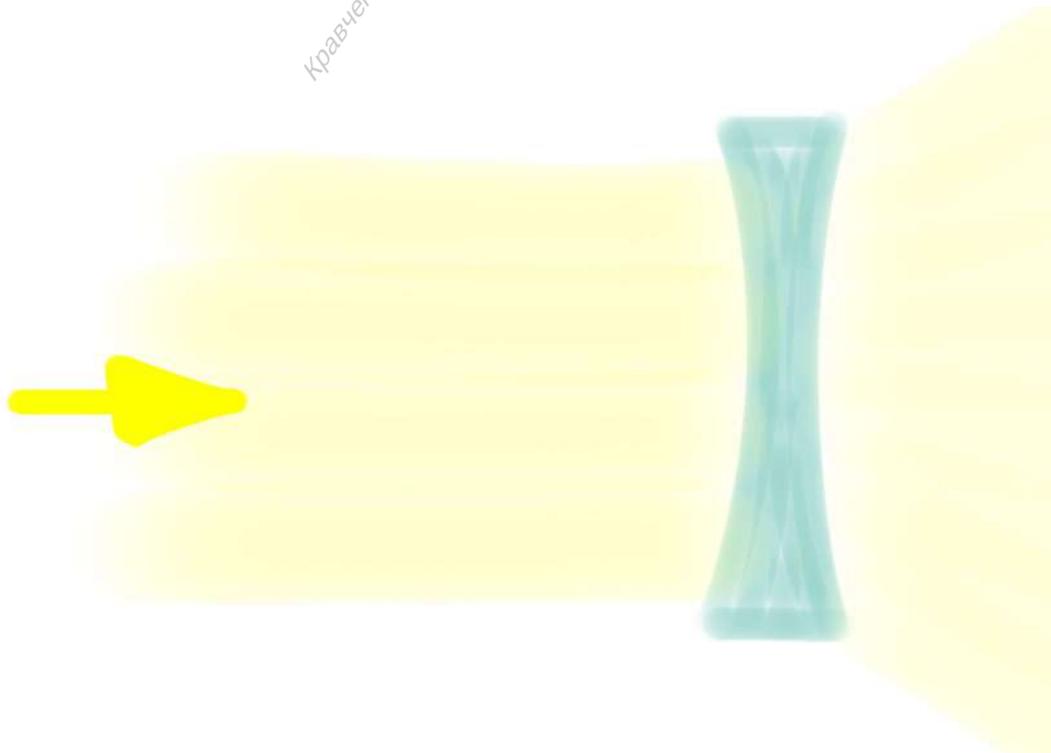


Рисунок 33 – Пример для **Рассеивающая: параллельный пучок расходится**



Тонкая линза – линза с толщиной много меньше радиусов кривизны её сферических границ и расстояния от линзы до предмета. (рис.34, 35)



Рисунок 34 – Пример для **Тонкая линза: узкая линза далеко**

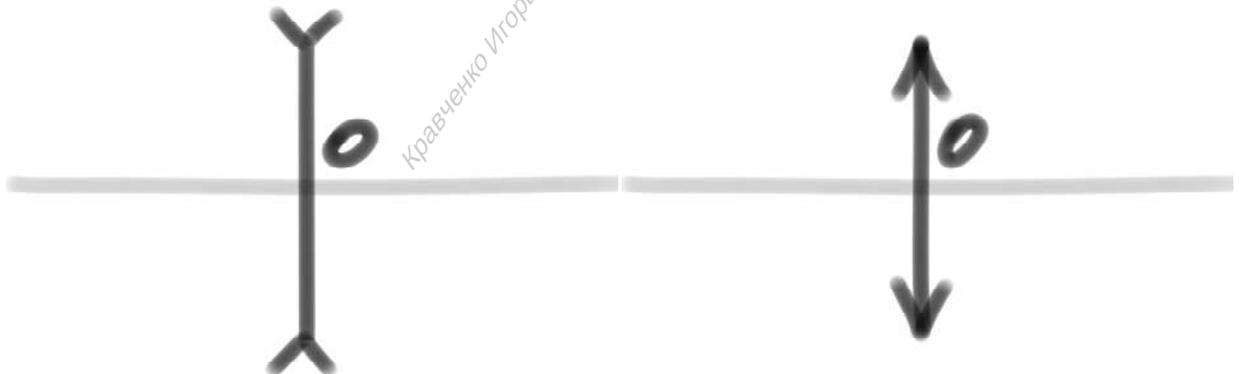


Рисунок 35 – Пример для **Тонкая линза: слева рассеивающая, справа собирающая** (на чертежах)

Главная оптическая ось (ГОО) – перпендикулярная **прямая** через поверхности **линзы**, образующая симметричные части линзы. (рис.36)

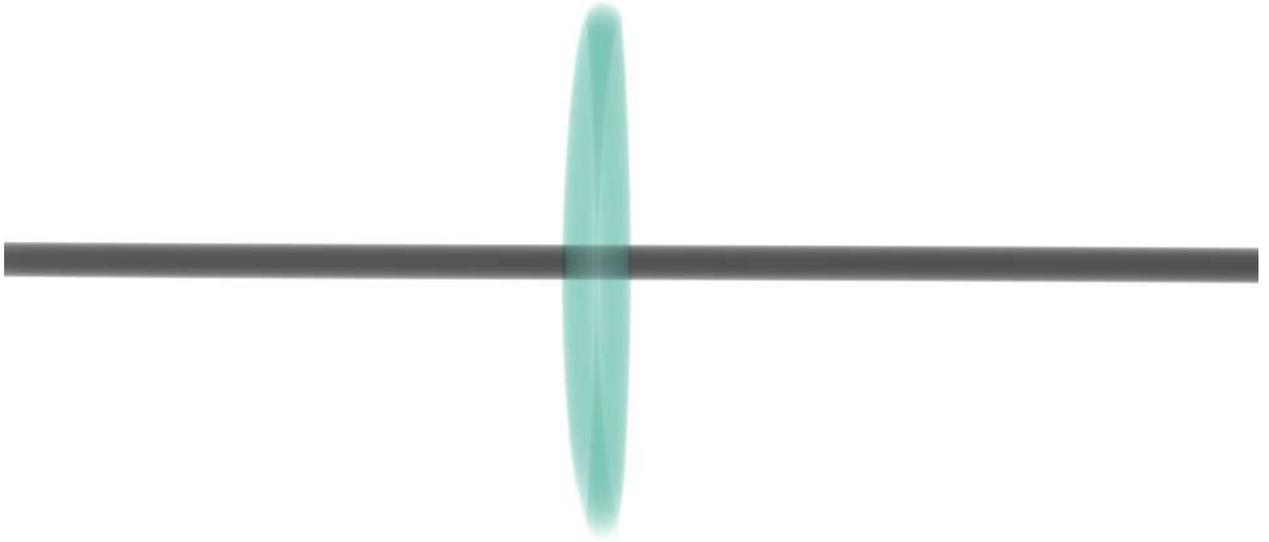


Рисунок 36 – Пример для **Главная оптическая ось**: делит ровно

Оптический центр – средняя точка между краями линзы на **главной оптической оси**. (рис.37)

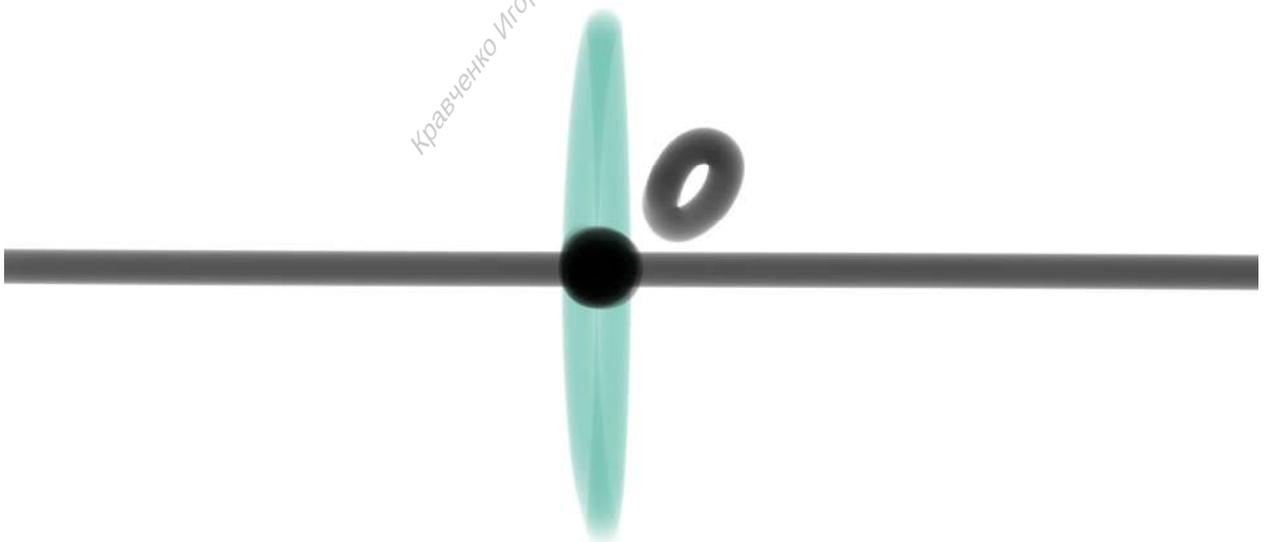


Рисунок 37 – Пример для **Оптический центр**: главная точка

Побочная оптическая ось (ПОО) – прямая через **оптический центр**, не являющаяся **главной оптической осью**. (рис.38)



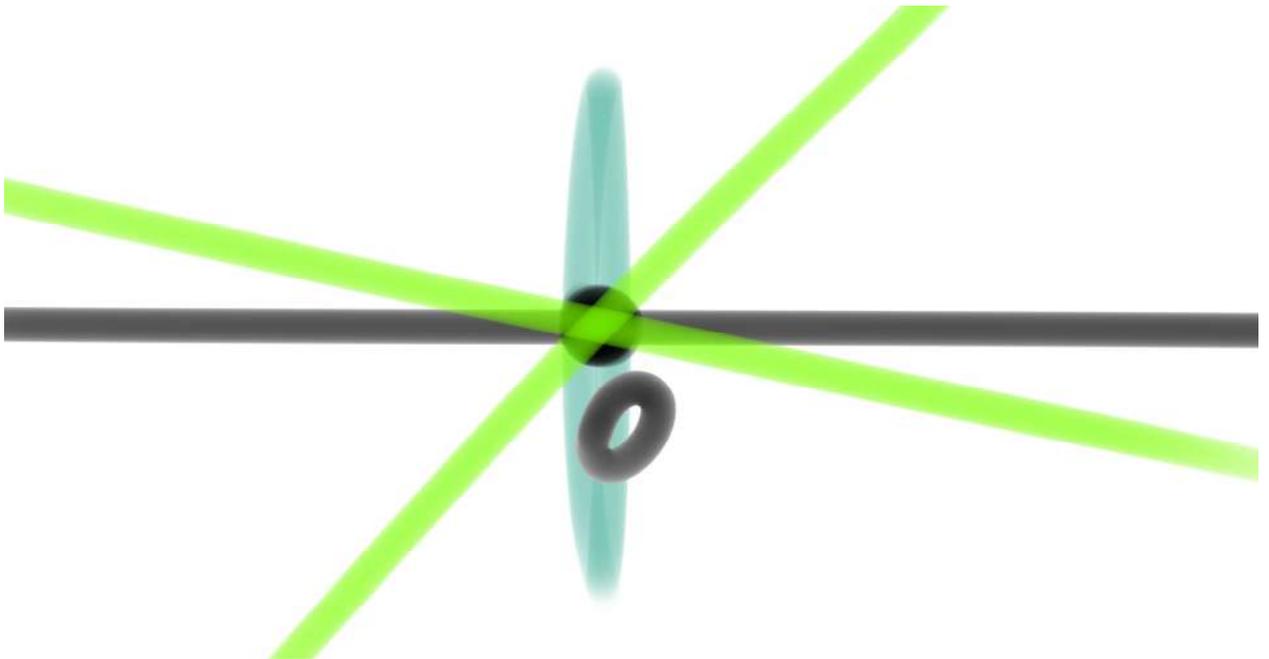


Рисунок 38 – Пример для **Побочная оптическая ось**: светло-зеленые

Фокус – точка, где **собирается параллельный пучок**, пройдя линзу.
(рис.39)

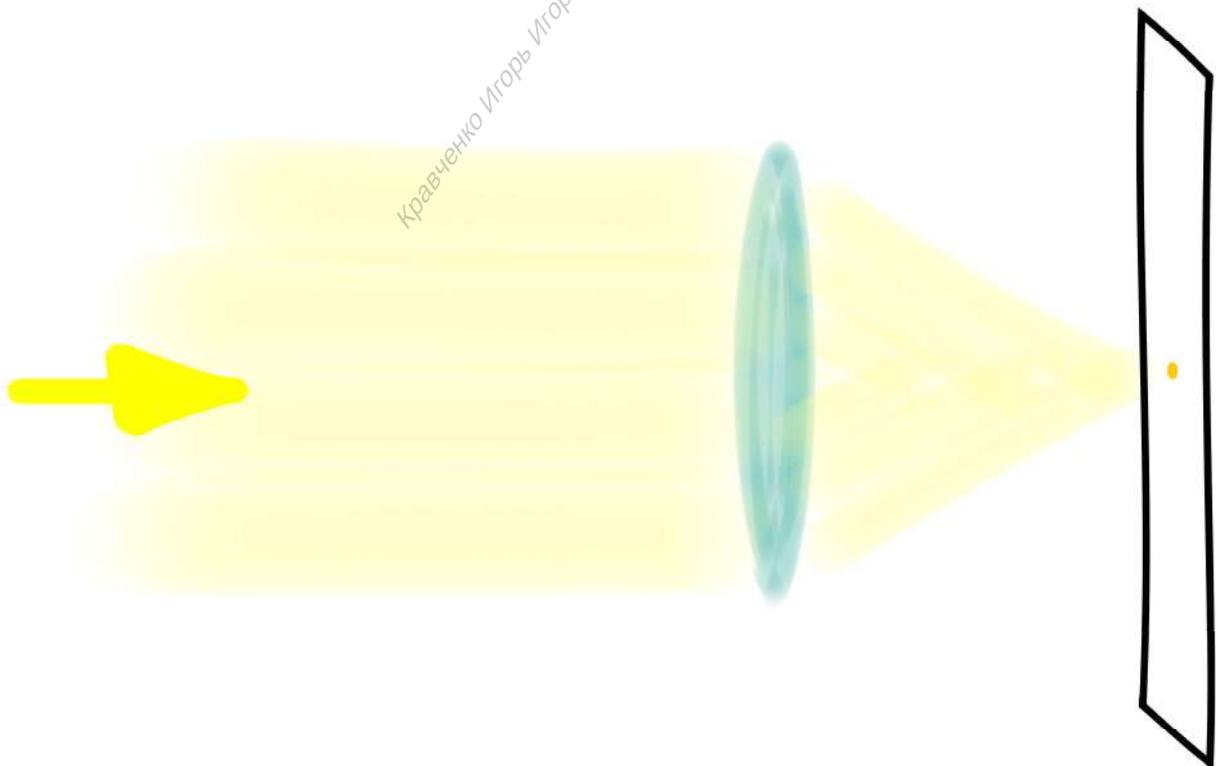


Рисунок 39 – Пример для **Фокус**: ● на белой поверхности справа



Виды Фокусов:

1. Главный: фокус на главной оптической оси. (рис.40)

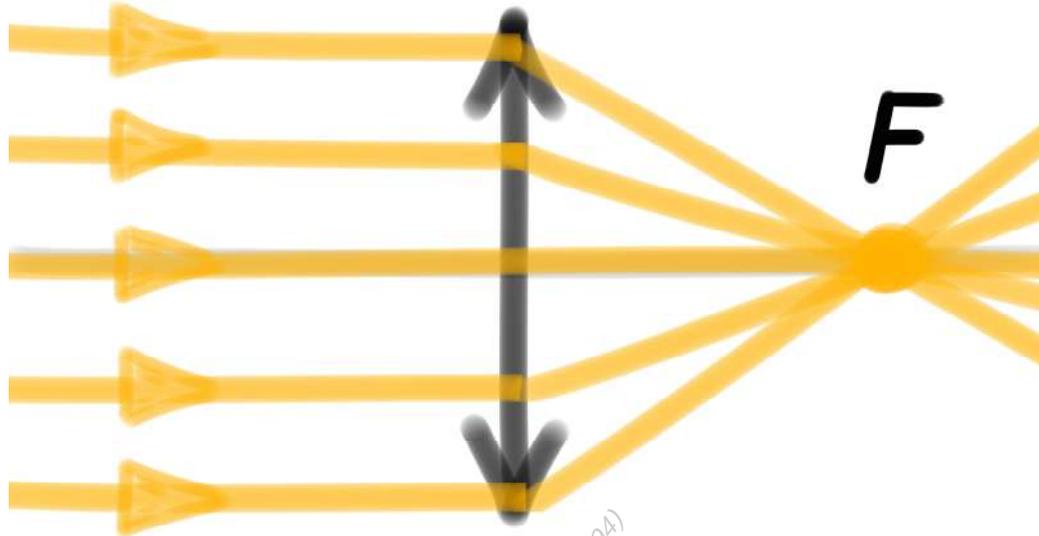


Рисунок 40 – Пример для **Главный Фокус**: параллельный пучок **врезается в линзу прямо**

2. Побочный: фокус на побочной оптической оси. (рис.41)

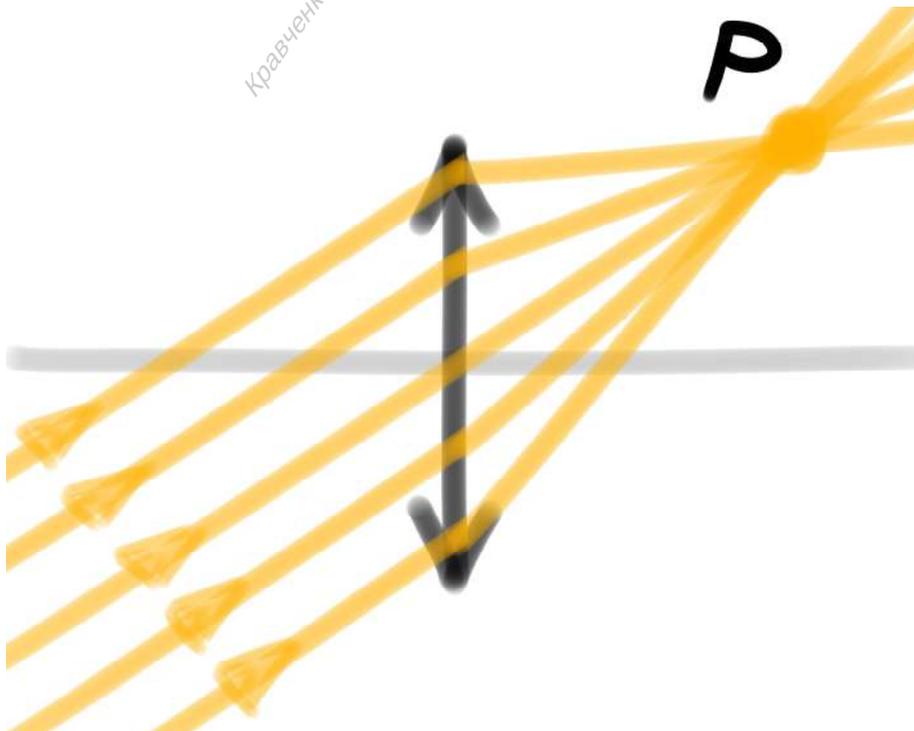


Рисунок 41 – Пример для **Побочный Фокус**: параллельный пучок **врезается в линзу под углом**



Фокусное расстояние (F [м]) – расстояние от центра линзы до главного фокуса. (рис.42, 43)

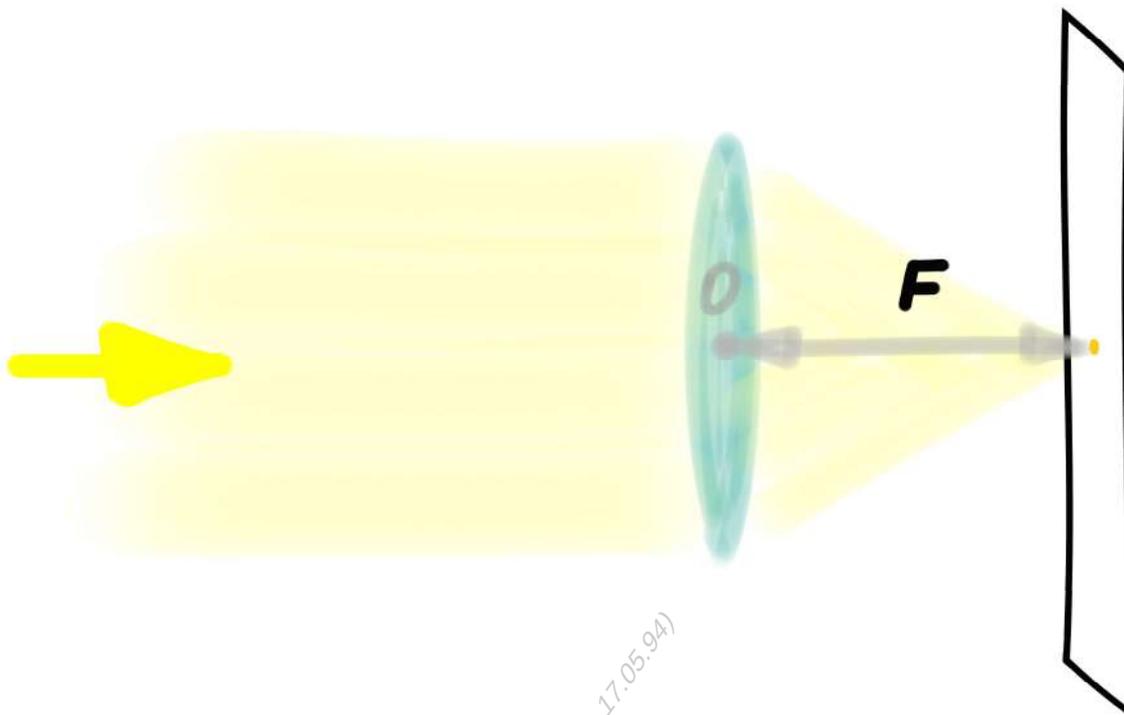


Рисунок 42 – Пример для **Фокусное расстояние: собирающей** линзы

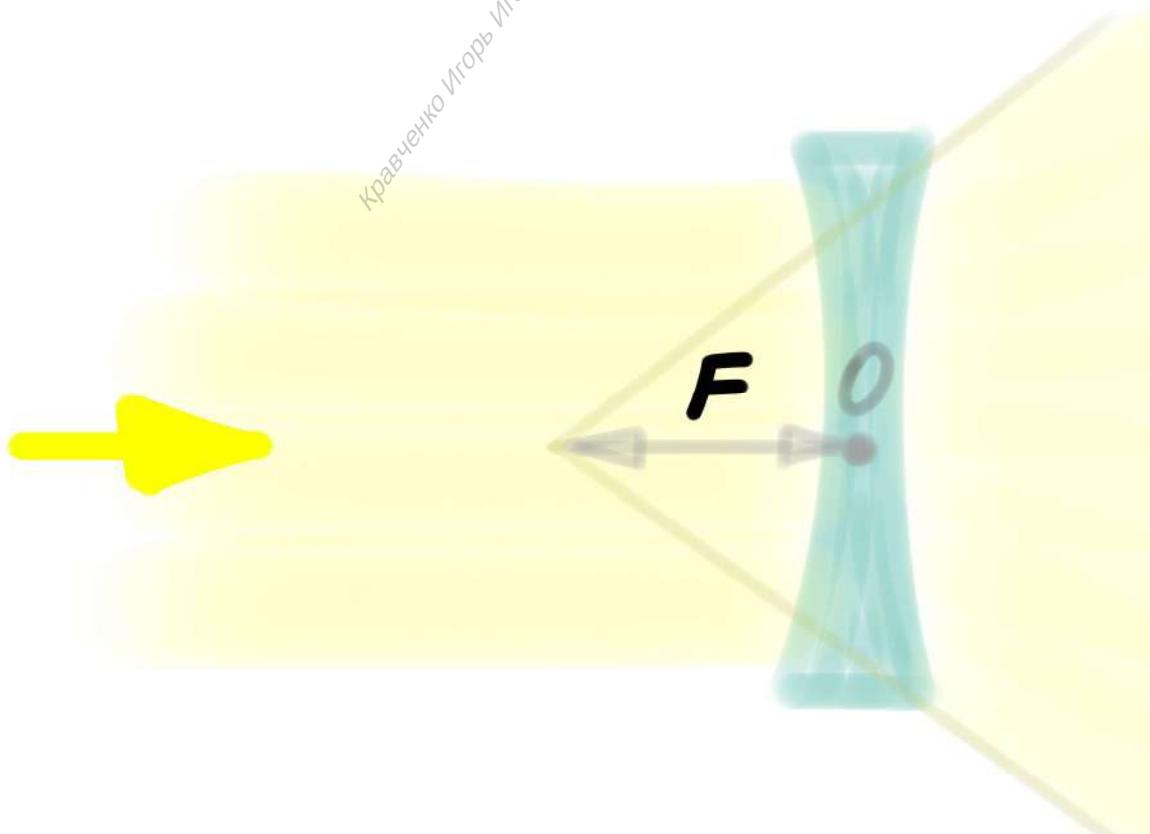


Рисунок 43 – Пример для **Фокусное расстояние: рассеивающей** линзы (пучок после прохождения линзы собирается мысленно с другой стороны)



Оптическая сила (D [дптр]) – характеристика линзы, показывающая способность линзы преломлять лучи. (рис.44)

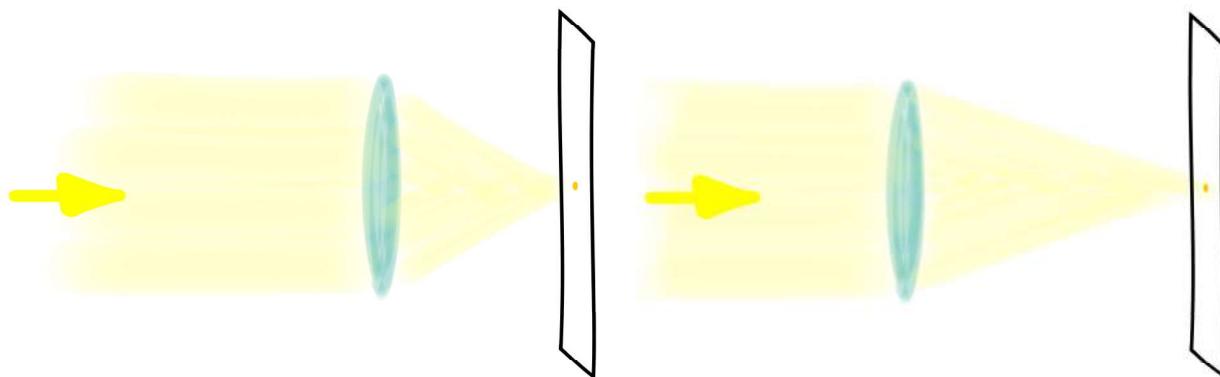


Рисунок 44 – Пример для **Оптическая сила**: где больше D ??

Фокальная плоскость – плоскость через главный фокус, перпендикулярная ГОО. (рис.45)

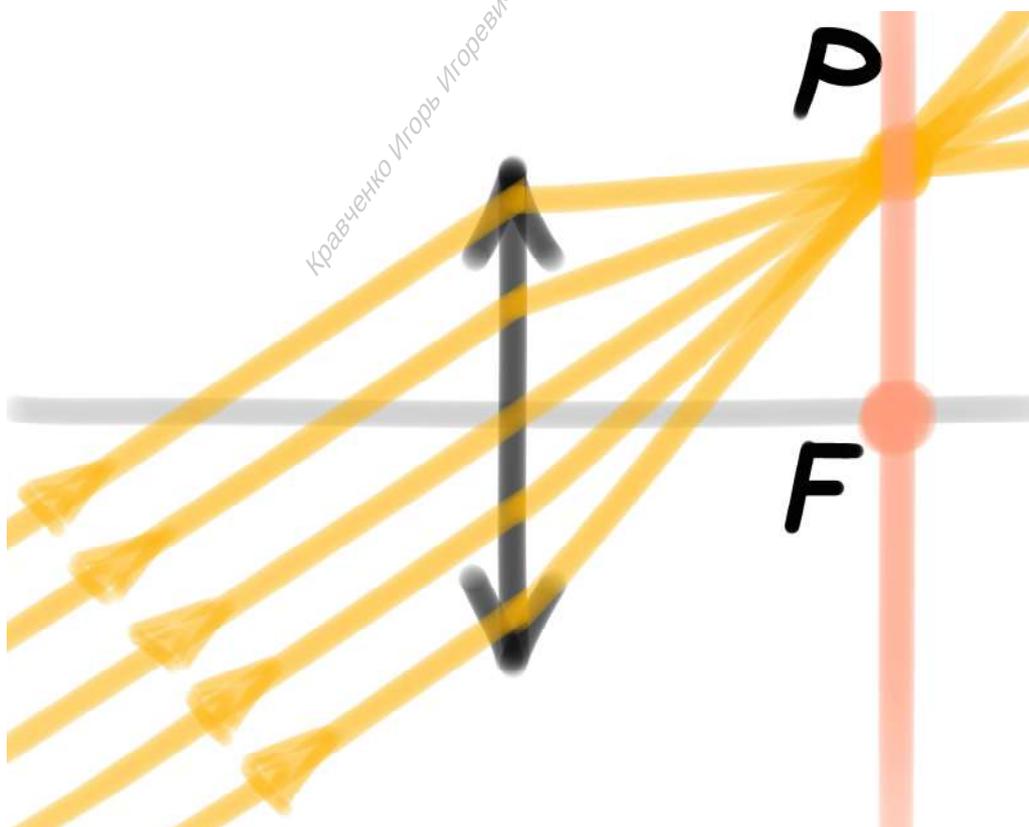


Рисунок 45 – Пример для **Фокальная плоскость**: **побочные фокусы на фокальной плоскости |**

Ход луча через линзу: (рис.46-48)

Правило №1:

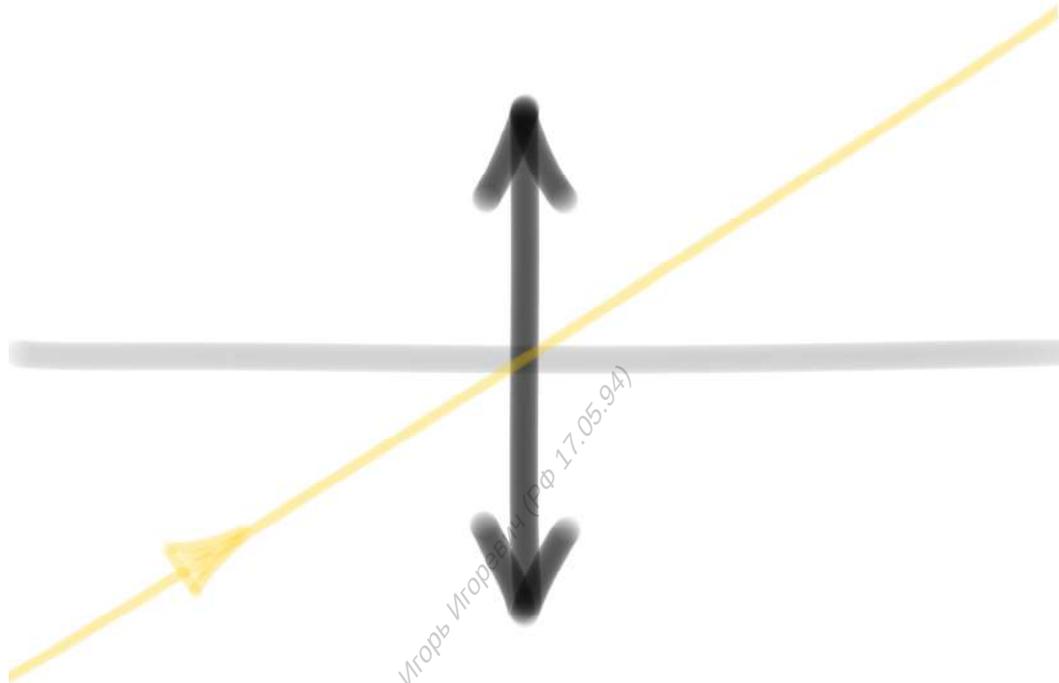


Рисунок 46 – Пример для **Ход луча через линзу:** падающий в центр **НЕ** преломляется

Правило №2:

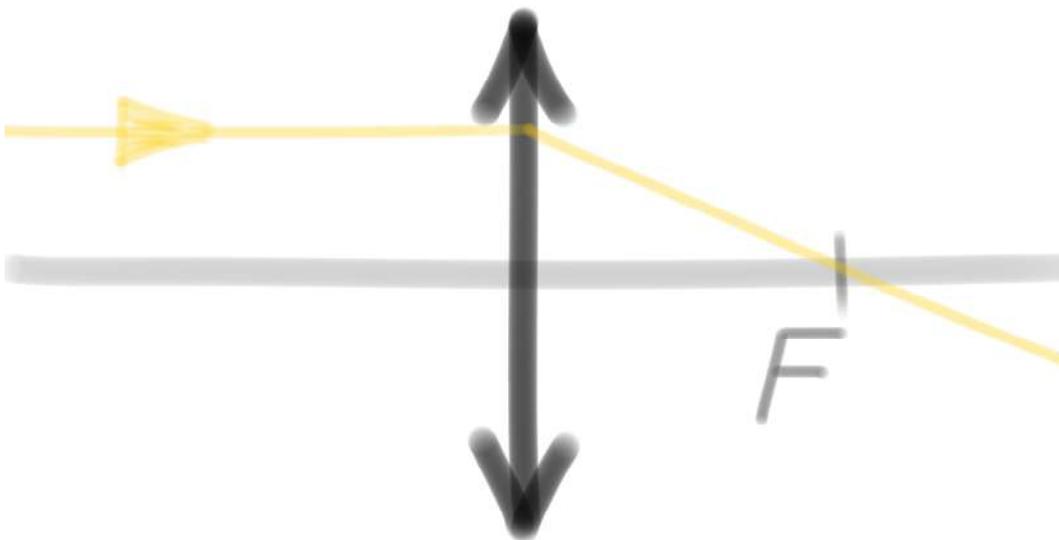


Рисунок 47 – Пример для **Ход луча через линзу:** падающий **параллельно ГОО** преломляется через **главный Фокус**



Правило №3:

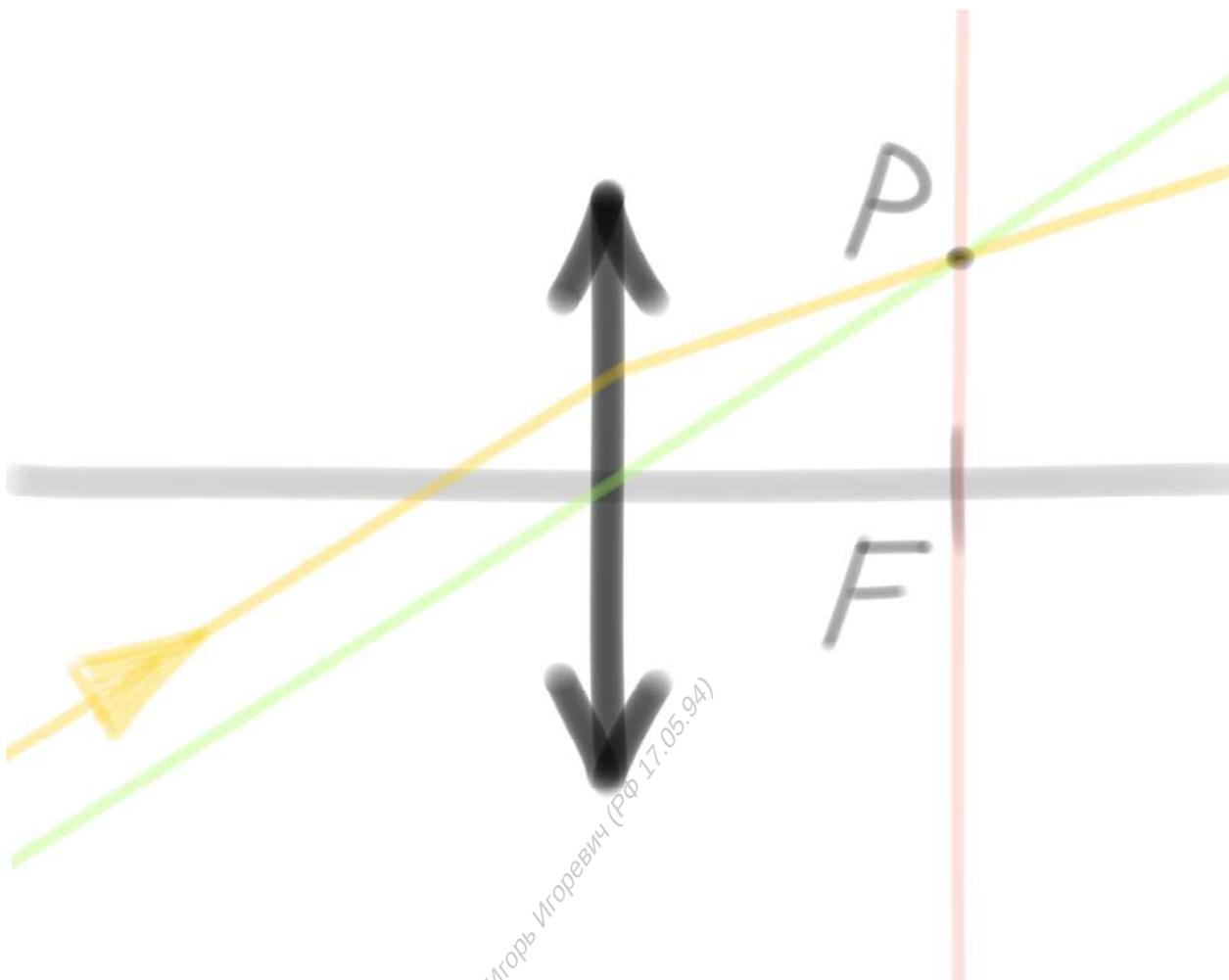


Рисунок 48 – Пример для **Ход луча через линзу**: падающий под углом к ГОО преломляется через **побочный Фокус** параллельной ПОО

Изображение-точка линзы (S') – точка пересечения преломленных линзой лучей (или их мысленных продолжений). (рис.49)

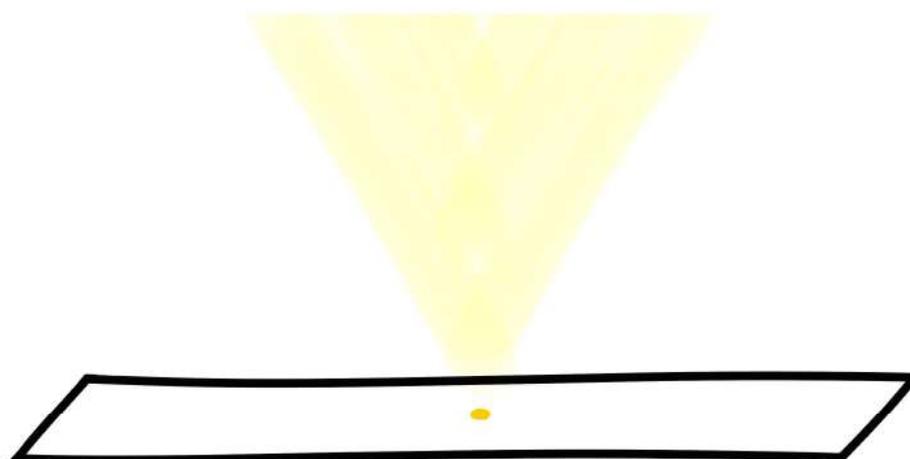


Рисунок 49 – Пример для **Изображение-точка линзы**: S' на плоскости



Виды изображений линзы:

1. Действительное: (рис.50)

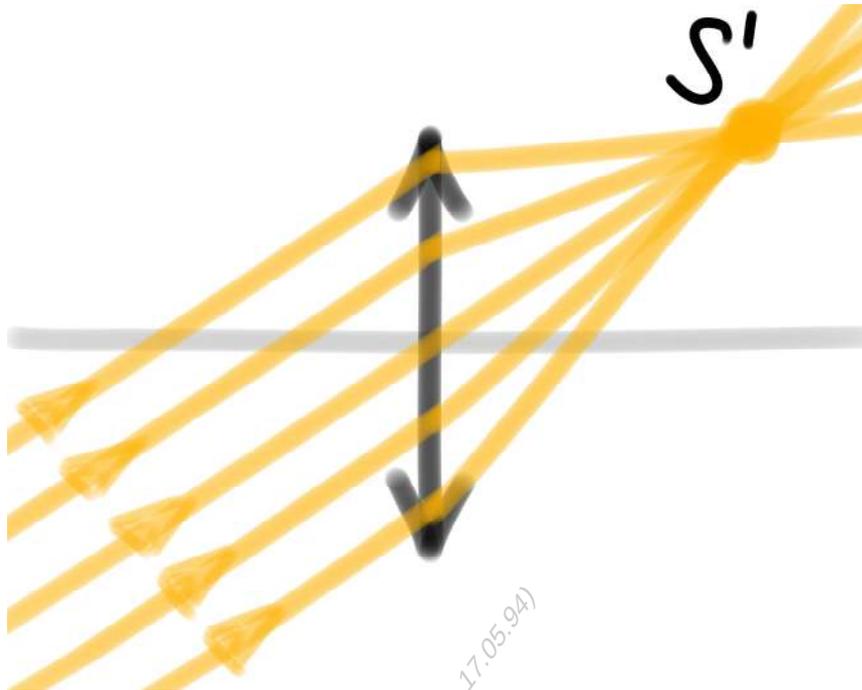


Рисунок 50 – Пример для **Изображение-точка линзы: преломленные « встречаются »**

2. Мнимое: (рис.51)

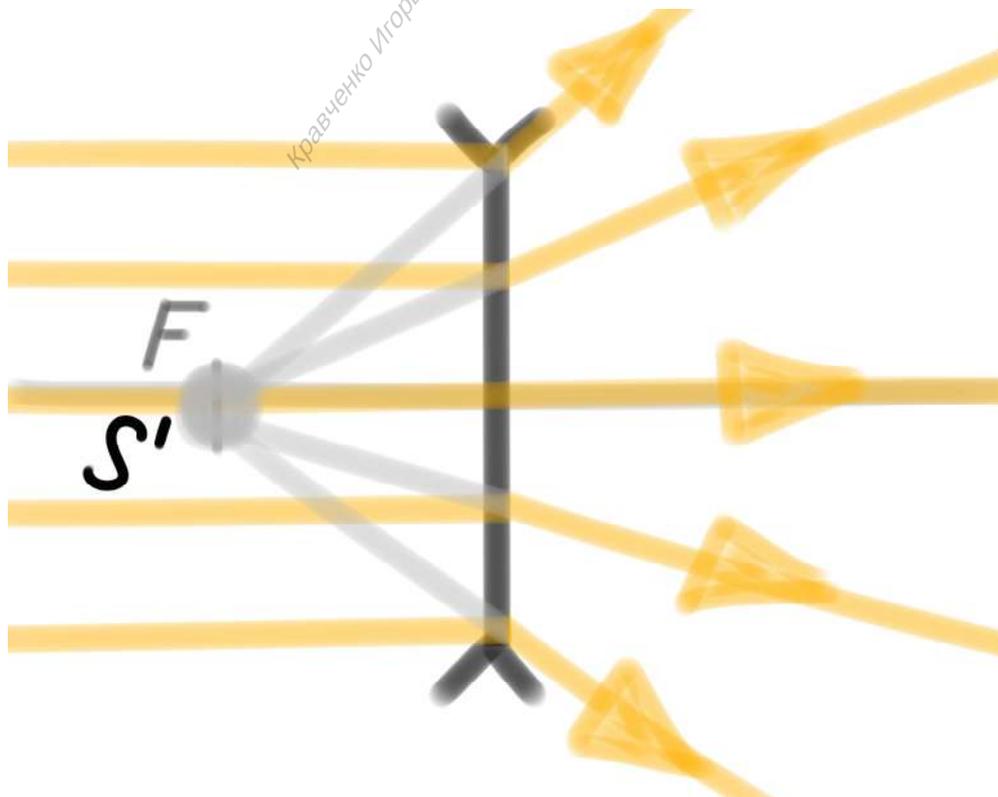


Рисунок 51 – Пример для **Изображение-точка линзы: мысленные продолжения пересекаются**



Теорема об изображении:

« от точки-предмета **ВСЕ** преломленные линзой лучи (или их мысленные продолжения), **пересекаются в одной точке-изображении** »

(рис.52)

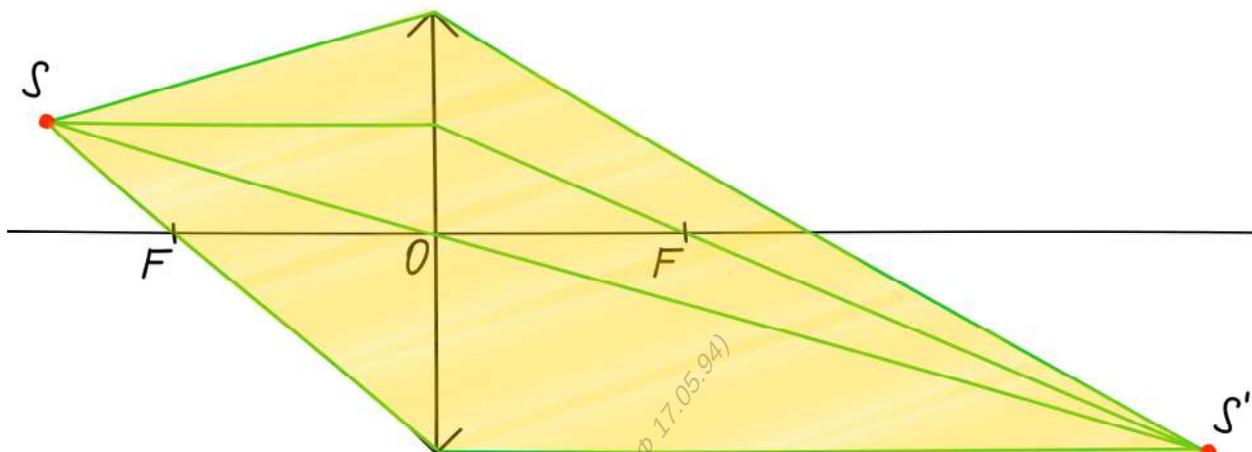


Рисунок 52 – Пример для **Теорема об изображении:**
все преломленные линии от **S**-предмета придут в **S'**-изображение

Построение изображения точки в линзах: (рис.53)

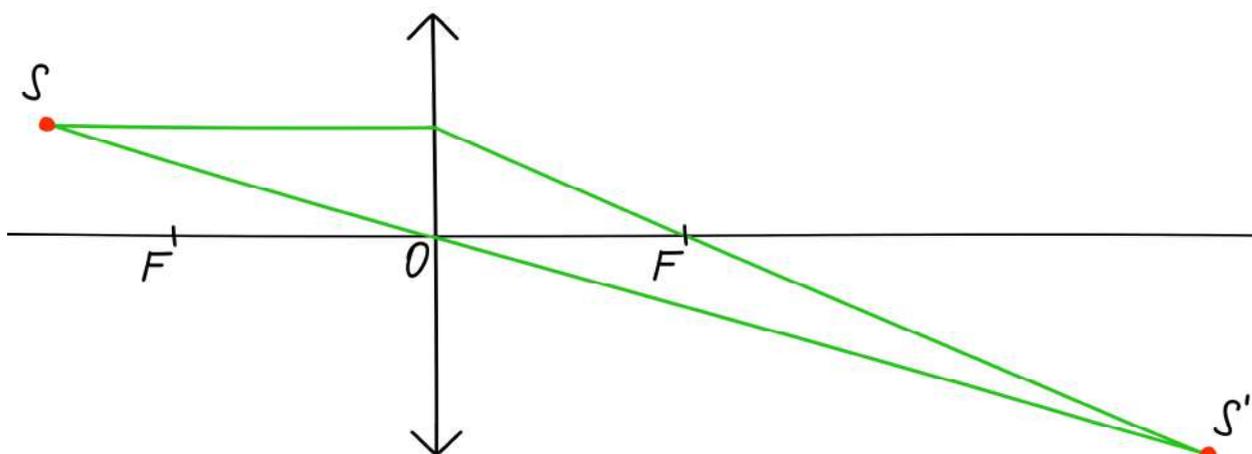


Рисунок 53 – Пример для **Построение изображения точки в линзах:**
изображение = **пересечение двух** преломленных лучей





Построение изображения отрезка в линзах: (рис.54)

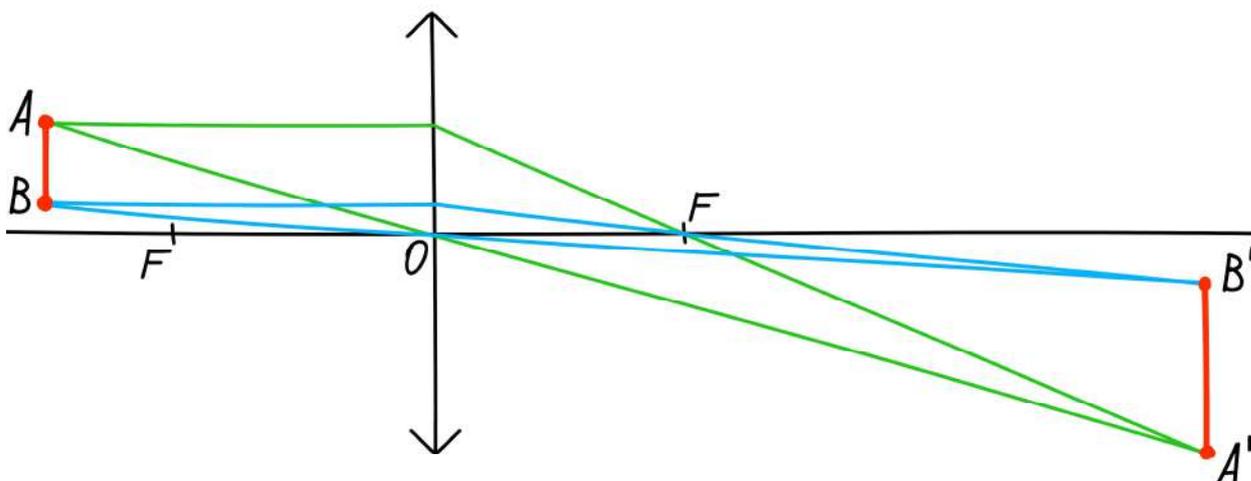


Рисунок 54 – Пример для **Построение изображения точки в линзах:**
изображение = отрезок между изображениями начала и конца отрезка

Фотоаппарат как оптический прибор: (рис.55)

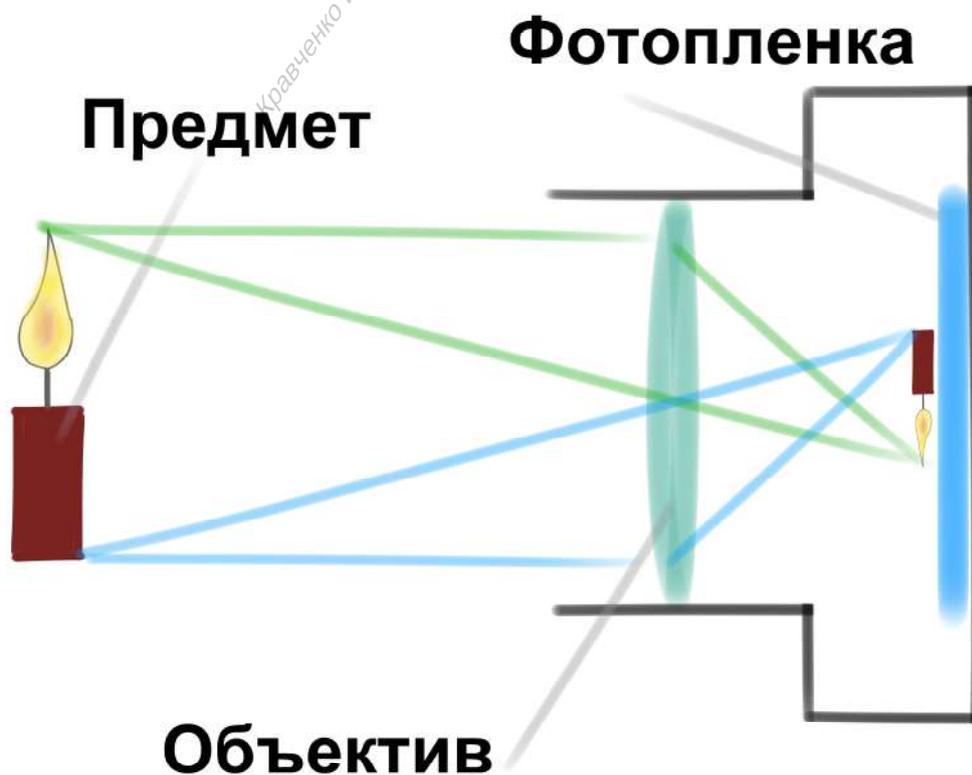


Рисунок 55 – Пример для **Фотоаппарат:** создание изображения на пленке



Глаз как оптическая система: (рис.56, 57)

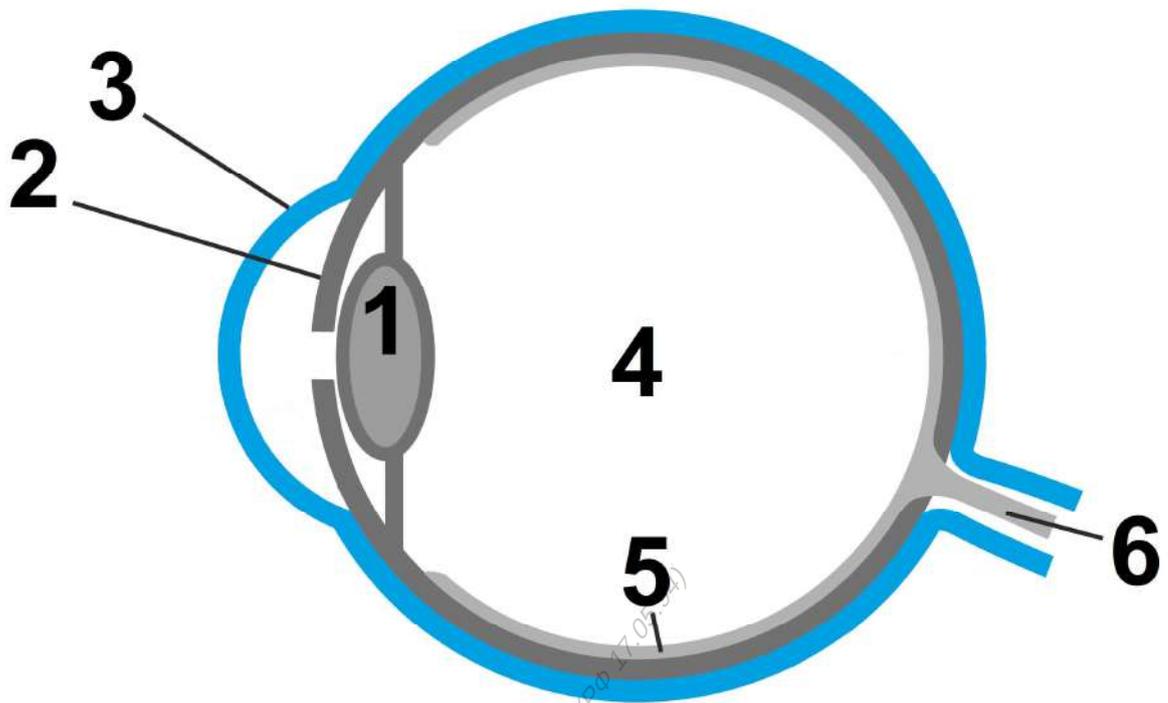


Рисунок 56 – Пример для Глаз: **1** – хрусталик. **2** – радужная оболочка. **3** – роговица. **4** – стекловидное тело. **5** – сетчатка. **6** – зрительный нерв.

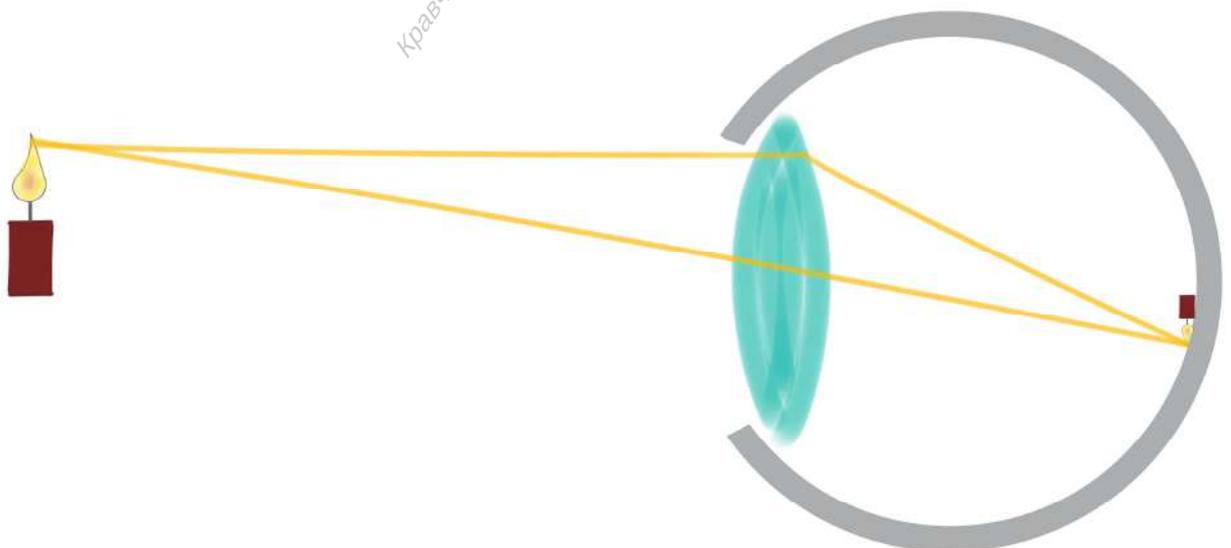


Рисунок 57 – Пример для Глаз: **изображение** свечи в глазу **перевернуто**



Внимание. Далее полагаем, свет = волна. (рис.58)

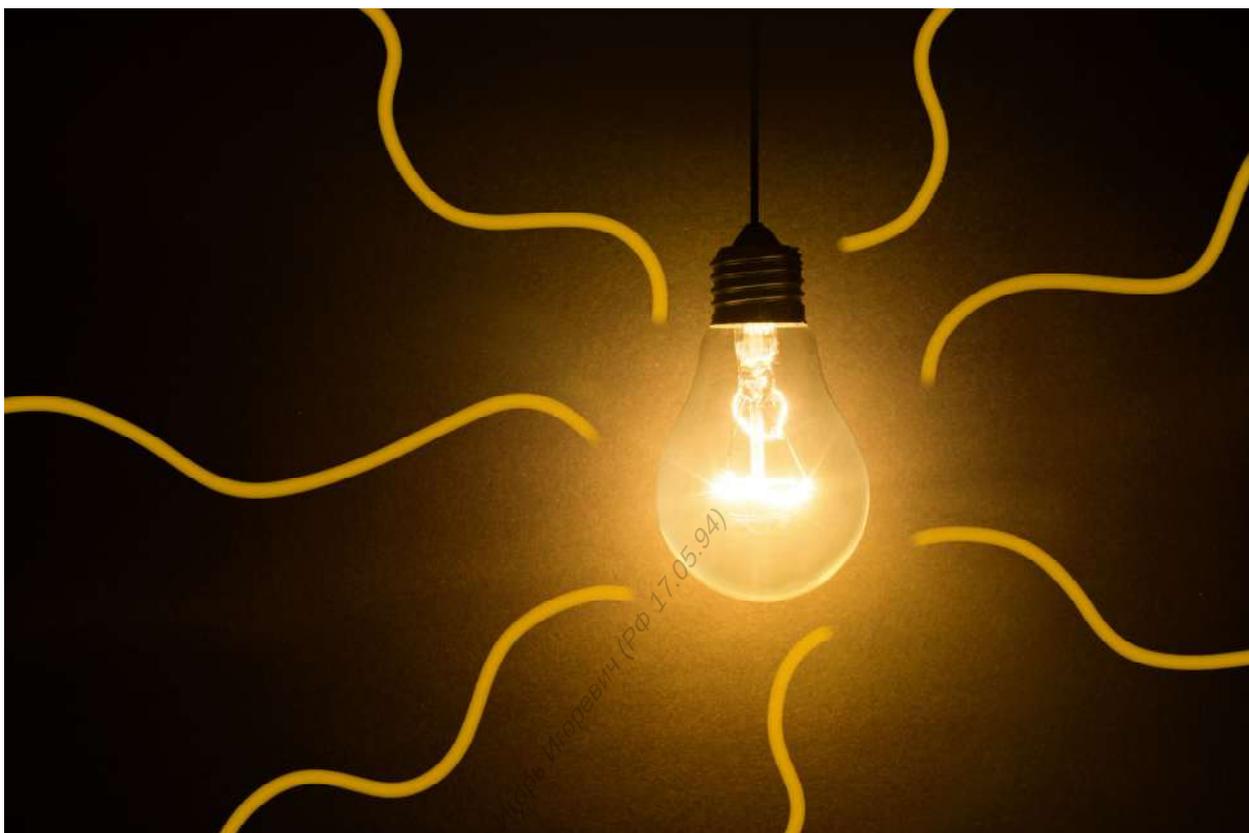


Рисунок 58 – Пример для свет = волна: невидимые тонкие волны

Интерференционная картина (устойчивая) – неподвижное распределение мест с колебаниями **одной интенсивности**, не зависящее от времени, **из-за наложения нескольких волн.** (рис.59)



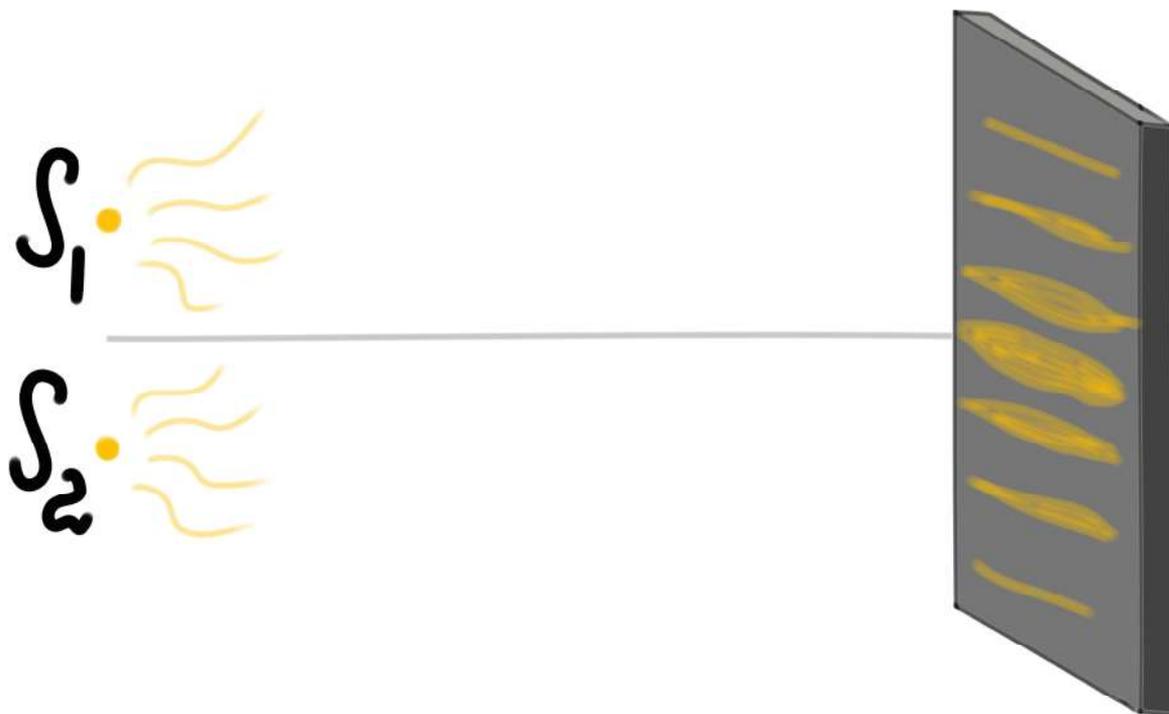


Рисунок 59 – Пример для **Интерференционная картина**: на экране **накладываются две волны источников**

Интерференция волн – явление **образования** устойчивой интерференционной картины. (рис.60)

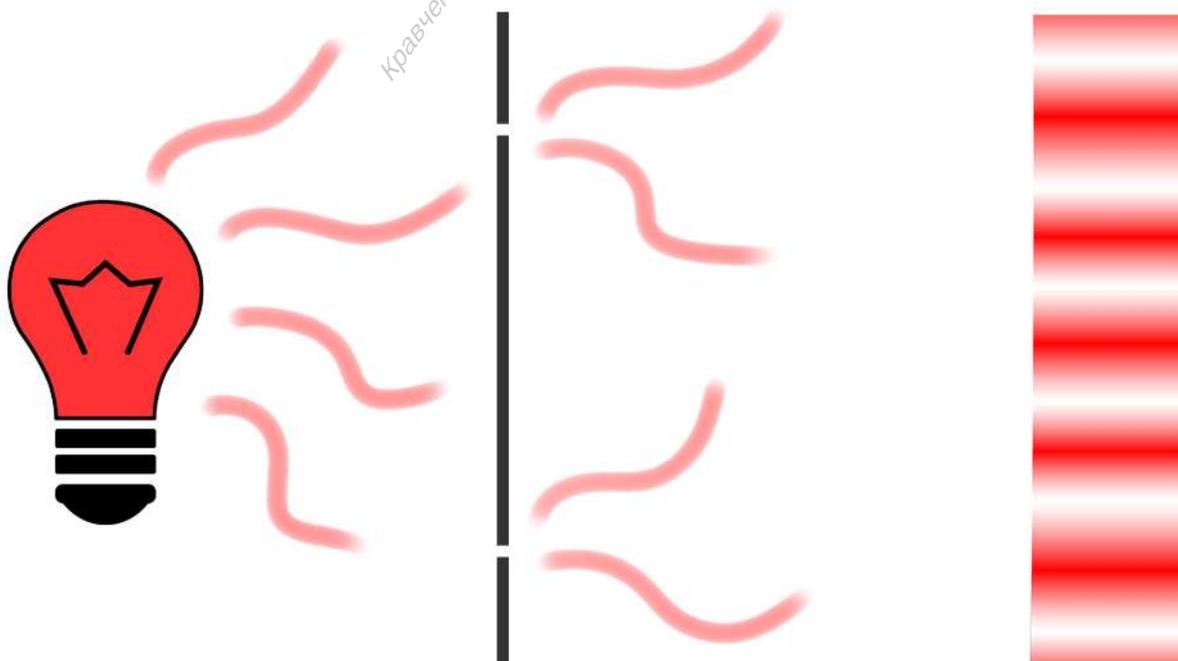


Рисунок 60 – Пример для **Интерференционная картина**: щели препятствия создают два источника, которые « интерферируют »



Когерентные источники – источники с волнами одинаковой частоты, у которых **разность фаз постоянна**. (рис.61)

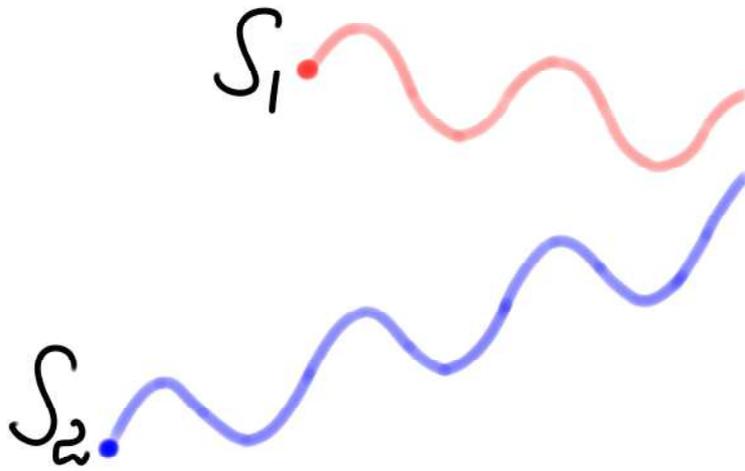


Рисунок 61 – Пример для **Когерентные источники: одинаковые волны** (цвета для удобства различения волн)

Разность хода (Δ [м]) – **разность расстояний**, проходимых волнами до точки наложения волн. (рис.62)

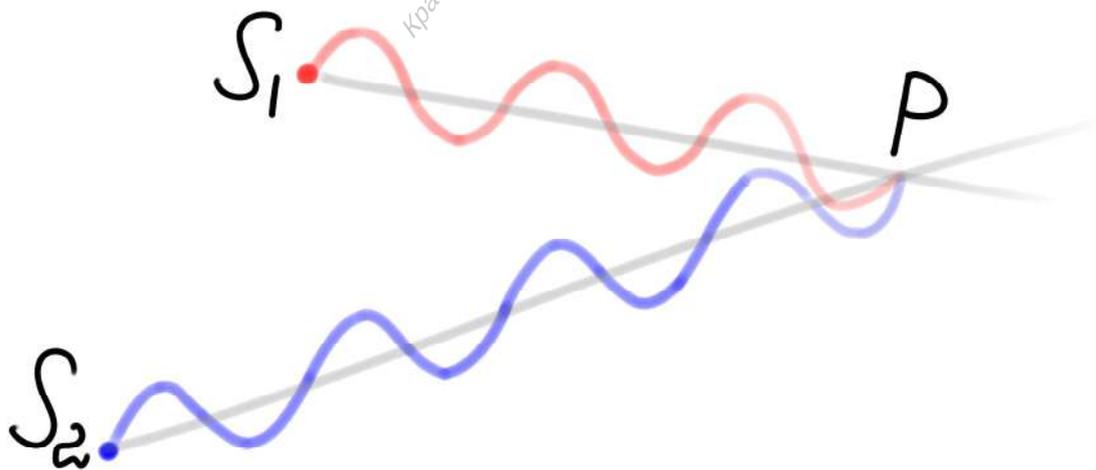


Рисунок 62 – Пример для **Разность хода: $S_2P - S_1P$**

Условия максимумов и минимумов в интерференционной картине двух когерентных источников:

Максимум: (рис.63)

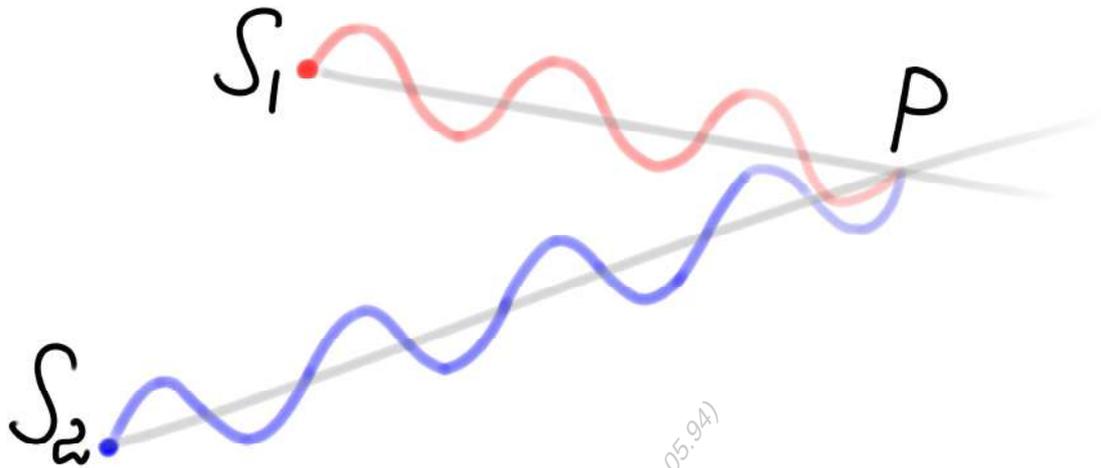


Рисунок 63 – Пример для **Максимум:**

$$\Delta = \text{целое число длин волн}$$

Минимум: (рис.64)

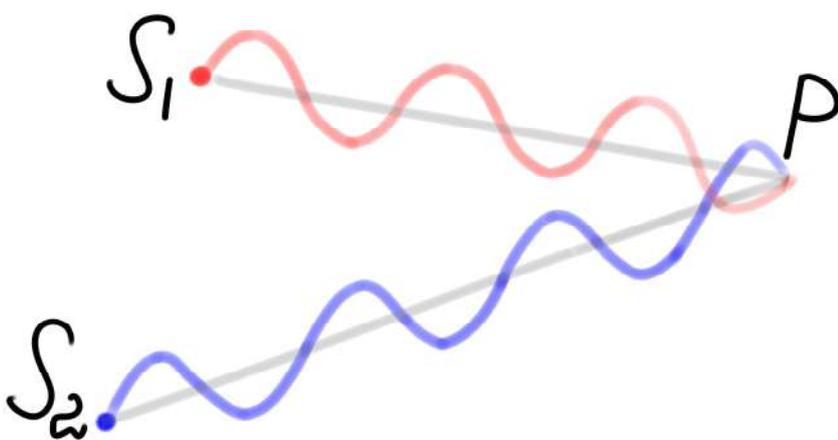


Рисунок 64 – Пример для **Минимум:**

$$\Delta = \text{целое число длин волн} + \text{половина длины волны}$$



Волновая поверхность – множество точек пространства с одинаковой фазой волны источника, в данный момент времени. (рис.65, 65а)

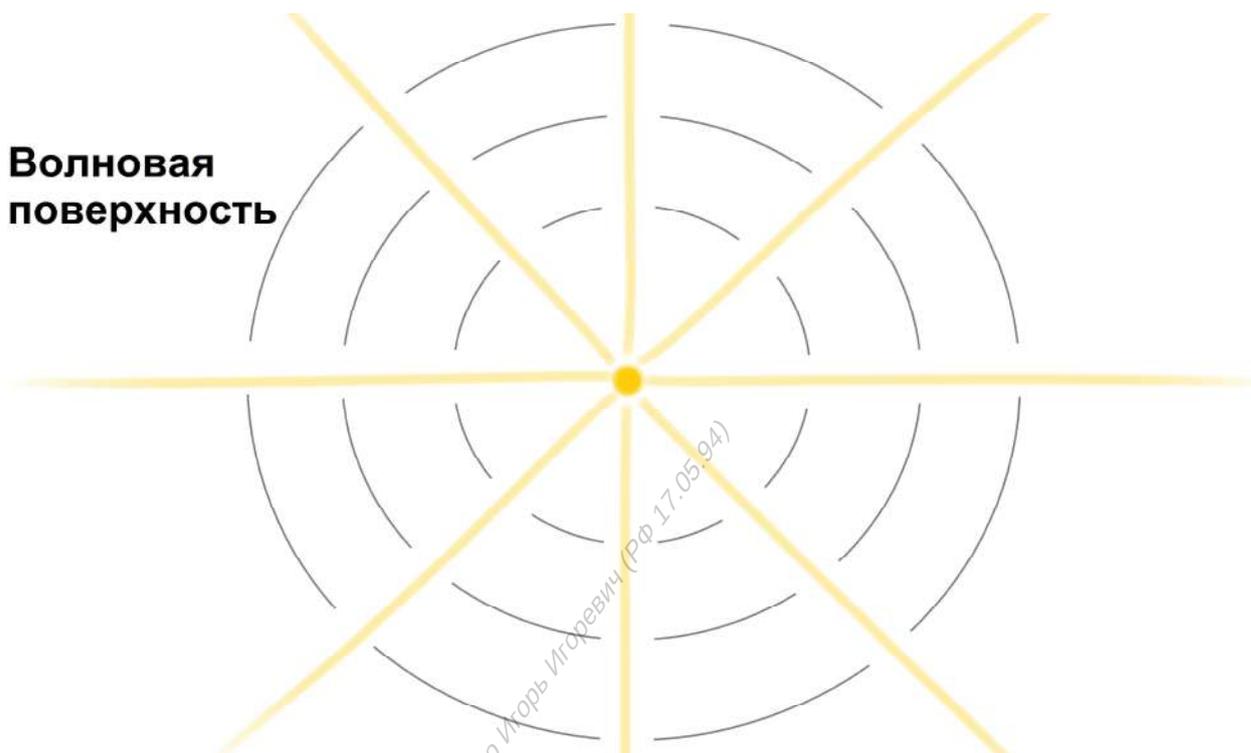


Рисунок 65 – Пример для **Волновая поверхность: сферический** волновой процесс **точечного источника расходится**



Рисунок 65а – Пример для **Волновая поверхность: параллельный** волновой процесс **идет вправо (пучок)**



Дифракция волн – огибание волновым процессом края препятствия.

(рис.66)

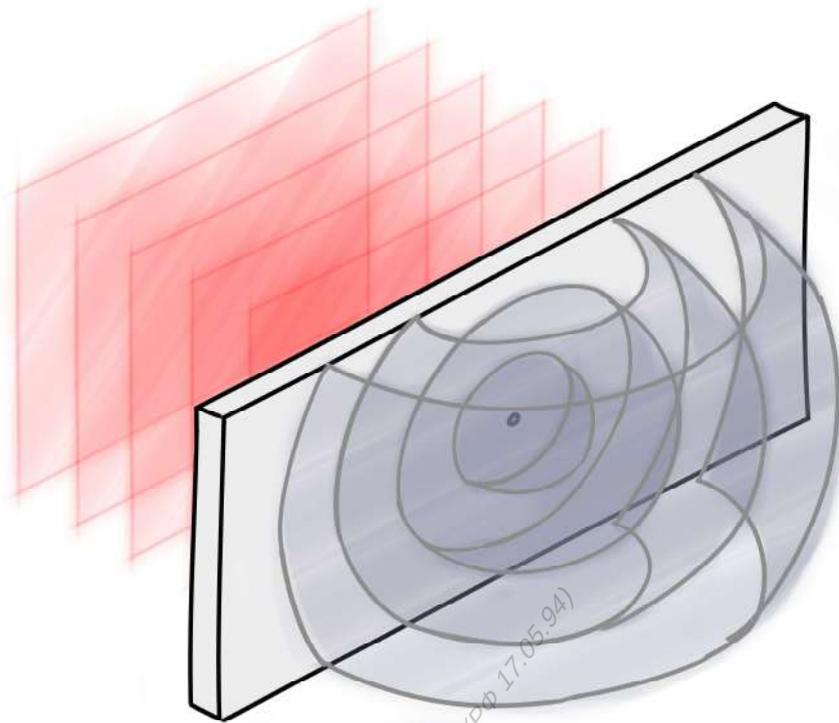


Рисунок 66 – Пример для **Волновая поверхность: проникает за стенку**

Дифракционная решетка – препятствие с щелями. (рис.67-69)

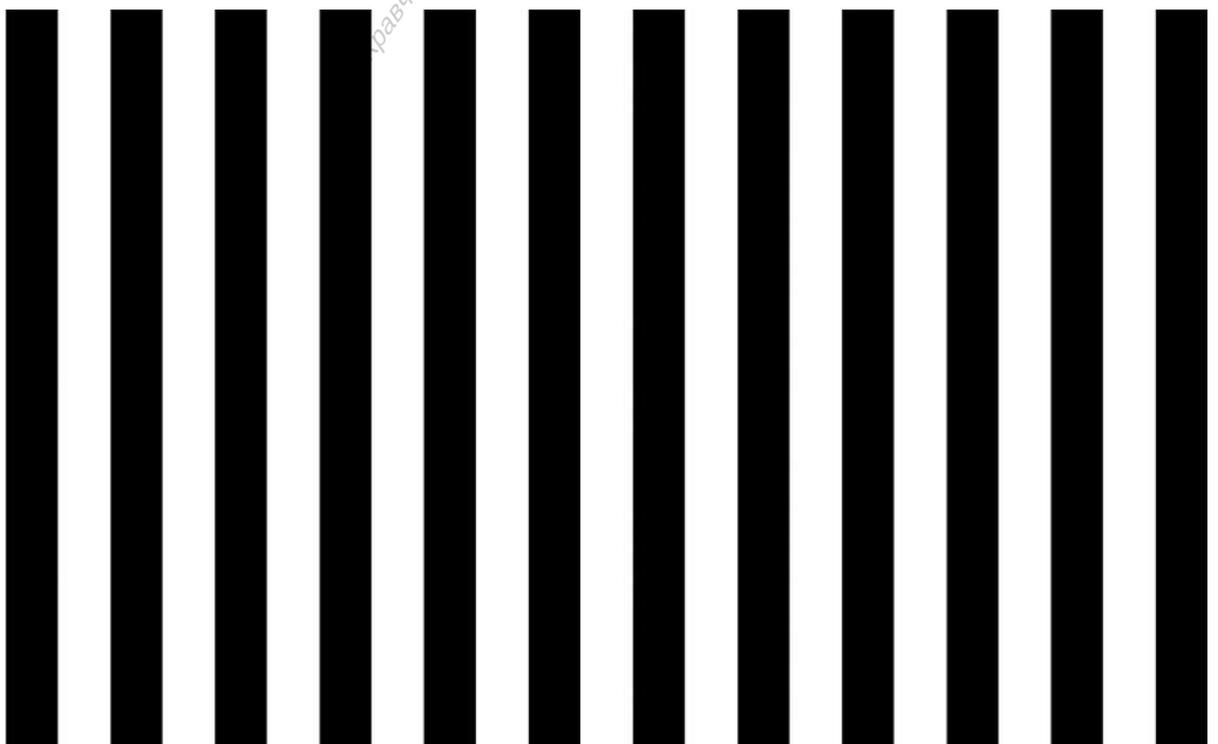


Рисунок 67 – Пример для **Дифракционная решетка: стенка с проходами**

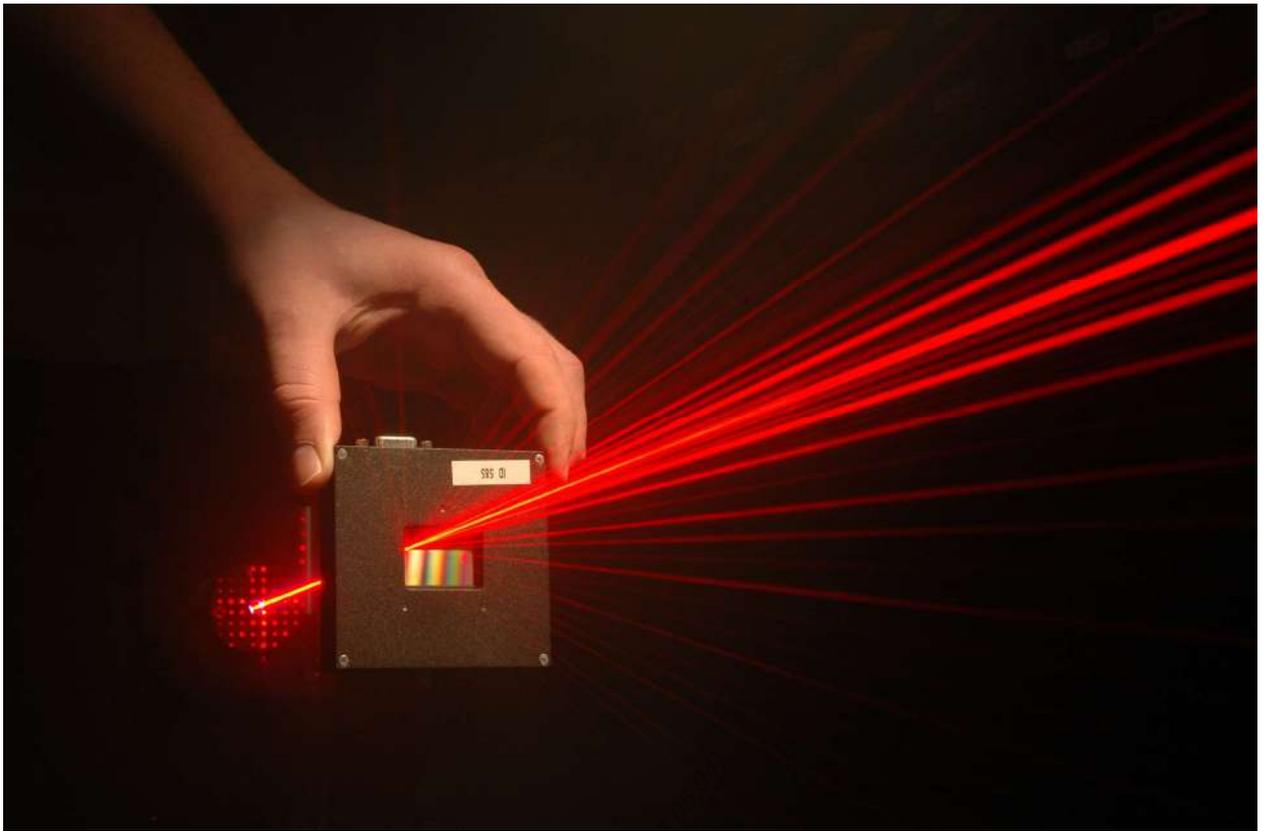


Рисунок 68 – Пример для Дифракционная решетка: дифракция на решетке

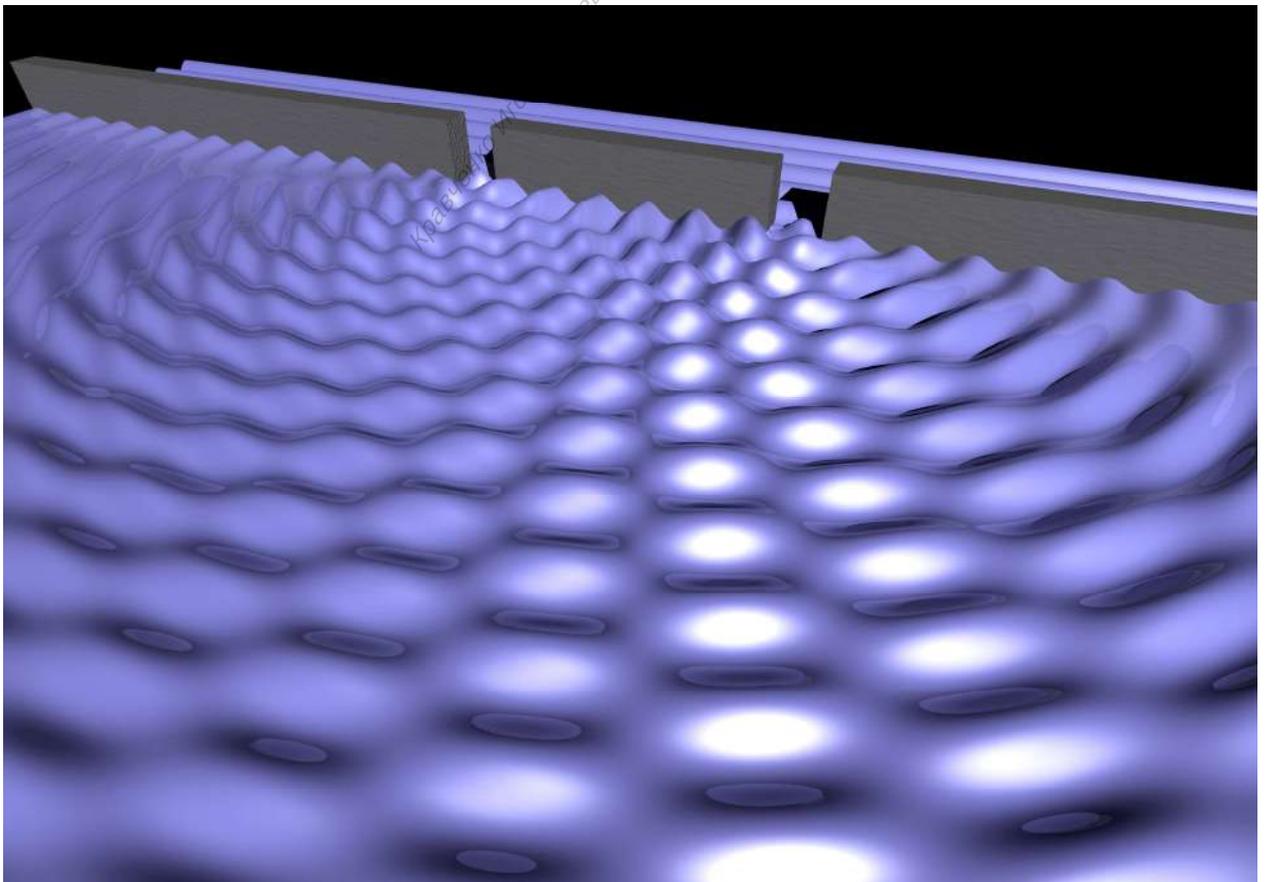


Рисунок 69 – Пример для Дифракционная решетка: параллельный процесс падает на решетку → каждая щель создает волну → волны щелей интерферируют



Условие наблюдения максимумов при нормальном падении монохроматического света на решетку: (рис.70, 71)

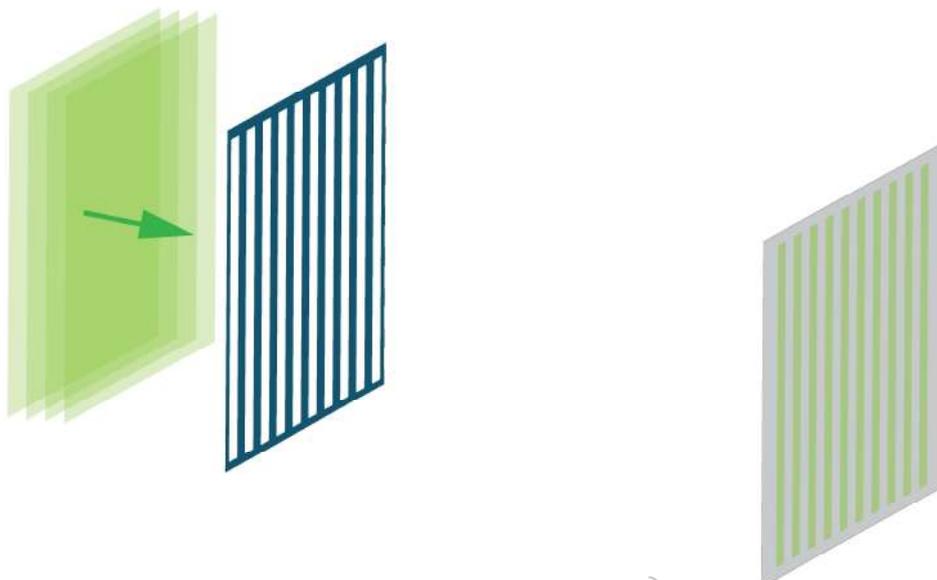


Рисунок 70 – Пример для **Условие наблюдения максимумов решетки:**
полосы (максимумы) упорядочены

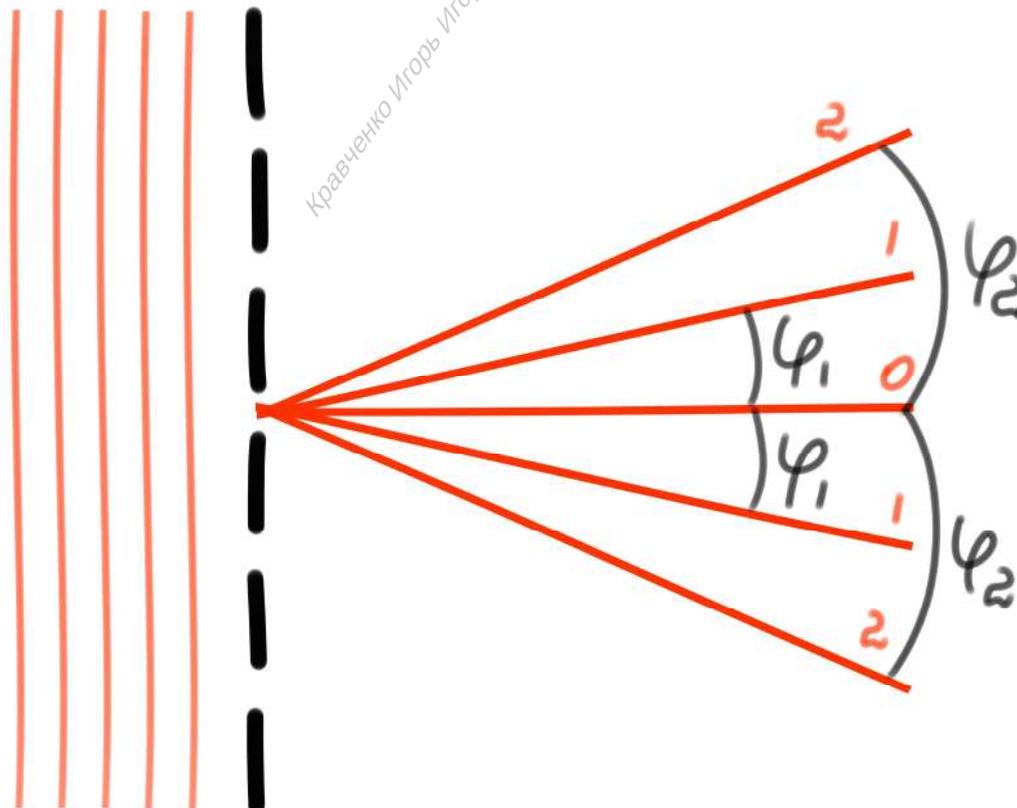


Рисунок 71 – Пример для **Условие наблюдения максимумов решетки:**
максимумы 0-, 1-, 2- порядка



Дисперсия света – зависимость показателя преломления среды от частоты света. (рис.72, 73)

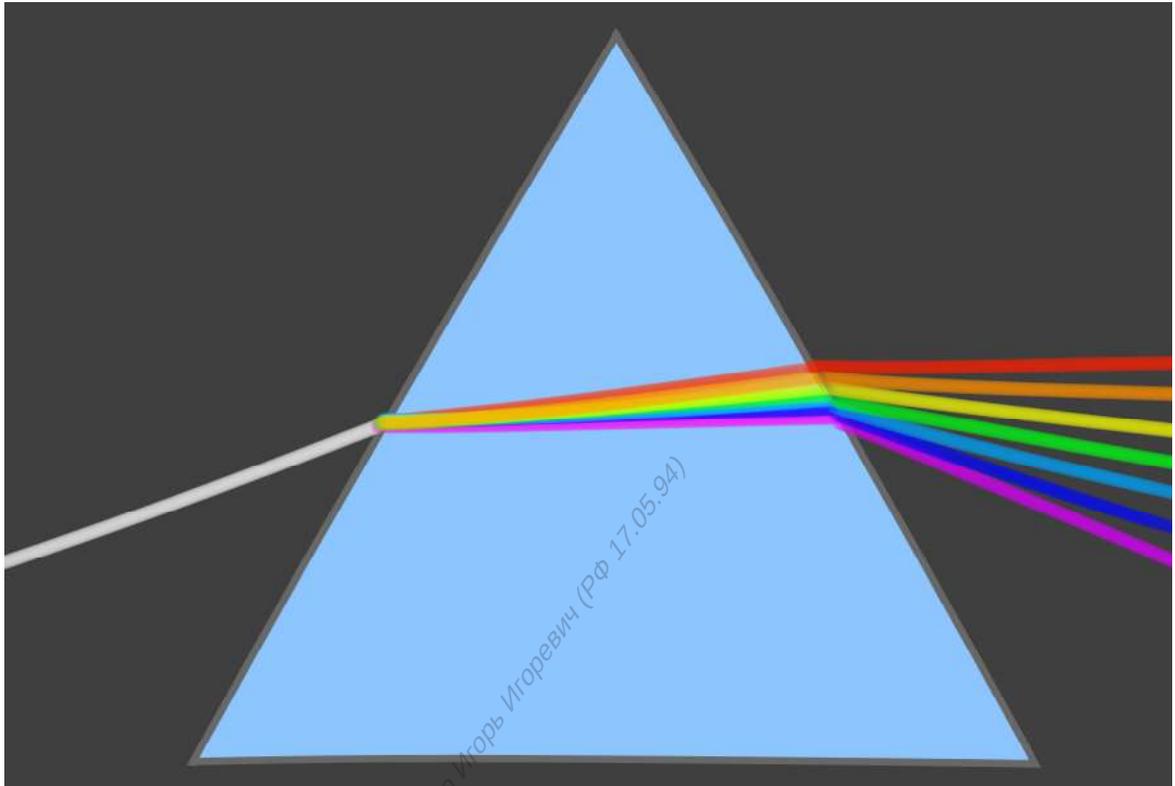


Рисунок 72 – Пример для Дисперсия света: преломление больше всего у фиолетового света

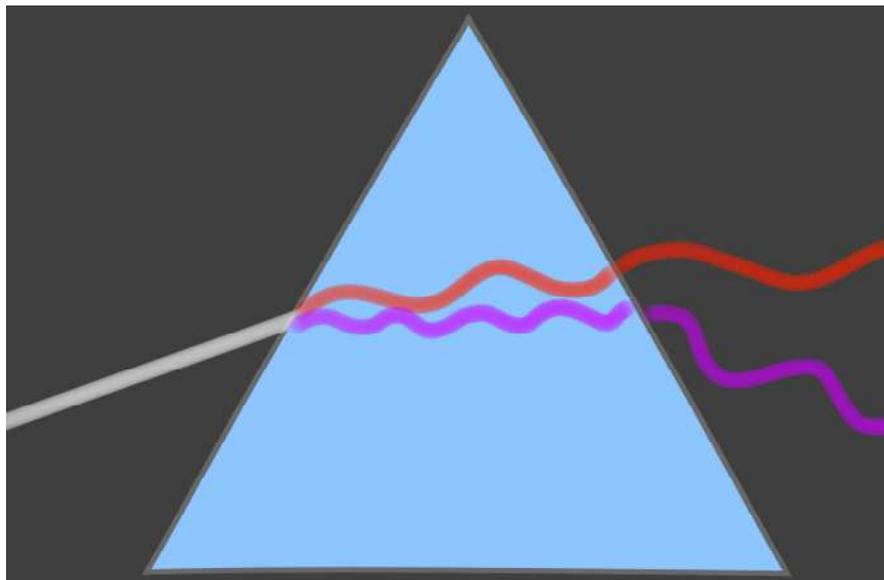


Рисунок 73 – Пример для Дисперсия света: $n > n > n > n > n > n > n$



ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Принцип инвариантности скорости света в вакууме:

« В каждой инерциальной системе отсчёта свет движется в вакууме с одной скоростью не зависимо от того, покоится или движется источник света »

(рис.1)

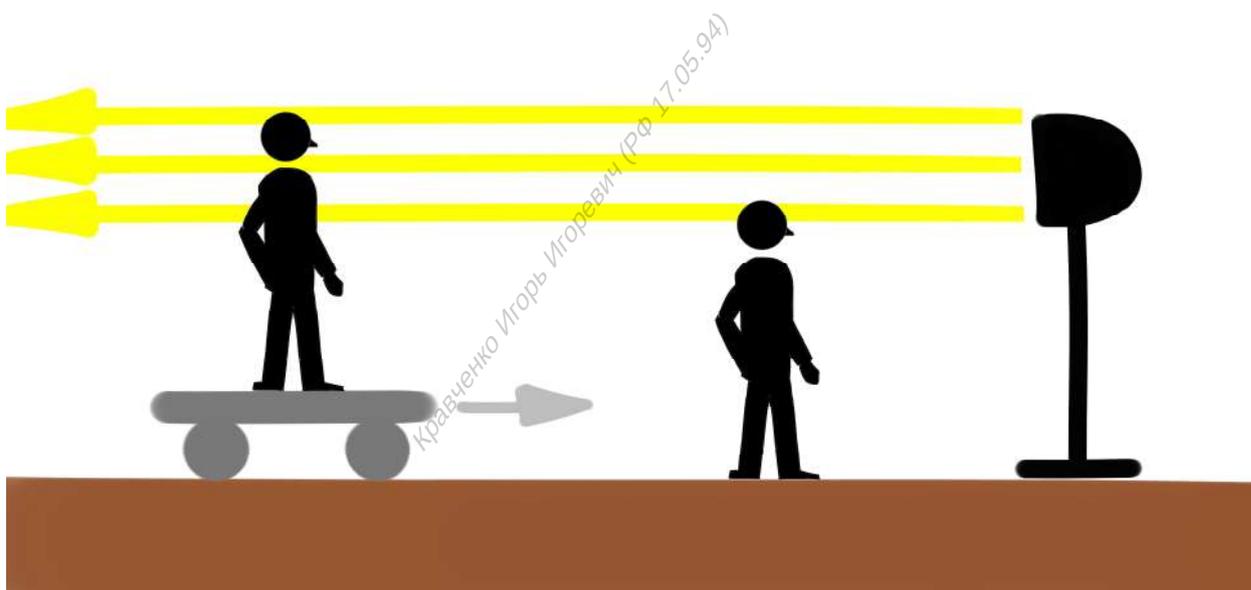


Рисунок 1 – Пример для Принцип инвариантности скорости света в вакууме: **Оба** наблюдателя **видят одинаковую скорость света**, хотя левый движется (Планета – инерциальная система отсчета)

Принцип относительности Эйнштейна:

« Все физические явления при одних и тех же начальных условиях протекают **одинаково в любой инерциальной системе отсчёта** »

(рис.2)



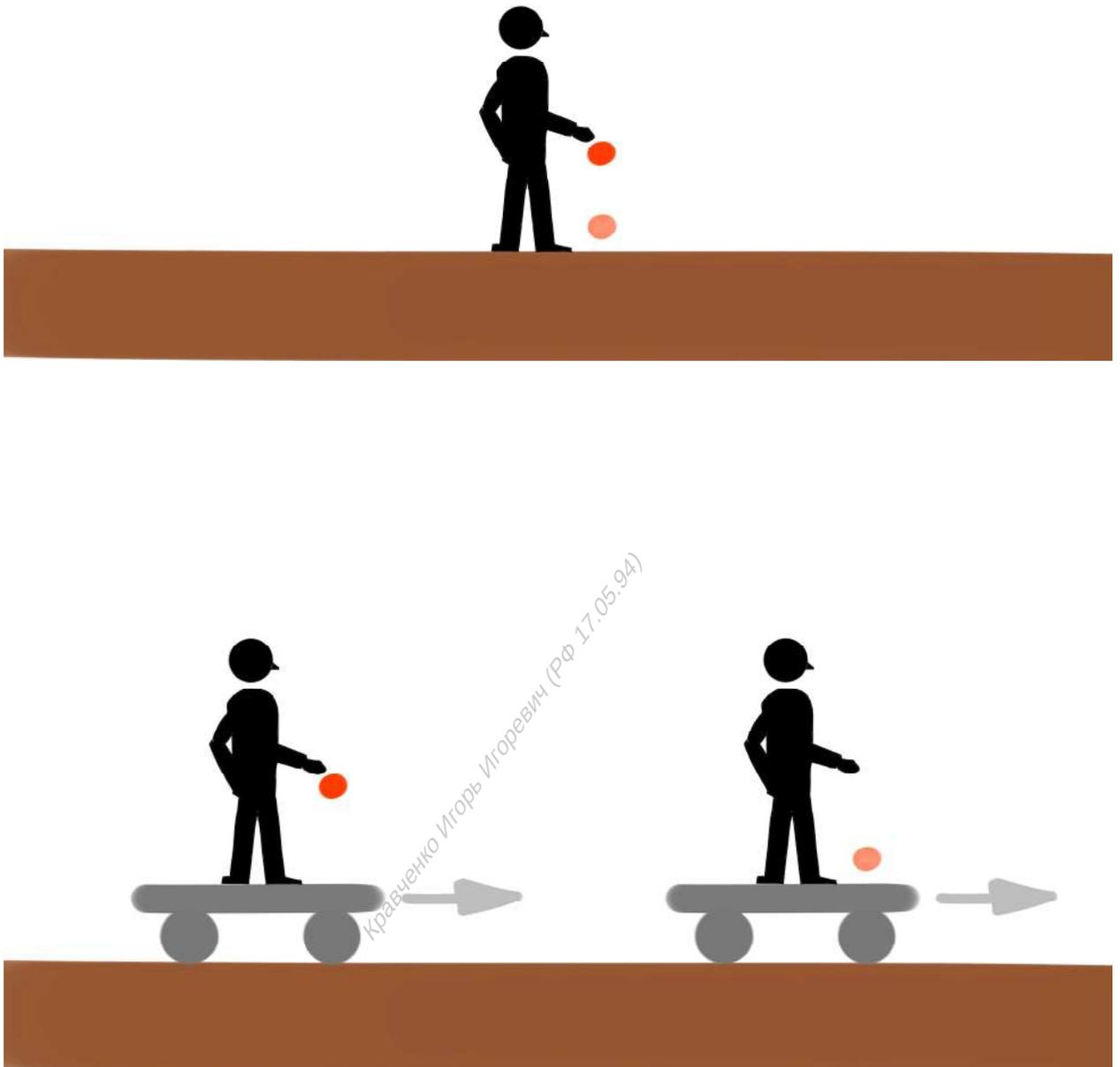


Рисунок 2 – Пример для **Принцип относительности Эйнштейна:**
с точки зрения наблюдателя **шар** падает одинаково вниз

Энергия покоя (E_0 [Дж]) – энергия, которую имеет **каждое покоящееся** тело само по себе. (рис.3)





Рисунок 3 – Пример для **Энергия покоя**: природа затратила определённые усилия, чтобы « собрать » данное тело из мельчайших частиц вещества

Свободная частица – частица, не взаимодействующая с другими телами.

(рис.4)

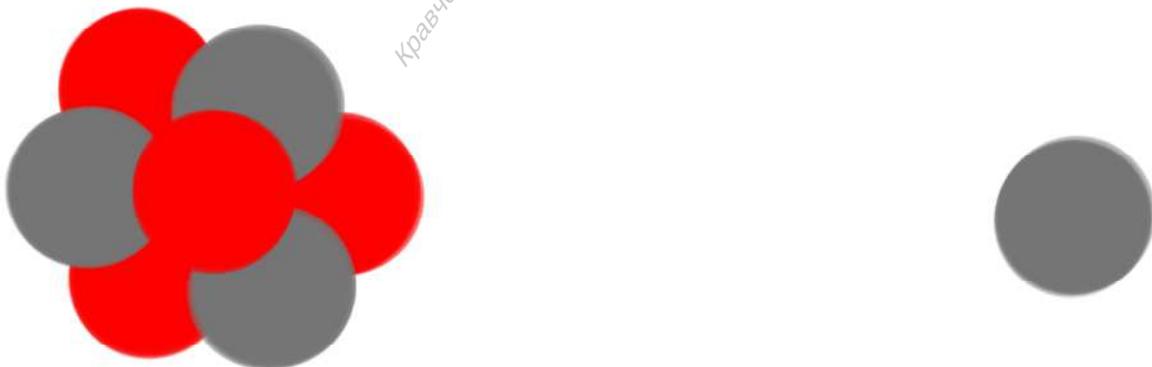


Рисунок 4 – Пример для **Свободная частица**:

слева каждая частица связана,

а

справа свободная частица





КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

КОРПУСКУЛЯРНО-ВОЛНОВОЙ ДУАЛИЗМ

Квантовая физика – раздел Физики с представлением о том, что электромагнитные волны излучаются порциями. (рис.1)



Рисунок 1 – Пример для **Квантовая физика**: свет в виде порций-шариков

Корпускулярно-волновой дуализм – свойство природы, с которым частицы могут становиться волнами и наоборот:



« • ↔ ~ »

(рис.2)

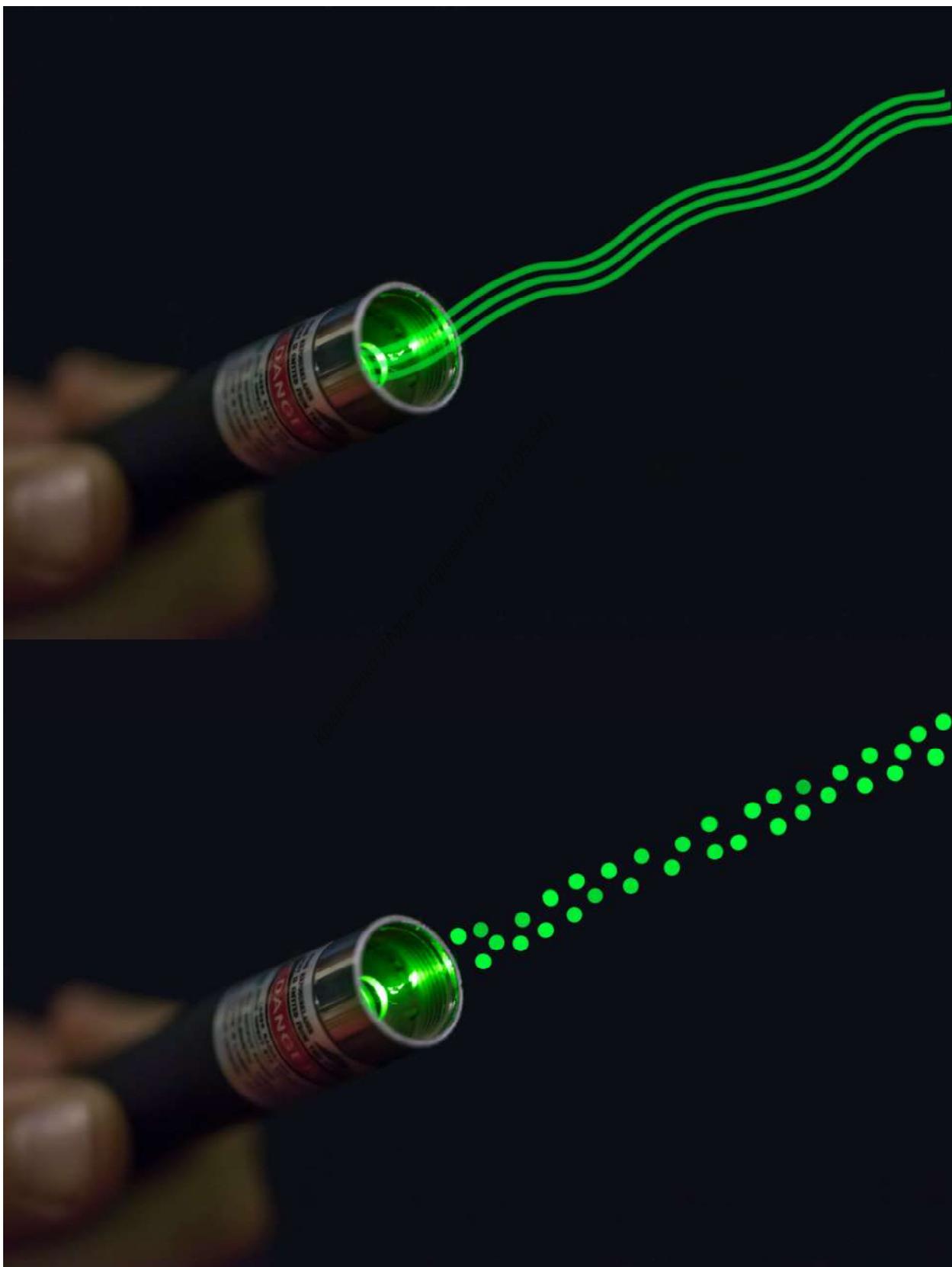


Рисунок 2 – Пример для **Корпускулярно-волновой дуализм**: два представления света

Гипотеза Планка (о квантах):

« Электромагнитная энергия **излучается** и **поглощается** отдельными
неделимыми **порциями** – **квантами** »

(рис.3)

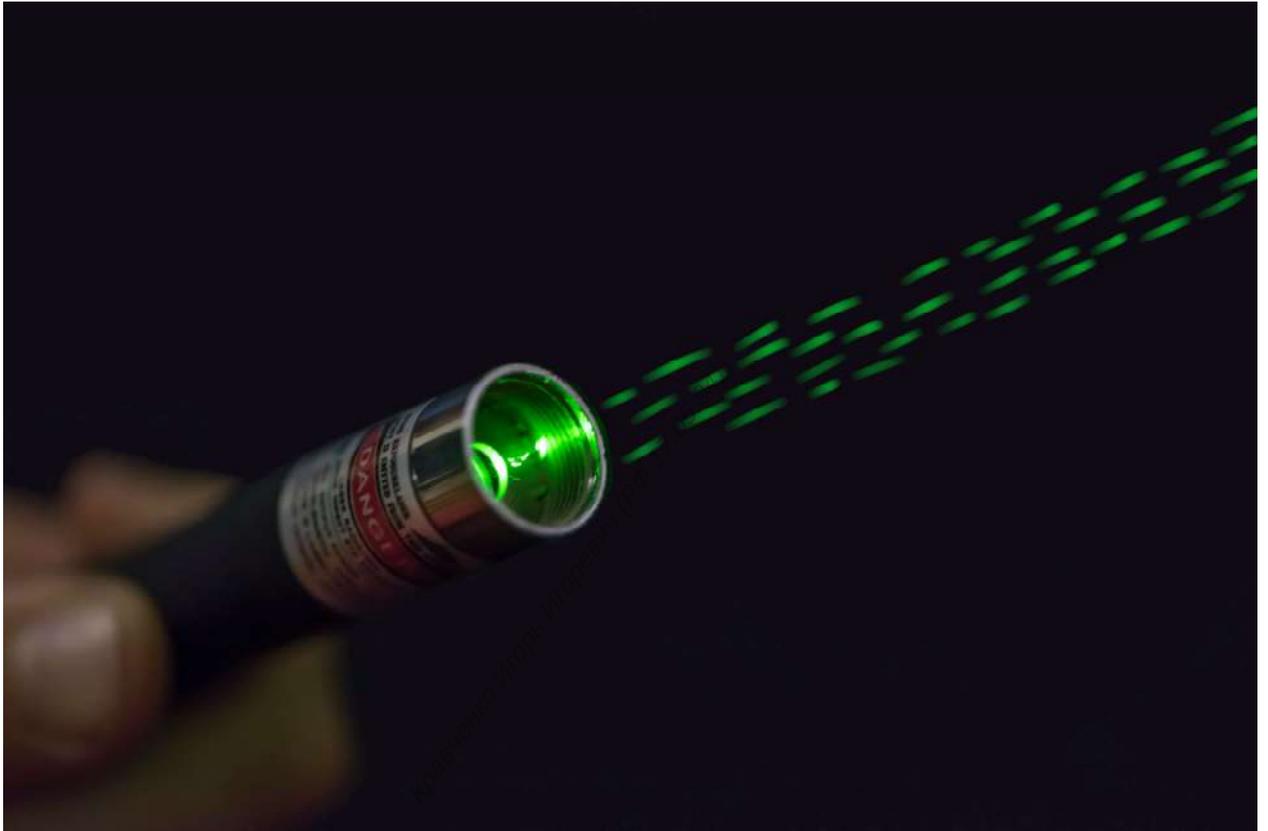


Рисунок 3 – Пример для **Гипотеза Планка: свет как поток частиц**

Формула Планка – **формула** нахождения энергии одного **кванта**
излучения. (рис.4)

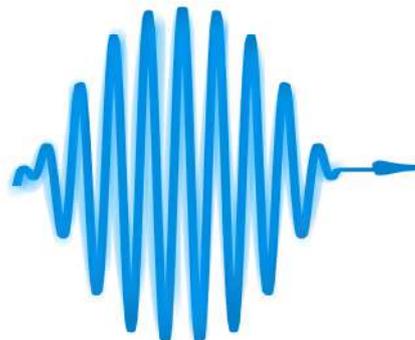


Рисунок 4 – Пример для **Формула Планка: летящий → квант света**

Фотон – частица, несущая квант излучения. (рис.5)

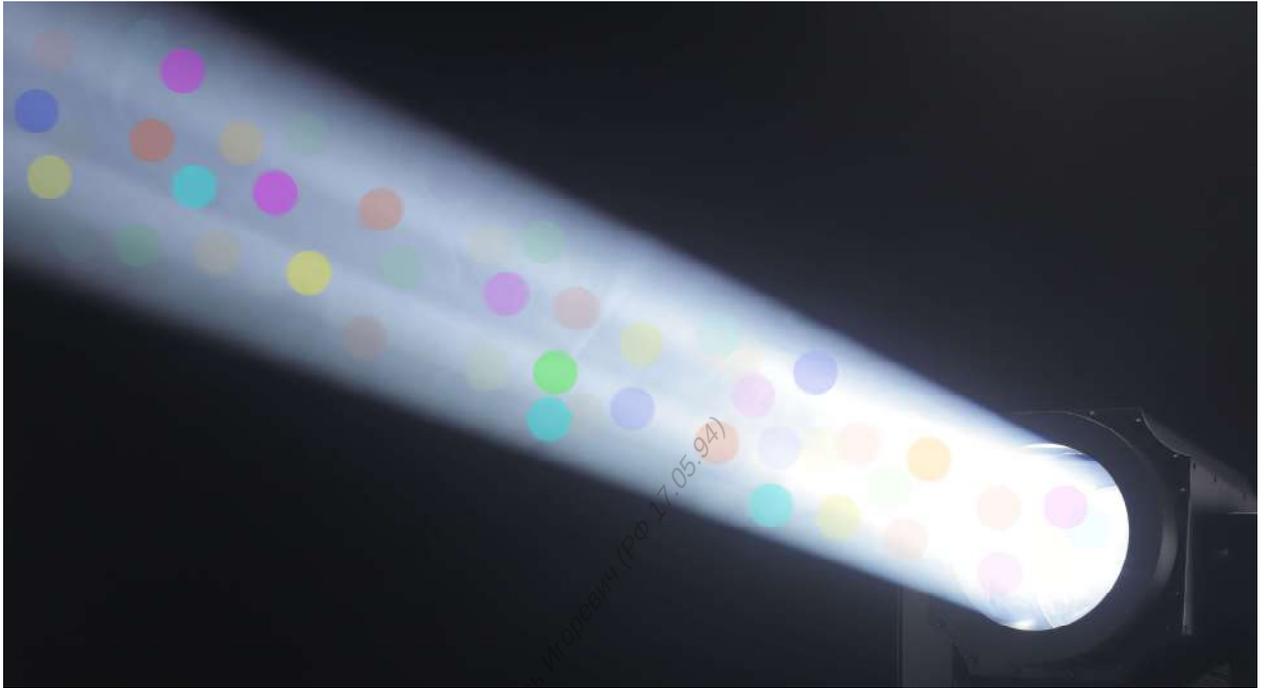


Рисунок 5 – Пример для **Фотон**: невидимые **фотоны** летят

Фотоэффект – вырывание электронов из тела падающим светом. (рис.6)

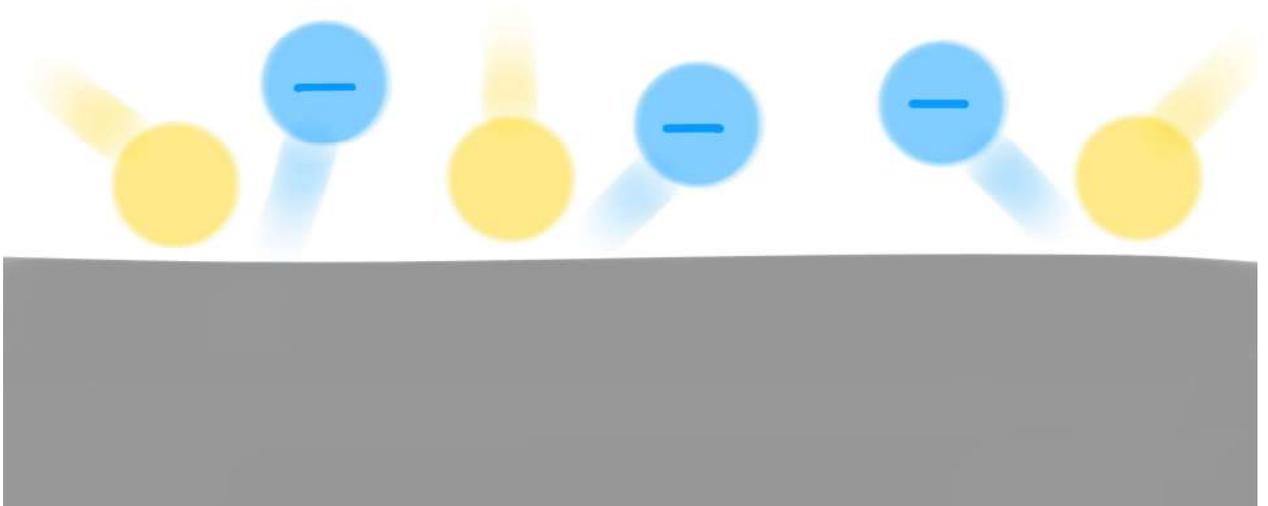


Рисунок 6 – Пример для **Фотоэффект**: **свет** • выбивает **e**•



Фотоэлектрон – электрон, вырванный светом. (рис.7)

Фотоэлектроны



Рисунок 7 – Пример для Фотоэффект: фото- e^- НЕ принадлежат телу

Катод – проводник, подключенный к (-) Источника. (рис.8)

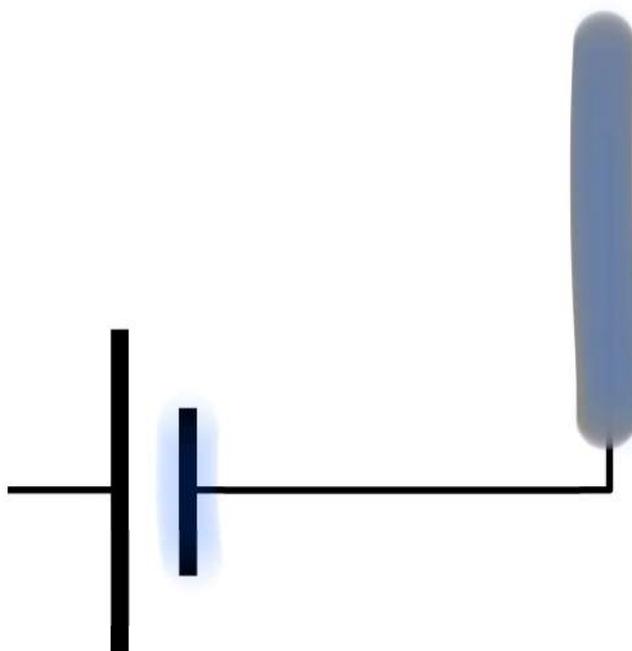


Рисунок 8 – Пример для Катод: справа



Анод – проводник, подключенный к (+) Источника. (рис.9)

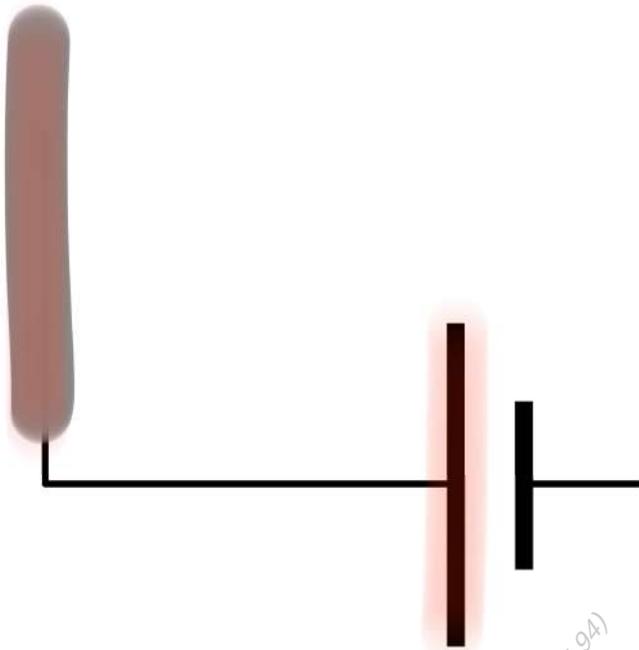


Рисунок 9 – Пример для Катод: слева

Фототок – ток фотоэлектронов. (рис.10)

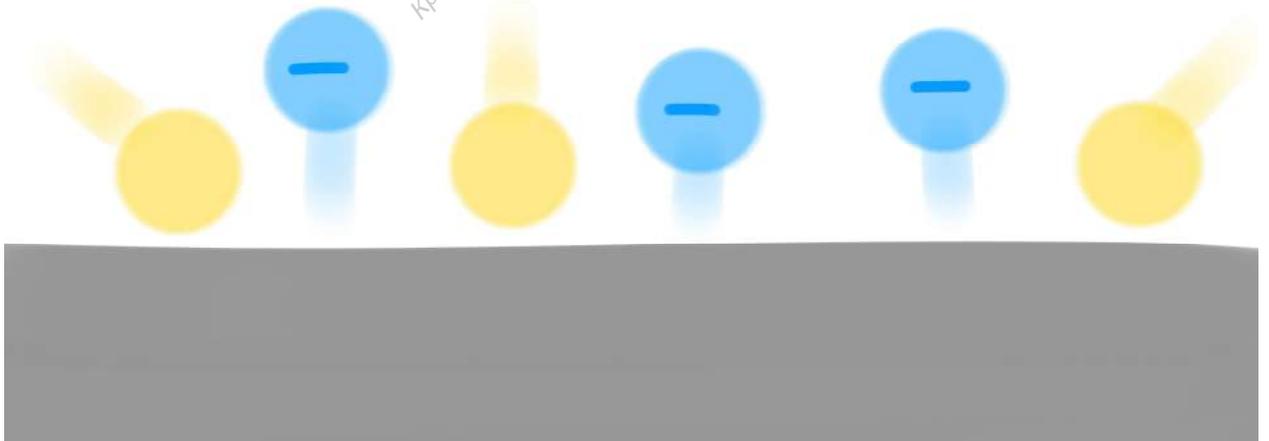


Рисунок 10 – Пример для Фототок: течет вверх



Опыты Столетова: (рис.11)

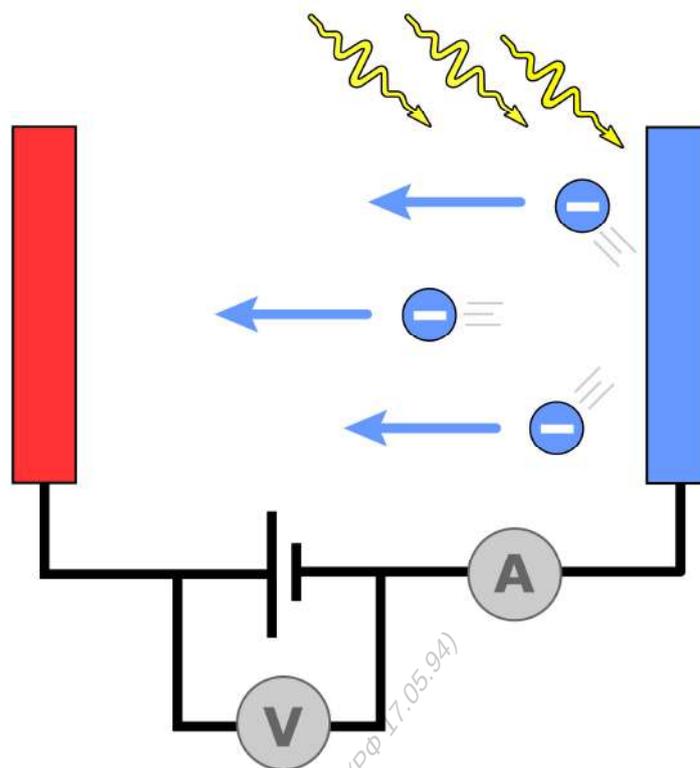


Рисунок 11 – Пример для **Опыты Столетова:**

Катод-пластина освещается УФ-светом.

e⁻ выбиваются из **катод**-пластины.

e⁻ разгоняются полем пластин.

V-метр показывает напряжение пластин.

A-метр показывает фототок.

Законы фотоэффекта:

1. Первый закон фотоэффекта:

« Число фотоэлектронов, выбиваемых из катода за секунду,

~

интенсивности падающего на катод излучения неизменной частоты »

(рис.12)



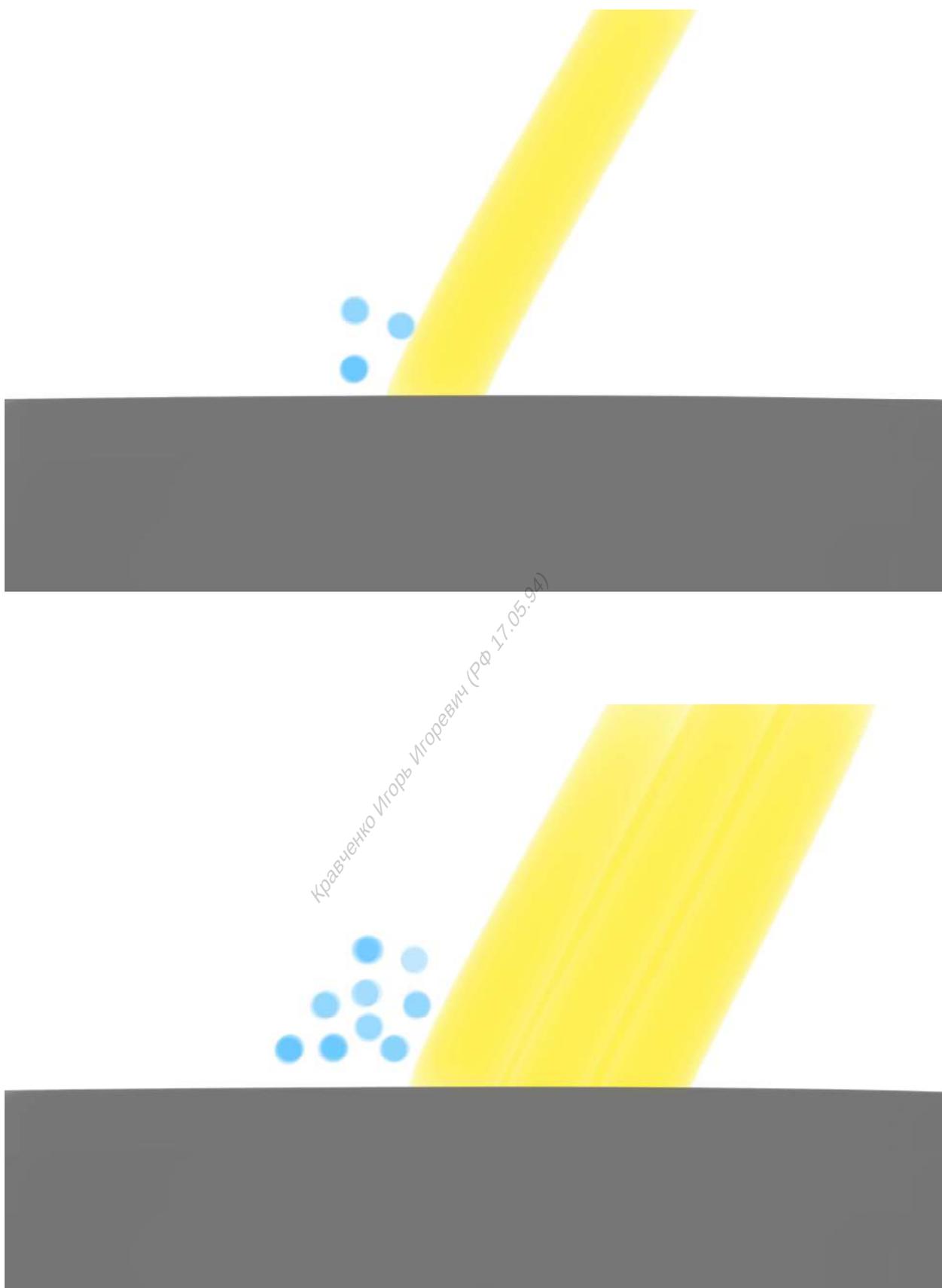


Рисунок 12 – Пример для **Первый закон фотоэффекта:**

↑ **фотонов** ⇒ ↑ **интенсивность** света





2. Второй закон фотоэффекта:

« Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона

~

частоте света »

(рис.13)

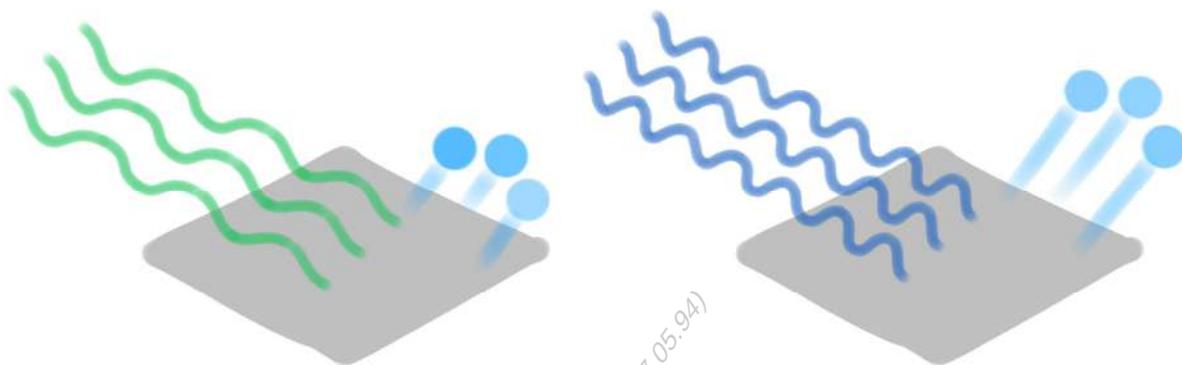


Рисунок 13 – Пример для **Второй закон фотоэффекта:**

↑ частота света ⇒ **↑ движение** фотоэлектронов

(НЕ зависит от интенсивности света)

3. Третий закон фотоэффекта:

« **Красная граница фотоэффекта** – минимальная частота, с которой
возможен **фотоэффект** »

(рис.14)

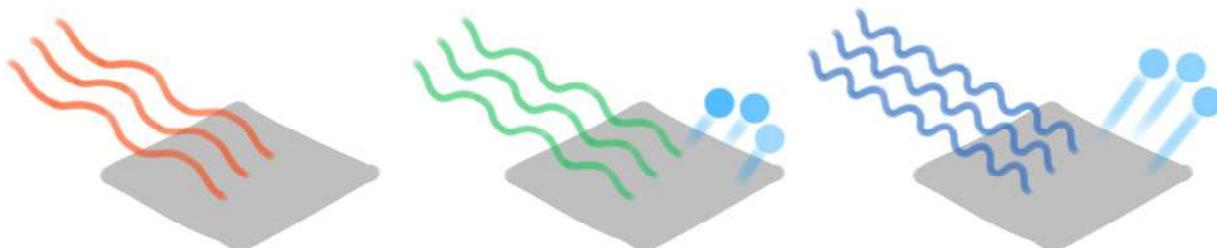


Рисунок 14 – Пример для **Второй закон фотоэффекта:**

$\nu_{\text{фотоэффекта нет}} < \nu_{\text{красная граница фотоэффекта}} \leq \nu_{\text{фотоэффект есть}}$





Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

вытаскивание электрона из атома »



« **Энергия фотона**



кинетическая энергия вытасченного **электрона** »

(рис.15)

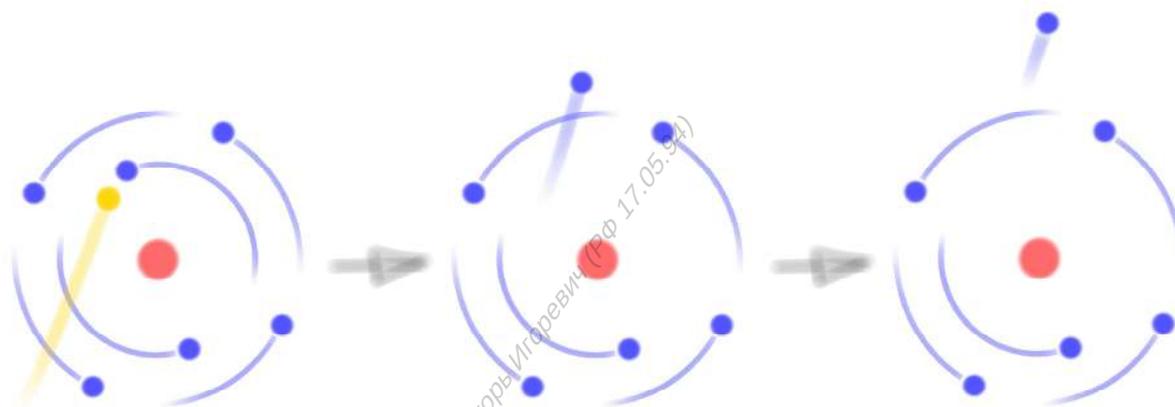


Рисунок 15 – Пример для **Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:**

фотон сталкивается с **e[•]** и передает свою энергию



e[•] выбирается из атома, тратя энергию



выйдя из атома, у **e[•]** остается энергия движения

Гипотеза де Бройля:

« Движение тела \Leftrightarrow распространение волны »

(рис.16)



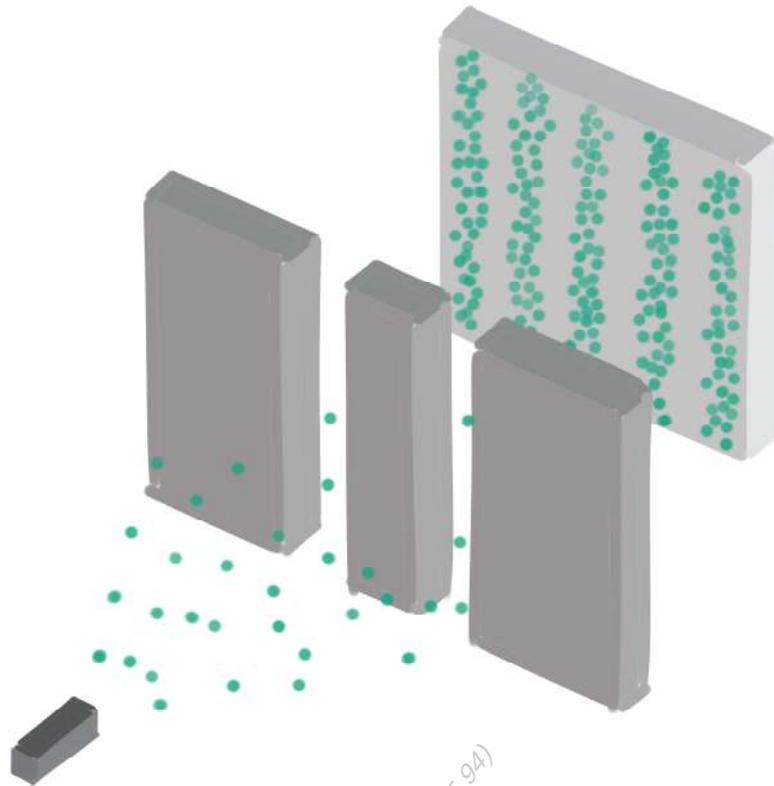


Рисунок 16 – Пример для Гипотеза де Бройля:

**Частота и длина волны определяются энергией и импульсом частицы
(и наоборот)**

Волна де Бройля – волна, которой можно представить тело. (рис.17)

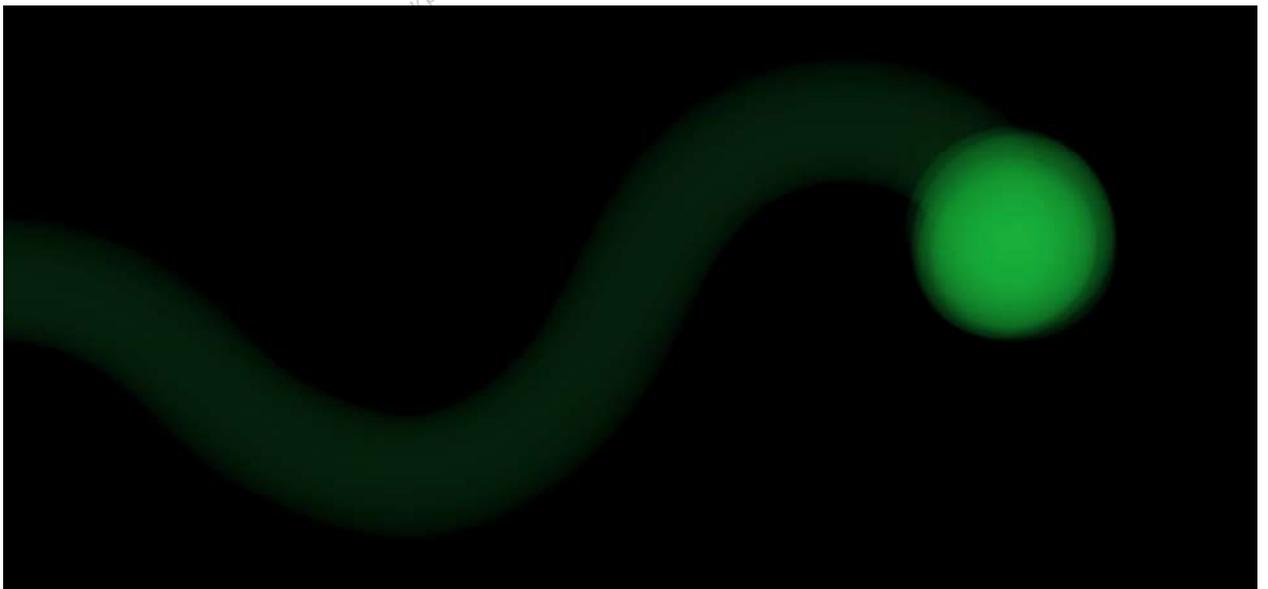


Рисунок 17 – Пример для Волна де Бройля:

фотон ● ⇔ волна





Дифракция электронов на кристаллах: (рис.18)

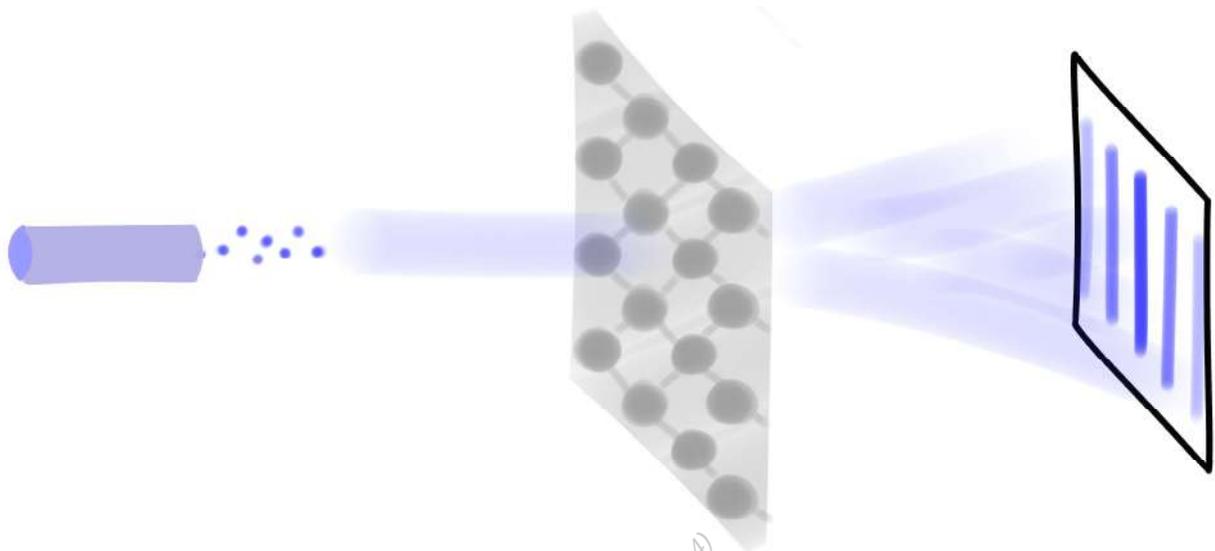


Рисунок 18 – Пример для Дифракция электронов на кристаллах:
дифракция потока e^- в боковые стороны

Давление света: (рис.19, 20)

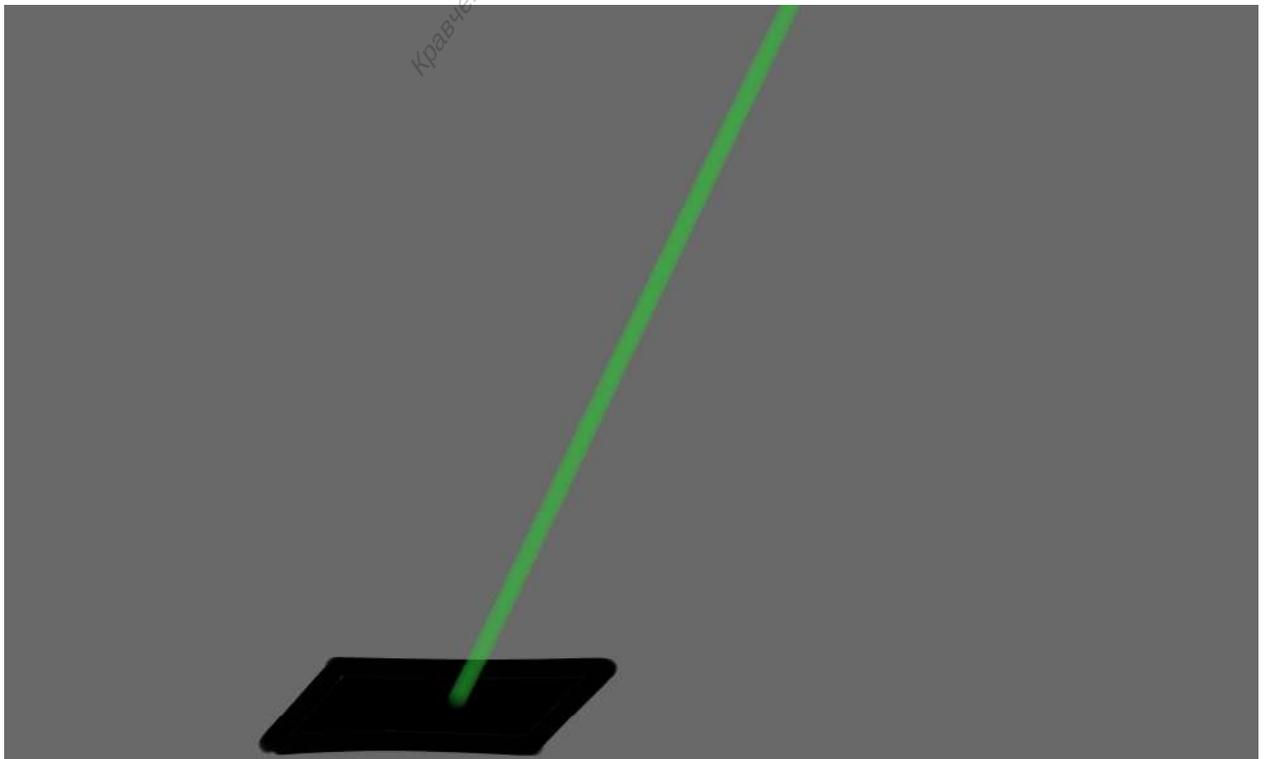


Рисунок 19 – Пример для Давление света: **ПОТОК** врезается в стену



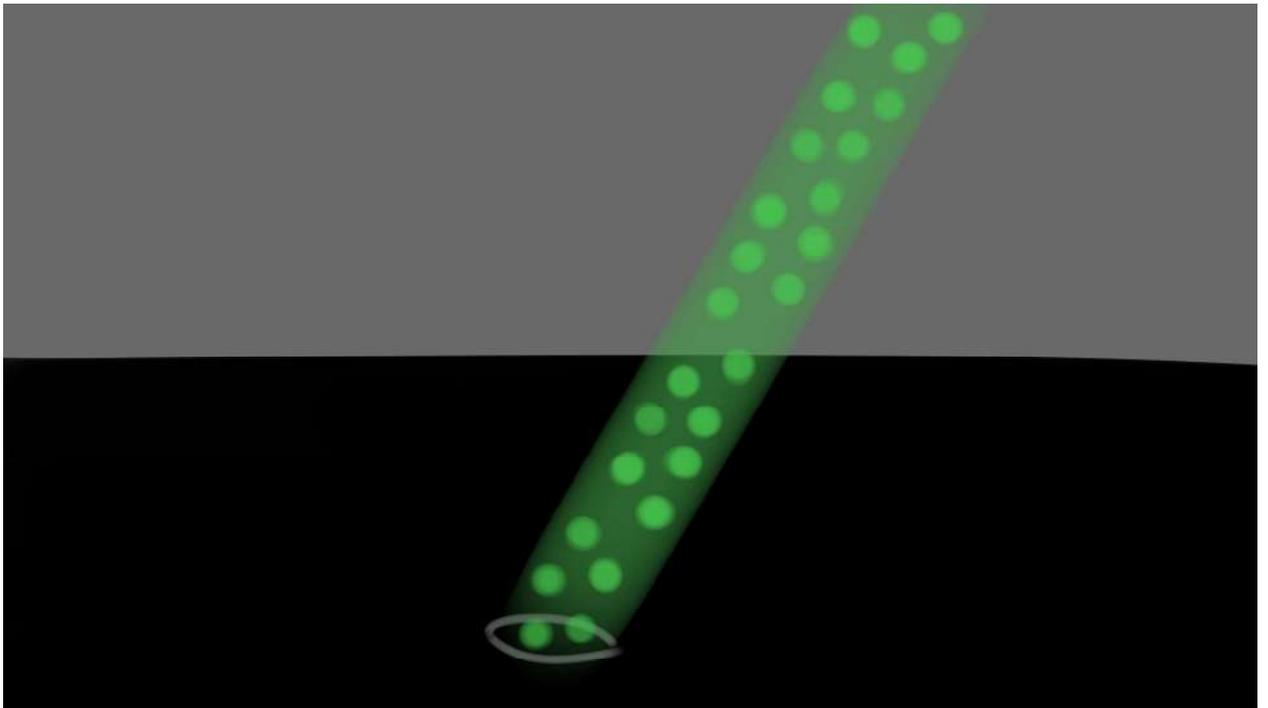
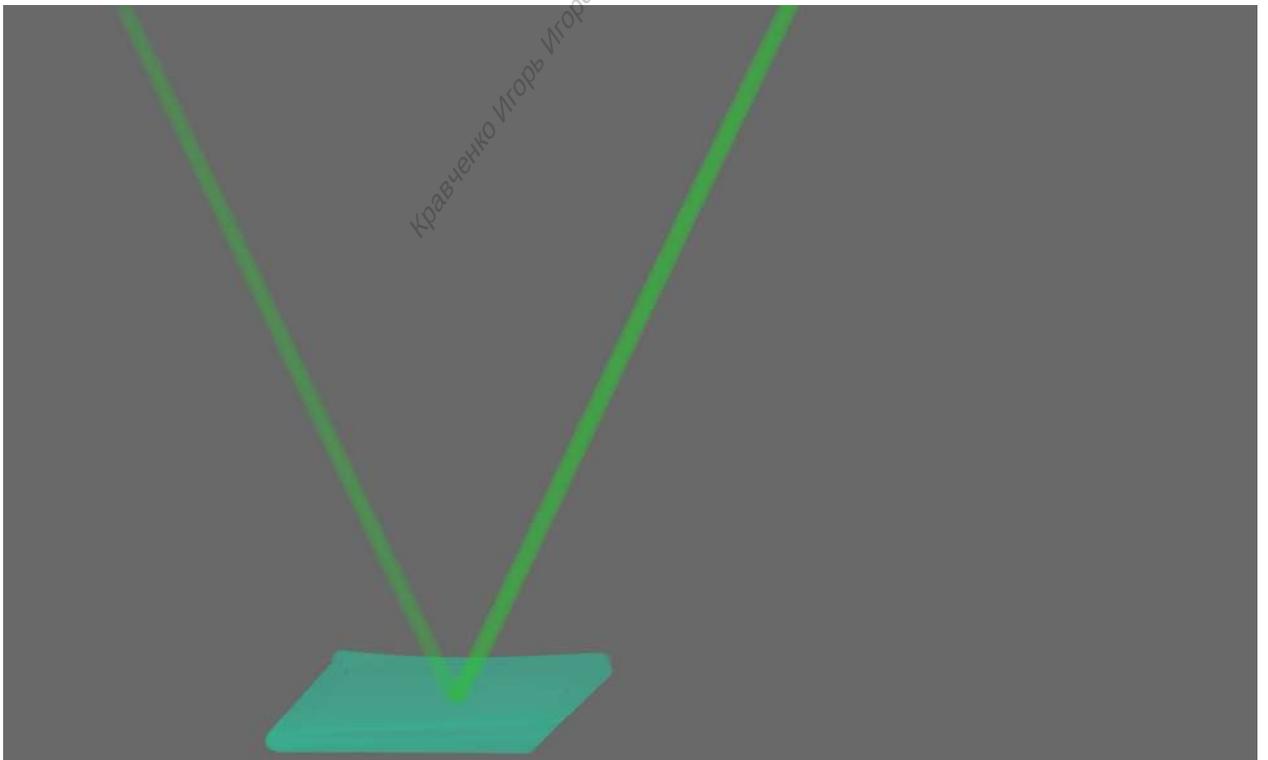


Рисунок 20 – Пример для Давление света: **фотоны** толкают стену

Давление света на отражающую и поглощающую поверхности: (рис.21)



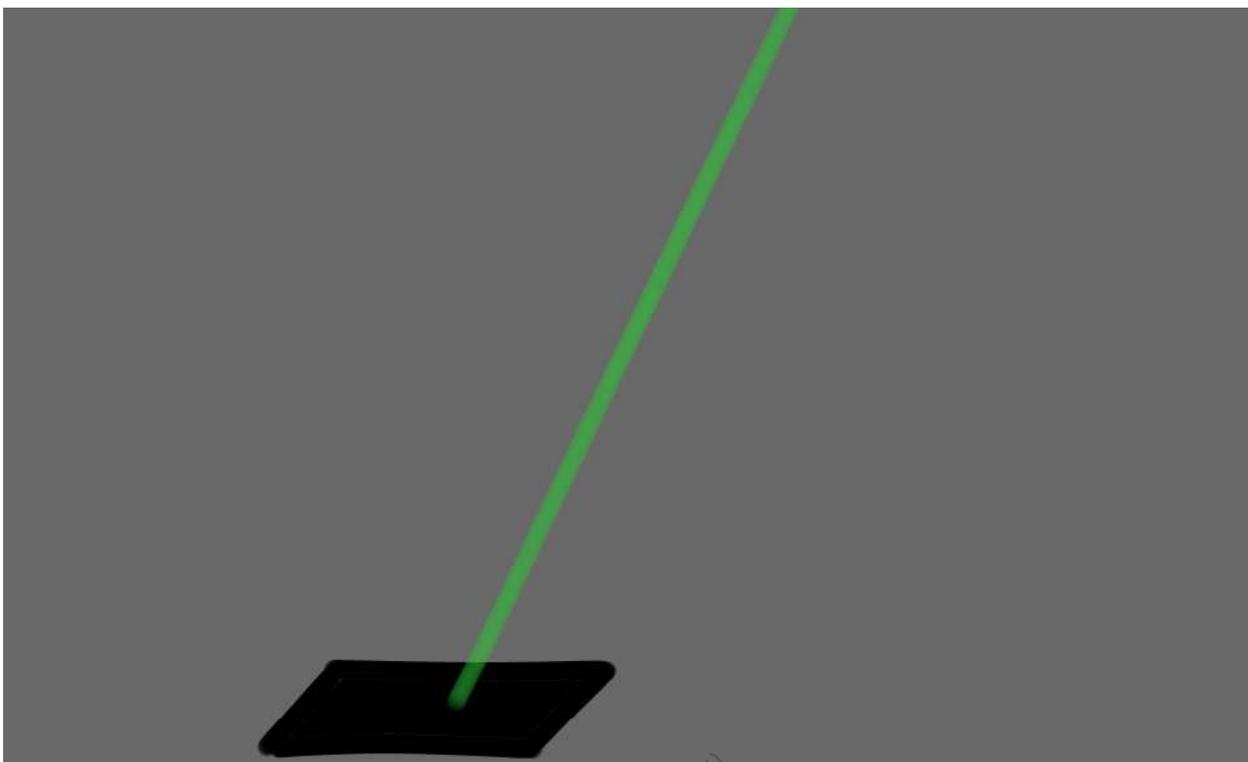


Рисунок 21 – Пример для Давление света: **!!! Давление на отражающую поверхность в 2 раза больше, чем на поглощающую поверхность**

Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94)





ФИЗИКА АТОМА

Физика атома – раздел физики, изучающий строение и свойства атомов.

(рис.1)

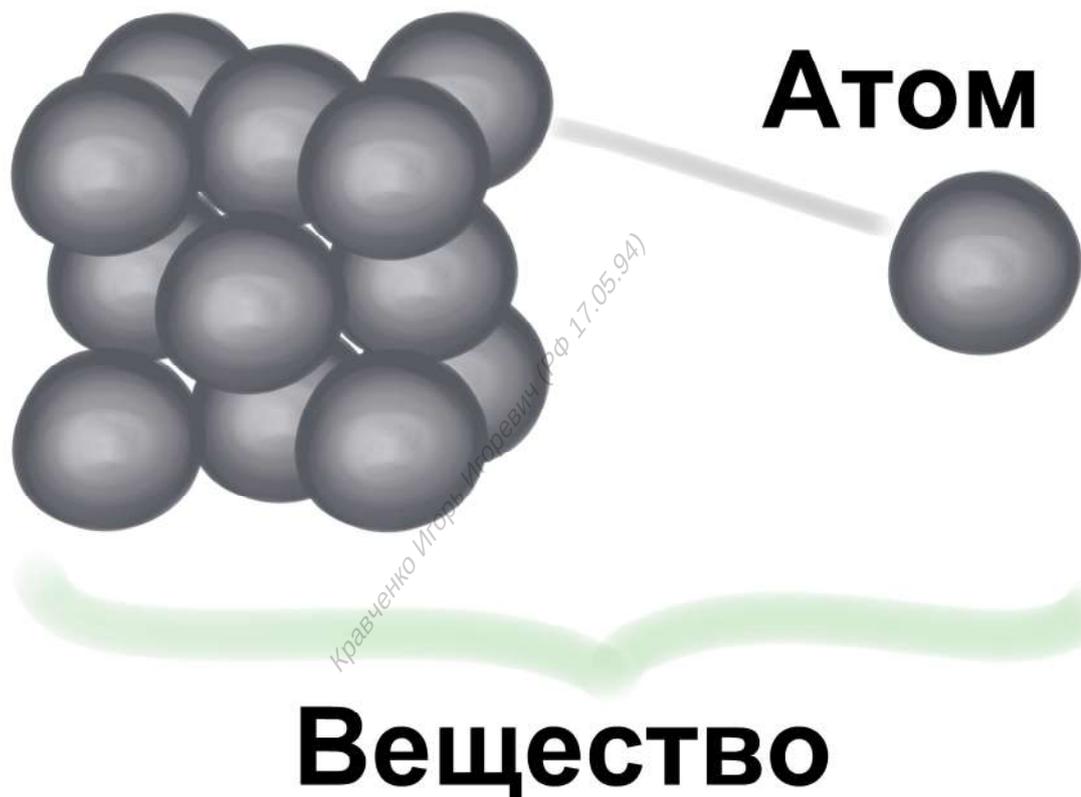


Рисунок 1 – Пример для Физика атома: атом куска [Al]

Планетарная модель атома: (рис.2)



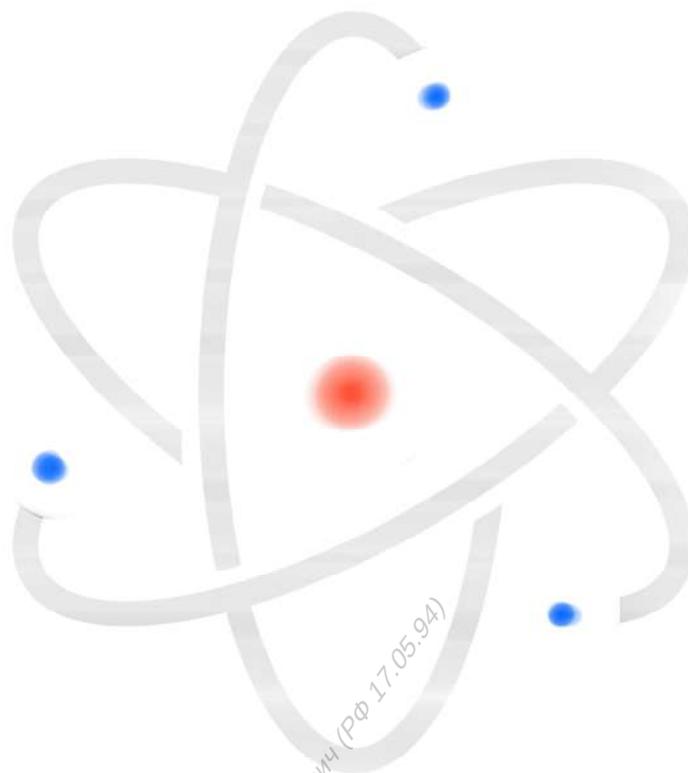


Рисунок 2 – Пример для **Планетарная модель атома:**

• «**Солнце-ядро**» . • «**Планета-электрон**» .

Атомная система – группа атомов. (рис.3)

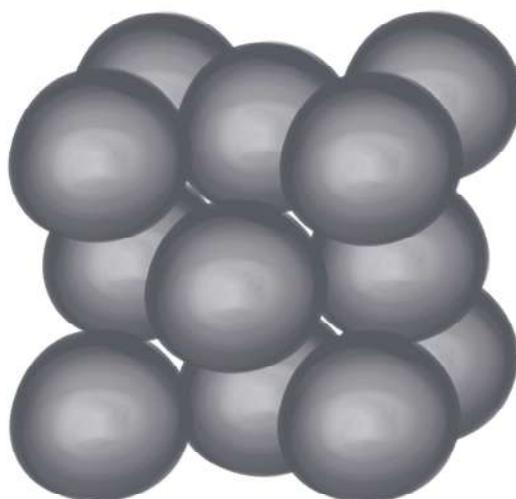


Рисунок 3 – Пример для **Атомная система: связанная «куча»**





Постулаты Бора:

1. Атом (атомная система) может находиться только в особых состояниях с определенной энергией. В особом состоянии атом не излучает эл.магн. волны. (рис.4)



Рисунок 4 – Пример для **Постулат Бора №1: электрон** может « летать » только на выделенных « **особых расстояниях** » (уровни)

Стационарное состояние – особое состояние атома (атомной системы) в постулате №1 Бора. (рис.5)

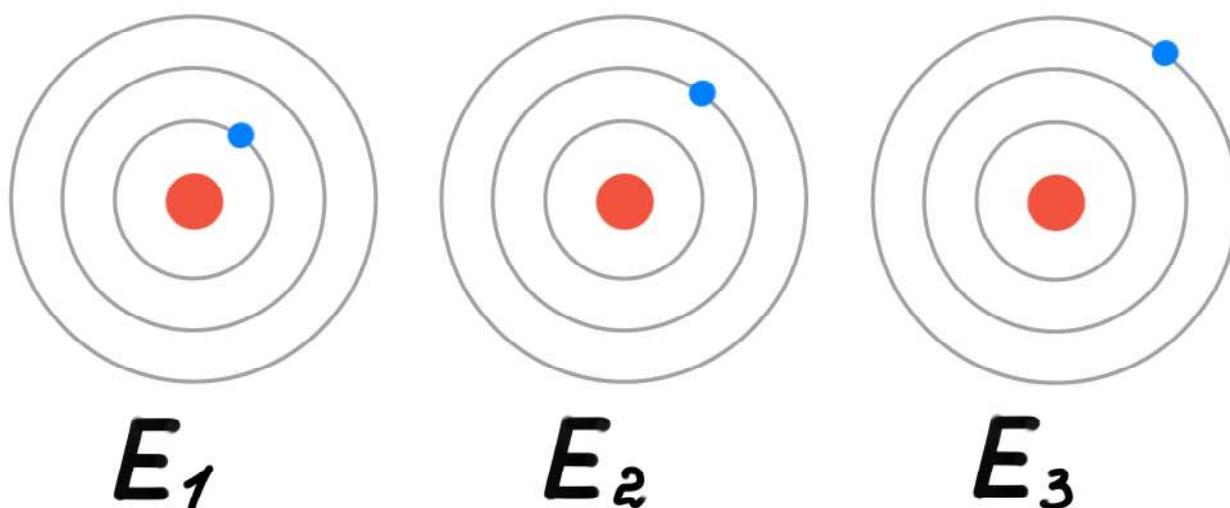


Рисунок 5 – Пример для **Стационарное состояние: $E_1 < E_2 < E_3$**



2. Атом переходит из стационарного состояния с энергией E_n в стационарное состояние с энергией E_k , где $E_n > E_k$:

« **излучается фотон** с энергией $E_n - E_k$ »

(рис.6)

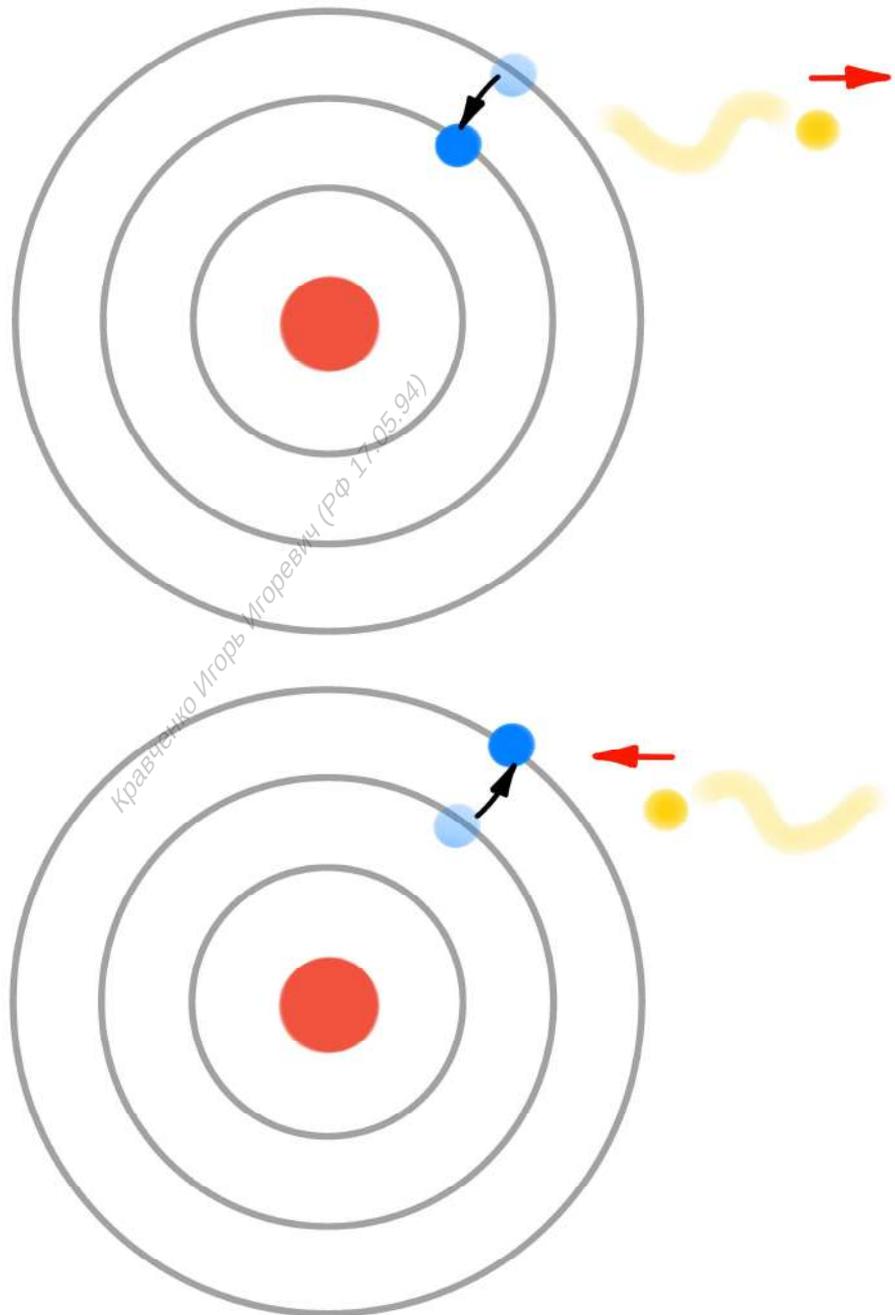


Рисунок 6 – Пример для Постулат Бора №2:

но если **фотон** с энергией E_ϕ попадает на атом с энергией E_k :

« **атом переходит** в энергию $E_k + E_\phi$ »

(только если атом имеет стационарный уровень $E_n = E_k + E_\phi$)

3. Электрон может двигаться классически только особыми образами.

(рис.7)

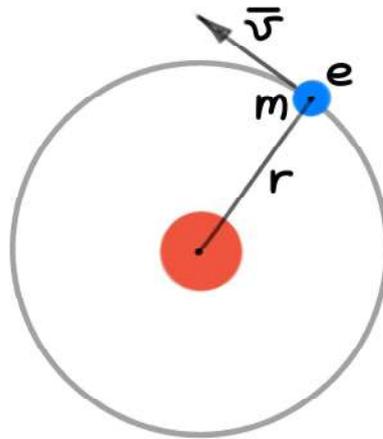


Рисунок 7 – Пример для **Постулат Бора №3**: электрон может двигаться **НЕ** с любым сочетанием v и r

Сплошной спектр: (рис.8)



Рисунок 8 – Пример для **Сплошной спектр**:
белый свет = непрерывная смесь цветных светов

Линейчатый спектр: (рис.9, 10)



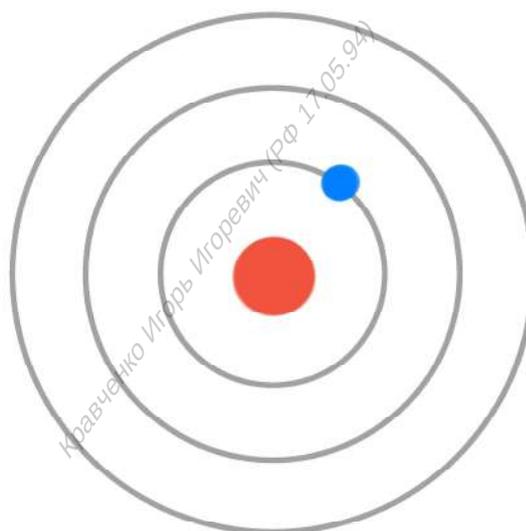
Рисунок 9 – Пример для **Линейчатый спектр**:
испускание света горячим газом (водород)



Рисунок 10 – Пример для **Линейчатый спектр:**
поглощение света холодным газом (водород)

Основное состояние атома – состояние, к которому атом стремится.

(рис.11)

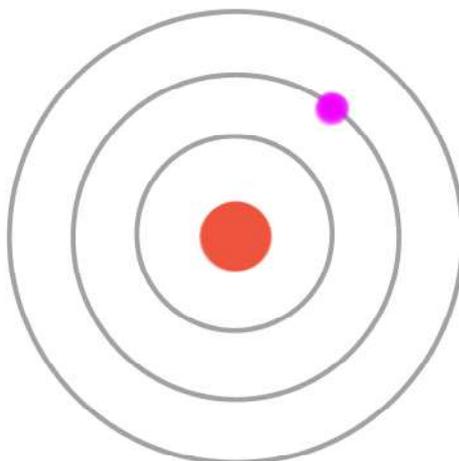


E_1

Рисунок 11 – Пример для **Основное состояние атома**: атом **желает** долго оставаться в таком состоянии, **электрон желает** двигаться по этой орбите

Возбужденное состояние атома – **НЕ** основное состояние атома. (рис.12)





$$E_2$$

Рисунок 12 – Пример для **Возбужденное состояние атома**: атом **НЕ желает** долго оставаться в таком состоянии, **электрон НЕ желает** двигаться по этой орбите

Внимание.

« **Энергия возбужденного** состояния > **Энергия основного** состояния »

(рис.13)



Рисунок 13 – Пример для **Возбужденное и основное состояния**:

основное состояние = •e на \bigcirc

возбужденные состояния = •e на \bigcirc или \bigcirc





Внимание. Орбиты атома представить как уровни: (рис.14)



Рисунок 14 – Пример для Орбиты атома = уровни: ↑E ⇒ выше уровень

Вынужденное излучение – излучение атома из-за внешнего облучения.

(рис.15)

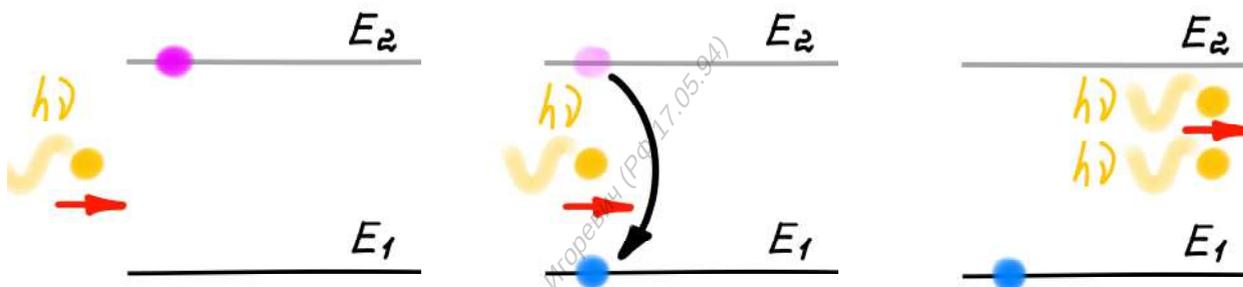


Рисунок 15 – Пример для Возбужденное и основное состояния:

падение фотона на возбужденный атом



фотон вынуждает переход атома в основное состояние



атом в основном состоянии, произошло **усиление света**

Изображение энергетического состояния группы атомов: (рис.16, 17)

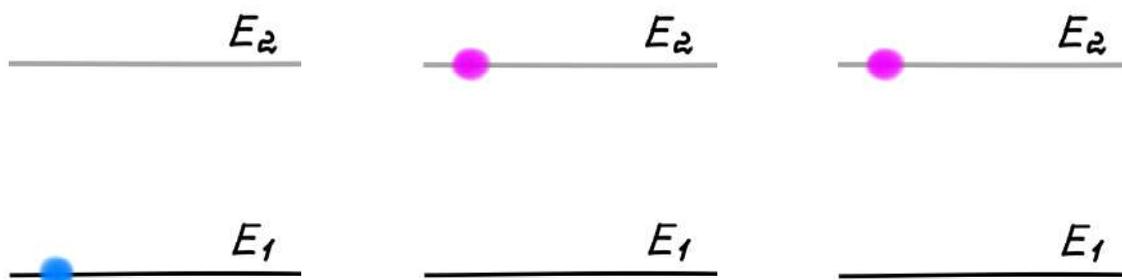


Рисунок 16 – Пример для Изображение состояния группы атомов:

три отдельных атома с своими состояниями



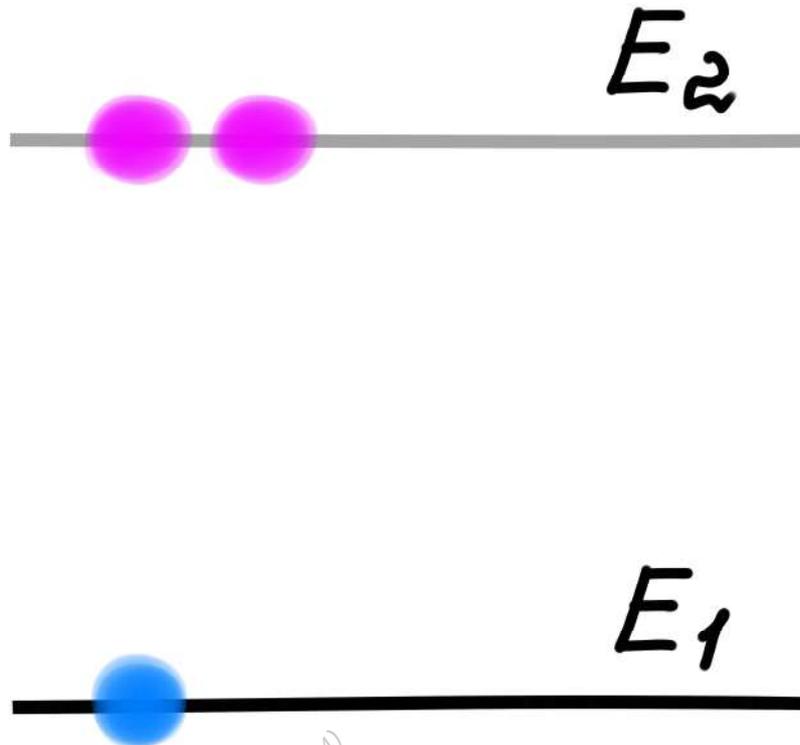


Рисунок 17 – Пример для **Изображение состояния группы атомов:**
группа из трех атомов с своими состояниями (в теле)

Населенность – распределение группы атомов по уровням. (рис.18)

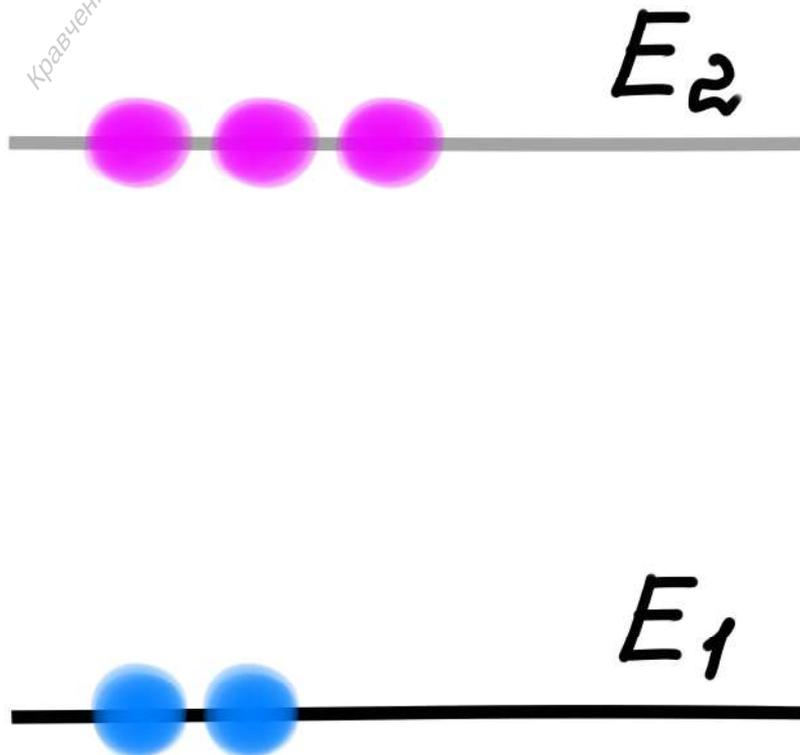


Рисунок 18 – Пример для **Населенность: возбужденных атомов больше**

Виды населенности:

1. Нормальная: (рис.19)

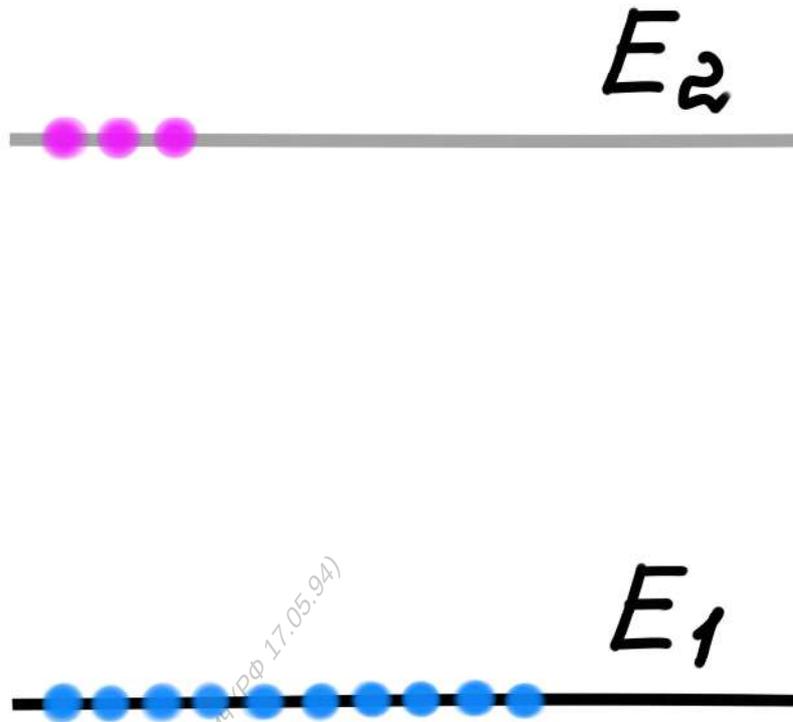


Рисунок 19 – Пример для **Населенность: основное состояние преобладает**

2. Инверсная: (рис.20)

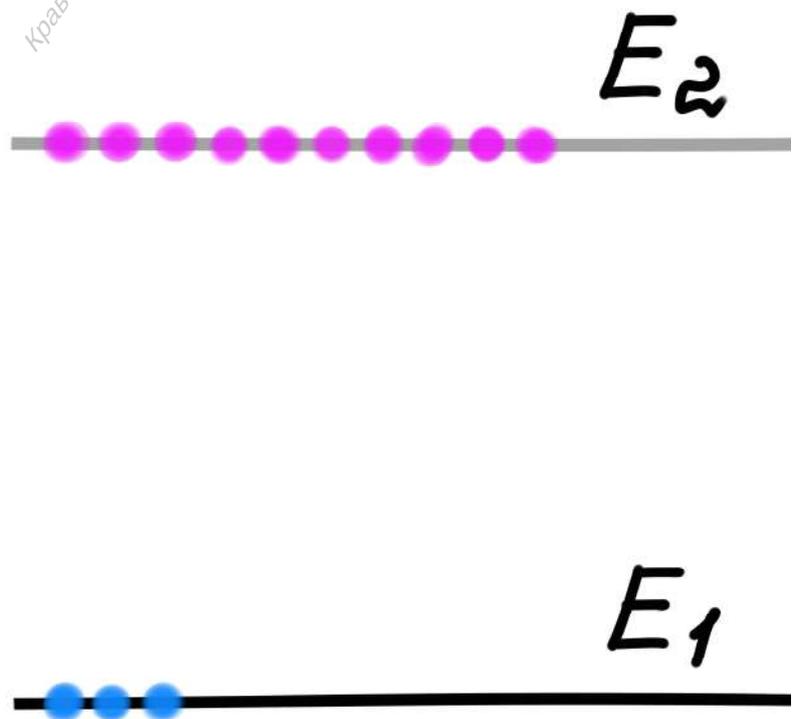


Рисунок 20 – Пример для **Населенность: возбужденное состояние преобладает**



Трехуровневая энергетическая система: (рис.21)



Рисунок 21 – Пример для Трехуровневая энергетическая система:
3-уровневый атом

Лазер – устройство, создающее свет, усиленный посредством вынужденного излучения. (рис.22)

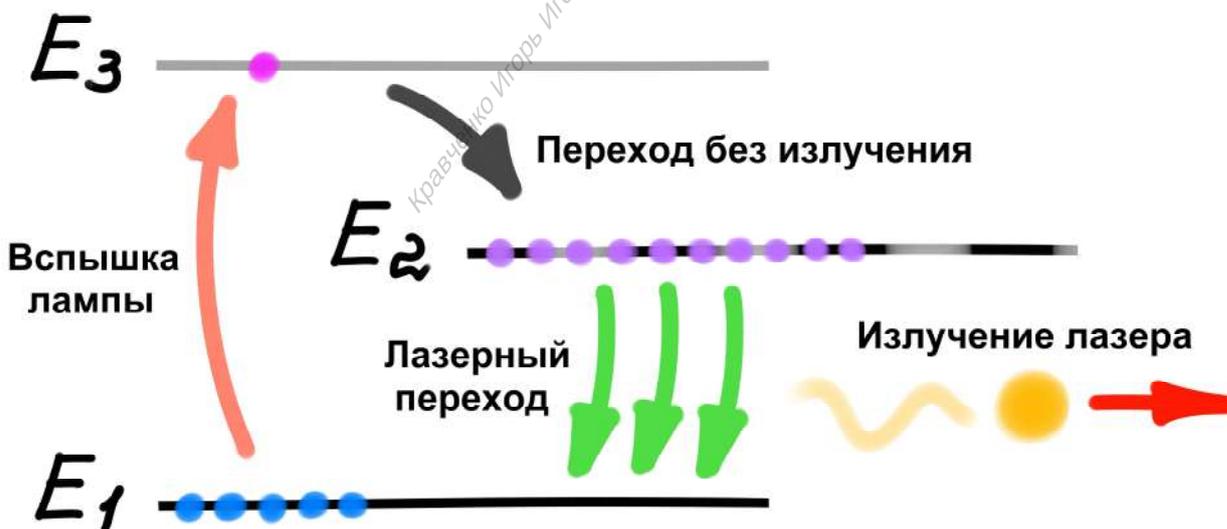


Рисунок 22 – Пример для Лазер:

тело мощно освещается ($E_1 \rightarrow E_3$) большинство атомов возбуждены



атомы переходят в метастабильное состояние быстро ($E_3 \rightarrow E_2$)



метастабильный атом совершает лазерный переход, вызывая вынужденные излучения других метастабильных атомов (усиление света)



Устройство лазера: (рис.23)

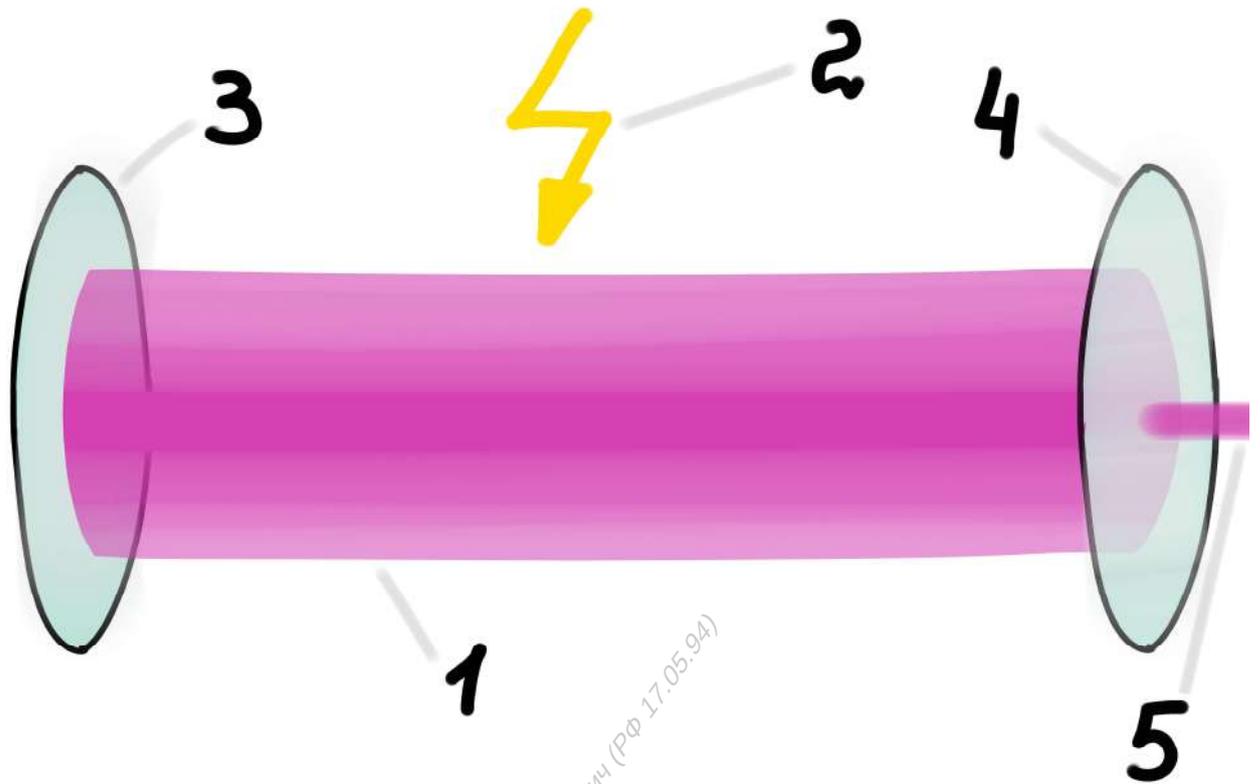


Рисунок 23 – Пример для Устройство лазера:

1 – тело с атомами (активная среда). **2** – вспышка. **3** – непрозрачное зеркало. **4** – полупрозрачное зеркало. **5** – лазерный луч.



ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА

Физика атомного ядра – раздел физики, изучающий ядерные строения, свойства, явления. (рис.1)

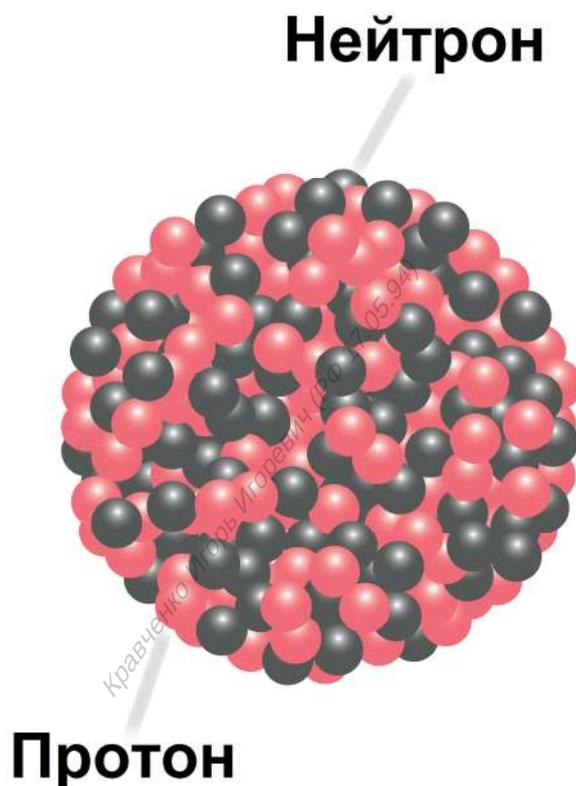


Рисунок 1 – Пример для Физика атомного ядра: **Нуклонная модель ядра** Гейзенберга-Иваненко (ядро обозначают «X» или «Y» и т.д.)

Заряд ядра – заряд из-за протонов. (рис.2)



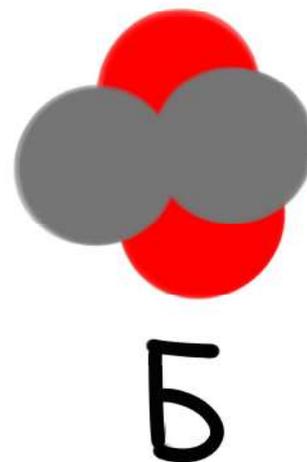
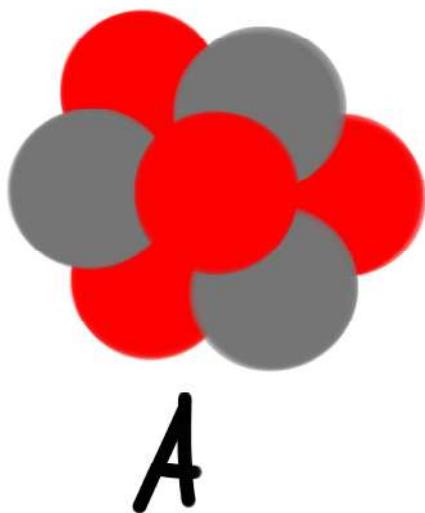


Рисунок 2 – Пример для **Заряд ядра: каждый протон несет e-заряд:**
ядро А: **4e** . Ядро Б: **2e** .

Зарядовое число ядра (Z [..]) – количество протонов. (рис.3)

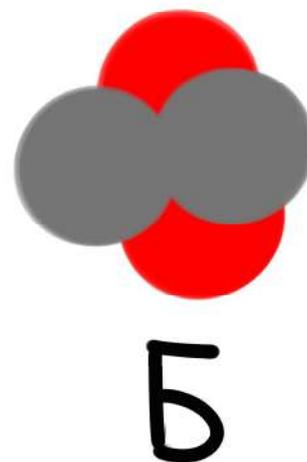
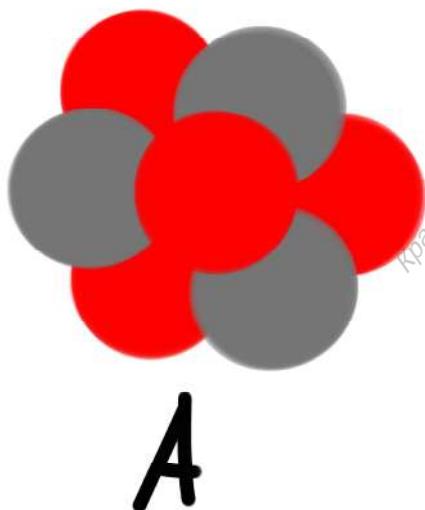


Рисунок 3 – Пример для **Зарядовое число ядра:** ядро А: 4 . Ядро Б: 2 .

Внимание. Частица ядра = нуклон !!!

Массовое число ядра (A [..]) – количество нуклонов. (рис.4)



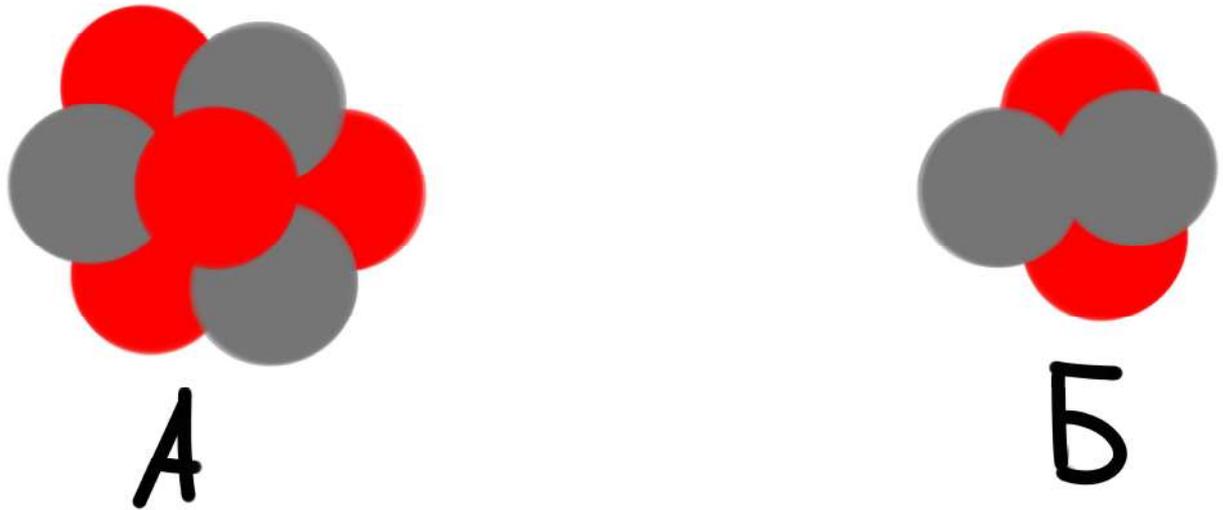


Рисунок 4 – Пример для **Массовое число ядра**: ядро А: 7 . Ядро Б: 4 .

Изотопы – атомы, отличающиеся только **числом нейтронов** ядра. (рис.5)

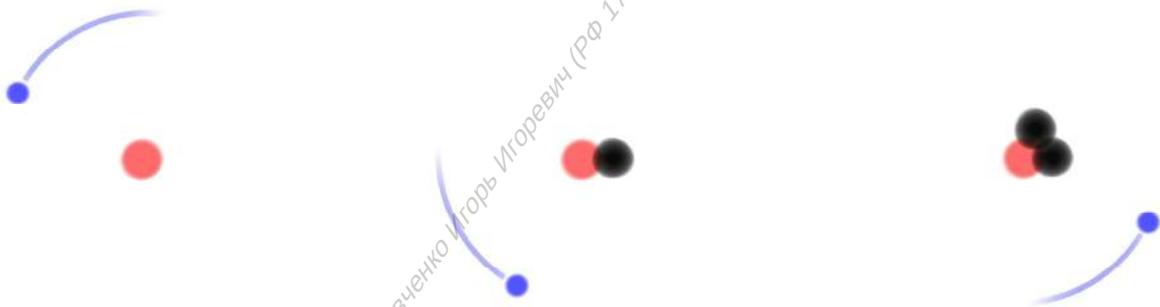


Рисунок 5 – Пример для **Изотопы**: водорода

Энергия связи ядра ($E_{св}$ [Дж]) – энергия, которую нужно **передать ядру**, чтобы **разделить ядро на нуклоны**. (рис.6)



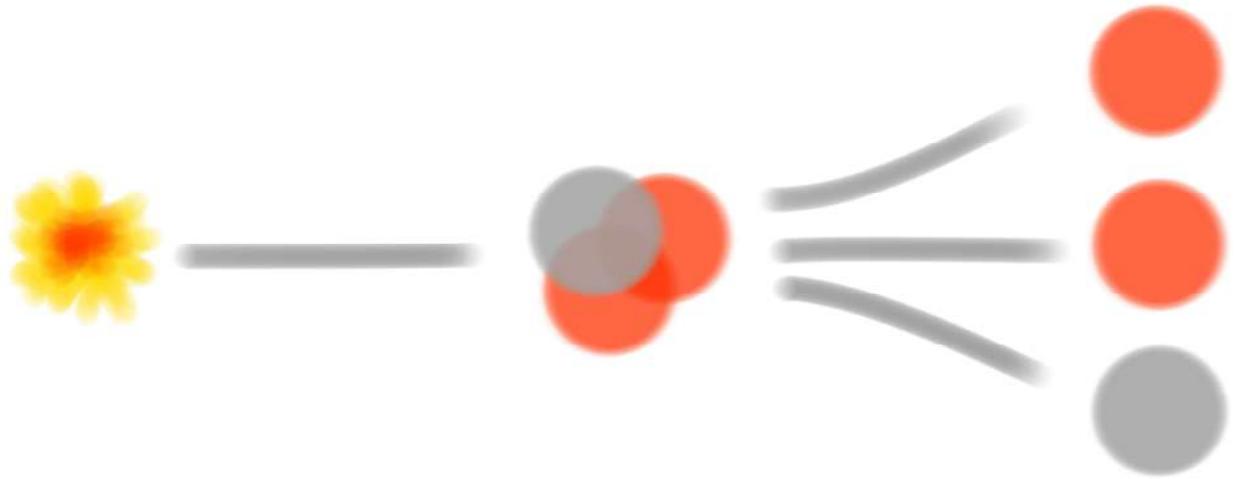


Рисунок 6 – Пример для **Энергия связи ядра**: может разбить ядро

Ядерные силы: (рис.7)

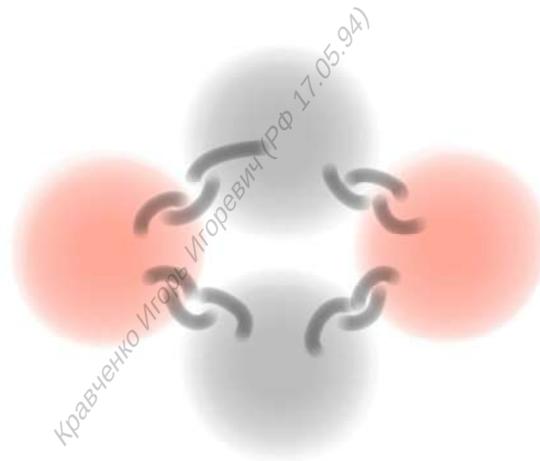


Рисунок 7 – Пример для **Ядерные силы**: **сильное взаимодействие** держит нуклоны рядом (воображаемые цепи как силы)

Дефект массы ядра: (рис.8)



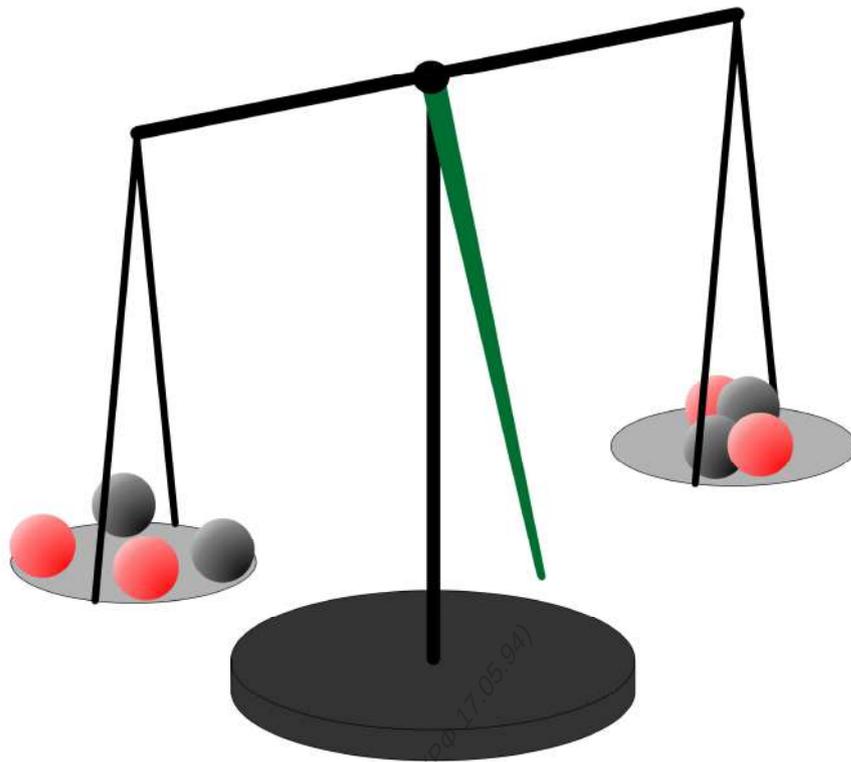


Рисунок 8 – Пример для Дефект массы ядра:
масса разделенных > масса соединенных

Внимание. Радиоактивное ядро (R-ядро) – самопроизвольно распадающееся ядро.

Радиоактивность – самопроизвольный распад ядра. (рис.9)



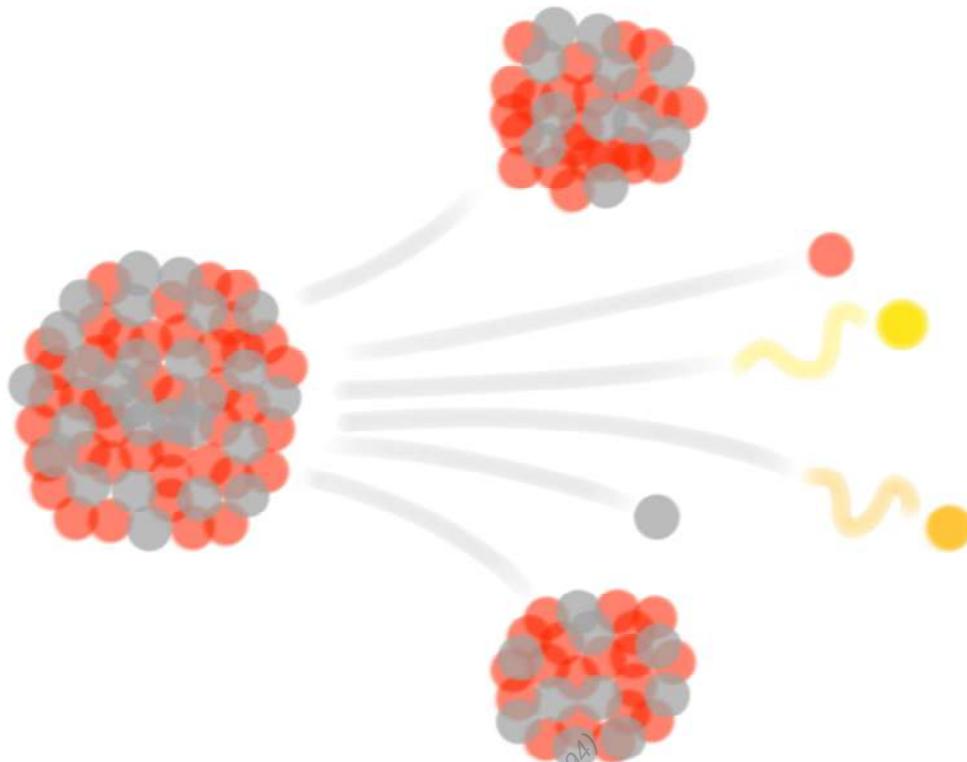


Рисунок 9 – Пример для Радиоактивность: ●ядро может дать:

●ядра, ∙нуклоны, ~излучение

Виды радиоактивного распада (R-распад):

1. Альфа-распад: (рис.10)

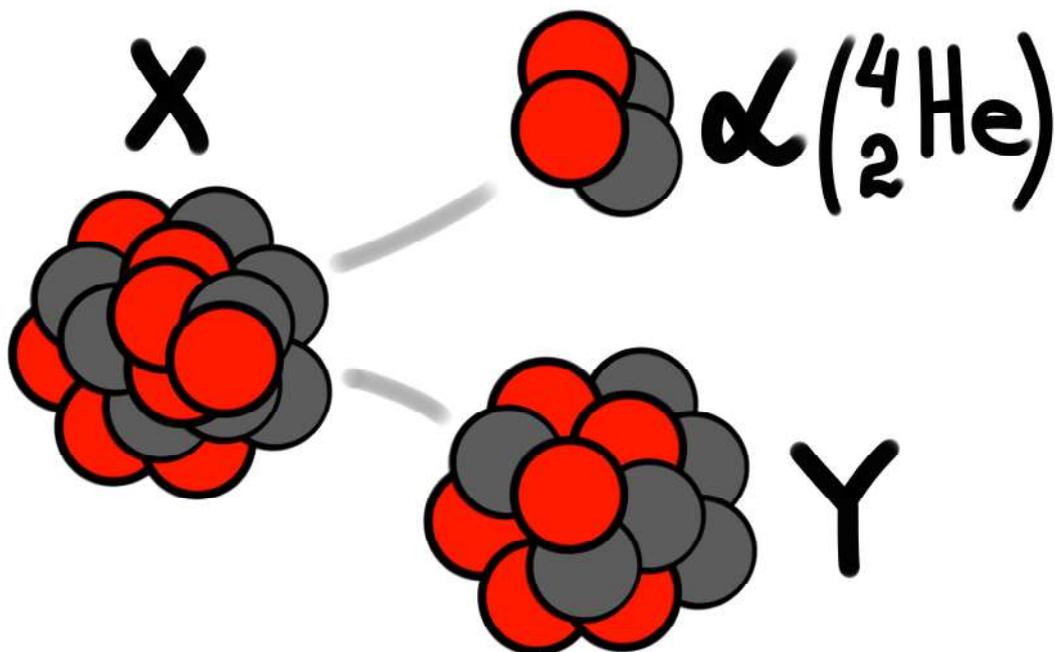


Рисунок 10 – Пример для α-распад: ●ядро дает: ядро He[2p , 2n] (α-частица)



2. Бета-распад:

Электронный: (рис.11)

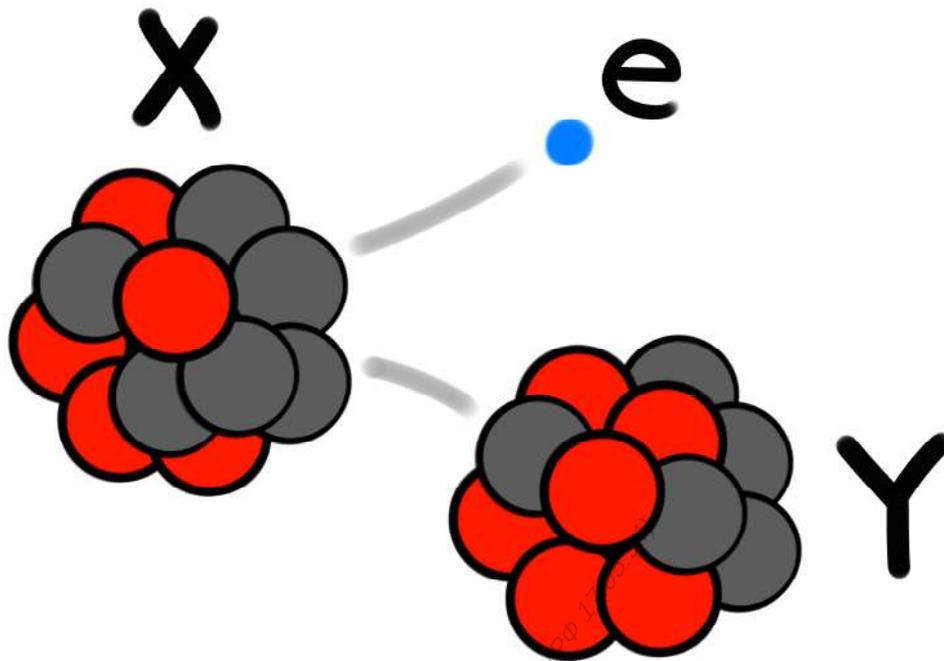


Рисунок 11 – Пример для β^- -распад: ●ядро дает: электрон e (β^- -частица)

Позитронный: (рис.12)

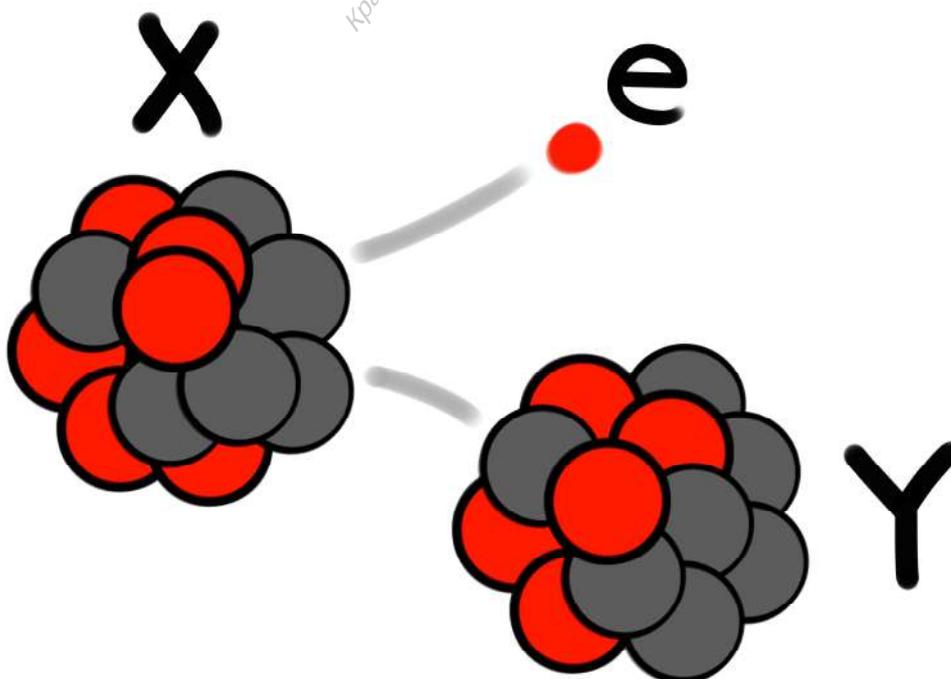


Рисунок 12 – Пример для β^+ -распад: ●ядро дает: позитрон e (β^+ -частица)

3. Гамма-излучение: (рис.13)

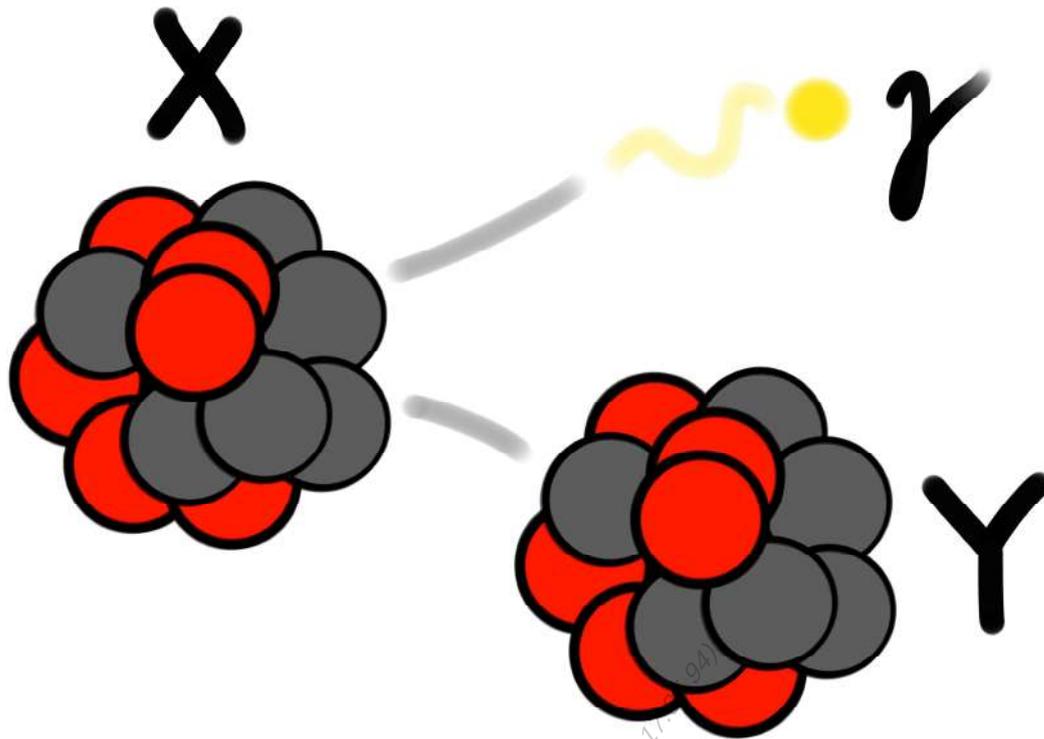


Рисунок 13 – Пример для γ -распад: ●ядро дает:
квант **излучения** (γ -частица)

Внимание. Радиоактивный атом (R-атом) – атом с R-ядром.

Закон радиоактивного распада: (рис.14)

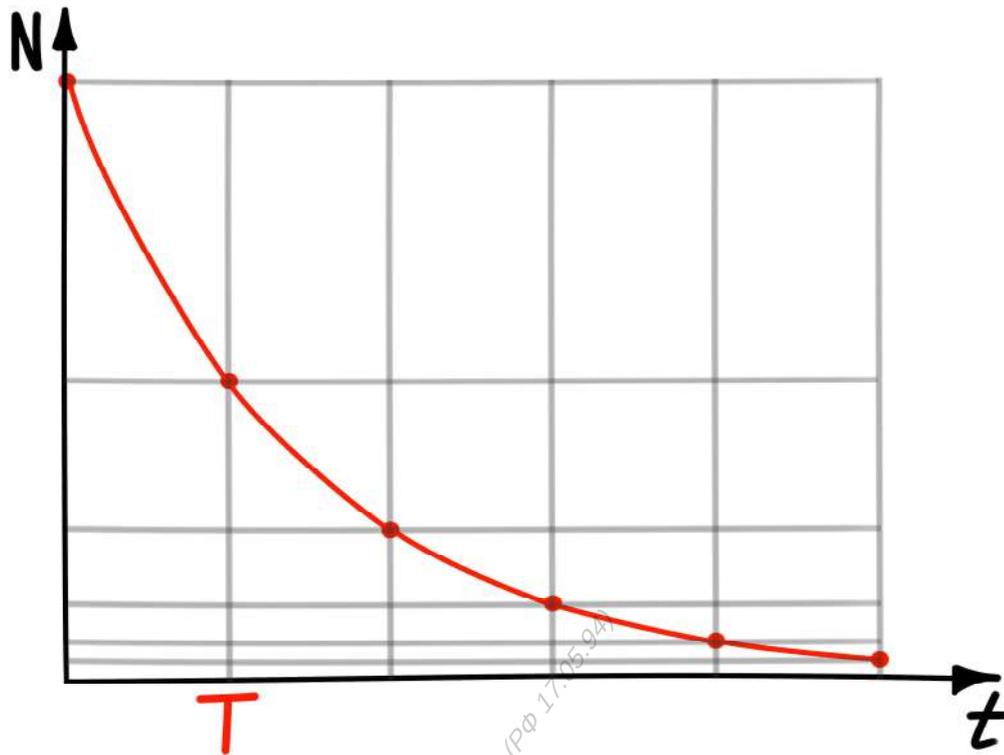


Рисунок 14 – Пример для Закон R-распада:
количество нераспавшихся R-атомов

Ядерная реакция – превращения ядер из-за столкновения с другими ядрами (частицами). (рис.15)



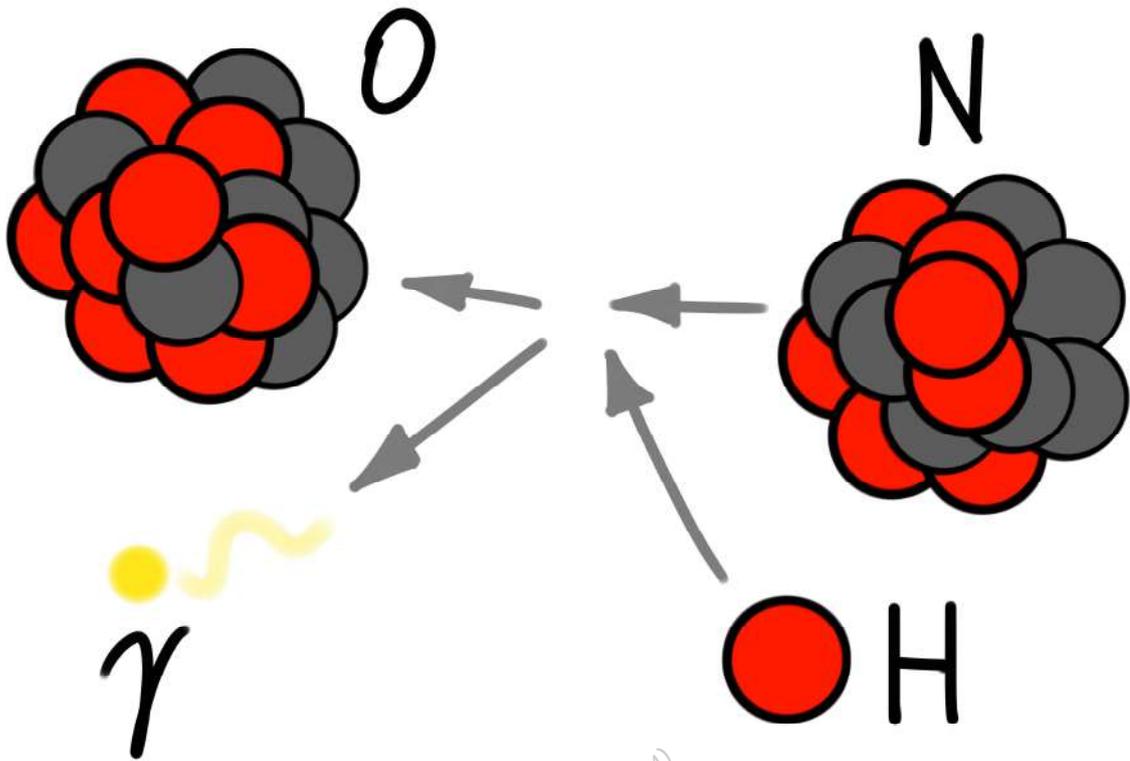


Рисунок 15 – Пример для **Ядерная реакция: $N + H \rightarrow O + \gamma$**

Деление ядер: (рис.16)

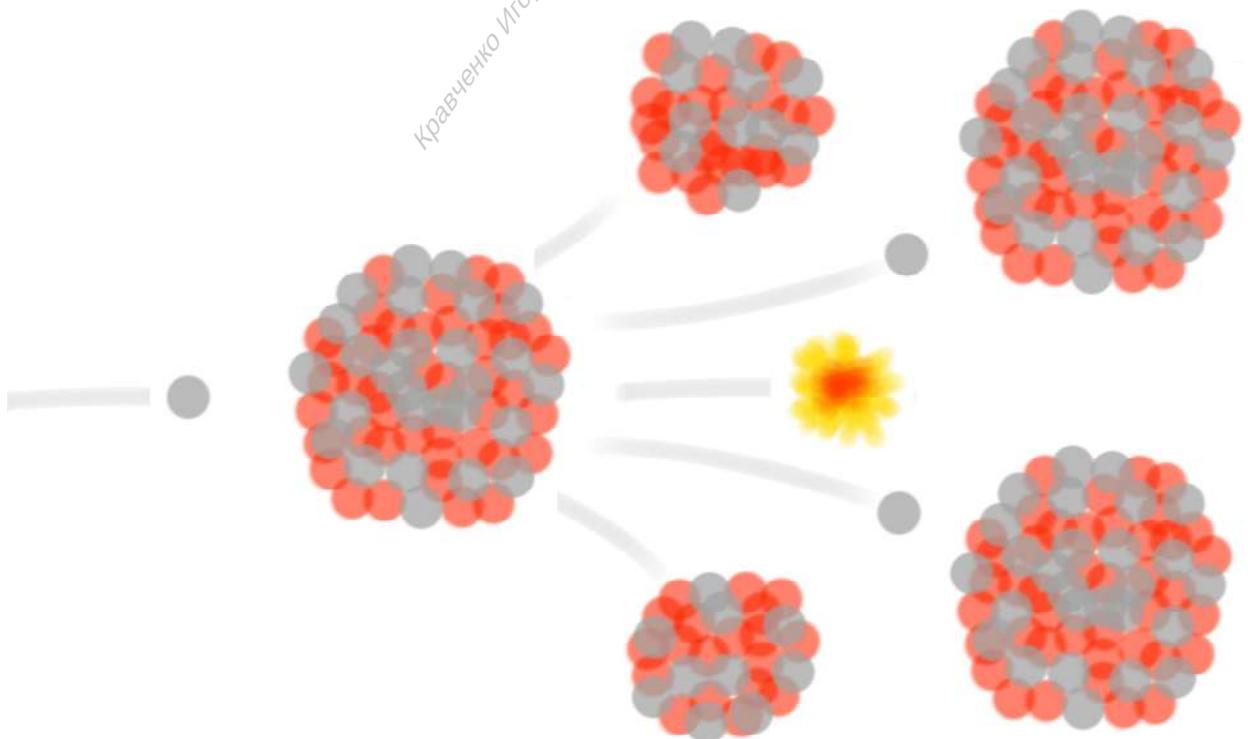


Рисунок 16 – Пример для **Деление ядер: цепная реакция деления тяжелых ядер (появляется ★ энергия)**

Синтез ядер: (рис.17)

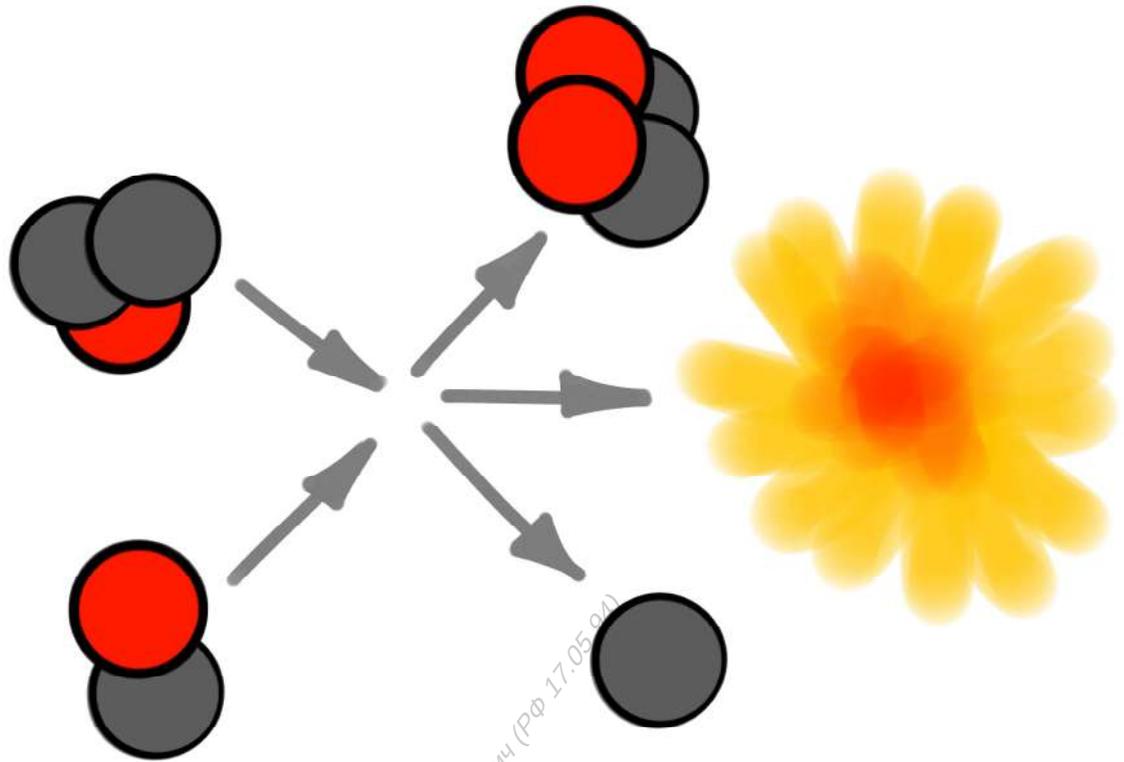


Рисунок 17 – Пример для **Синтез ядер: термоядерная реакция синтеза ($\uparrow T$)**
легких ядер (появляется \star энергия)

ЭЛЕМЕНТЫ АСТРОФИЗИКИ

Солнечная система: (рис.1-4)

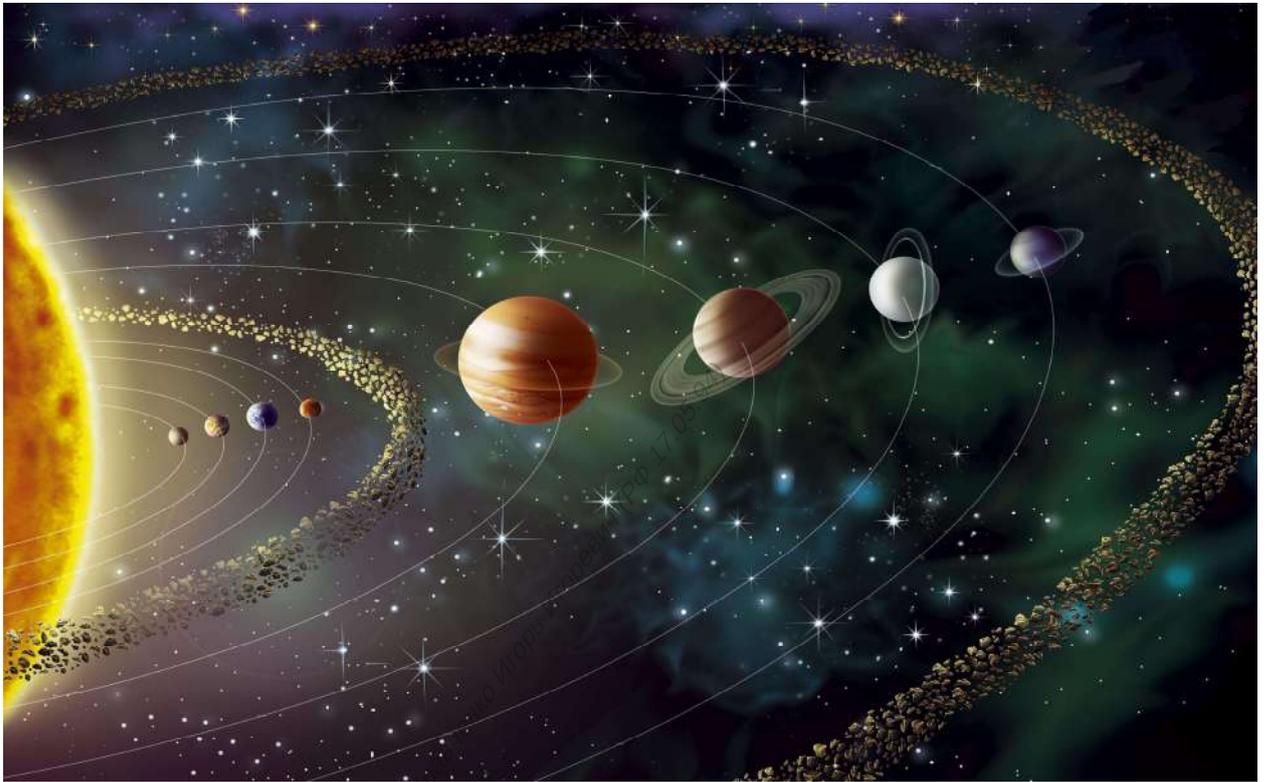


Рисунок 1 – Пример для Солнечная система: группа тел в космосе:
(слева направо) Звезда – 4 планеты – Пояс – 4 планеты – Пояс
(на одной из этих планет живут люди)

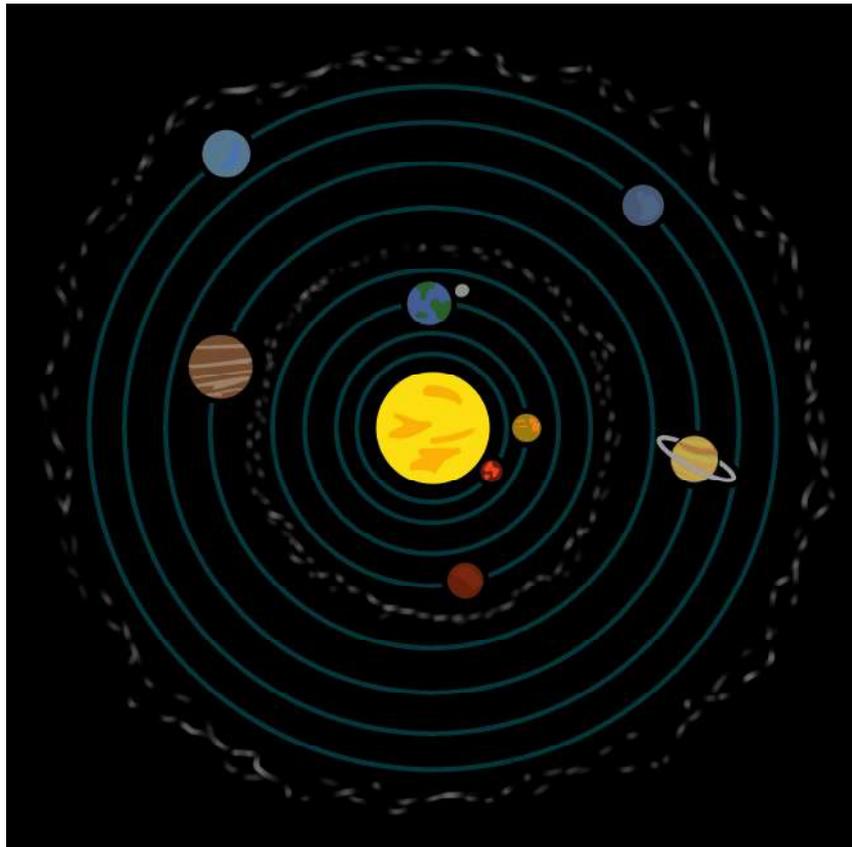


Рисунок 2 – Пример для Солнечная система: полный вид

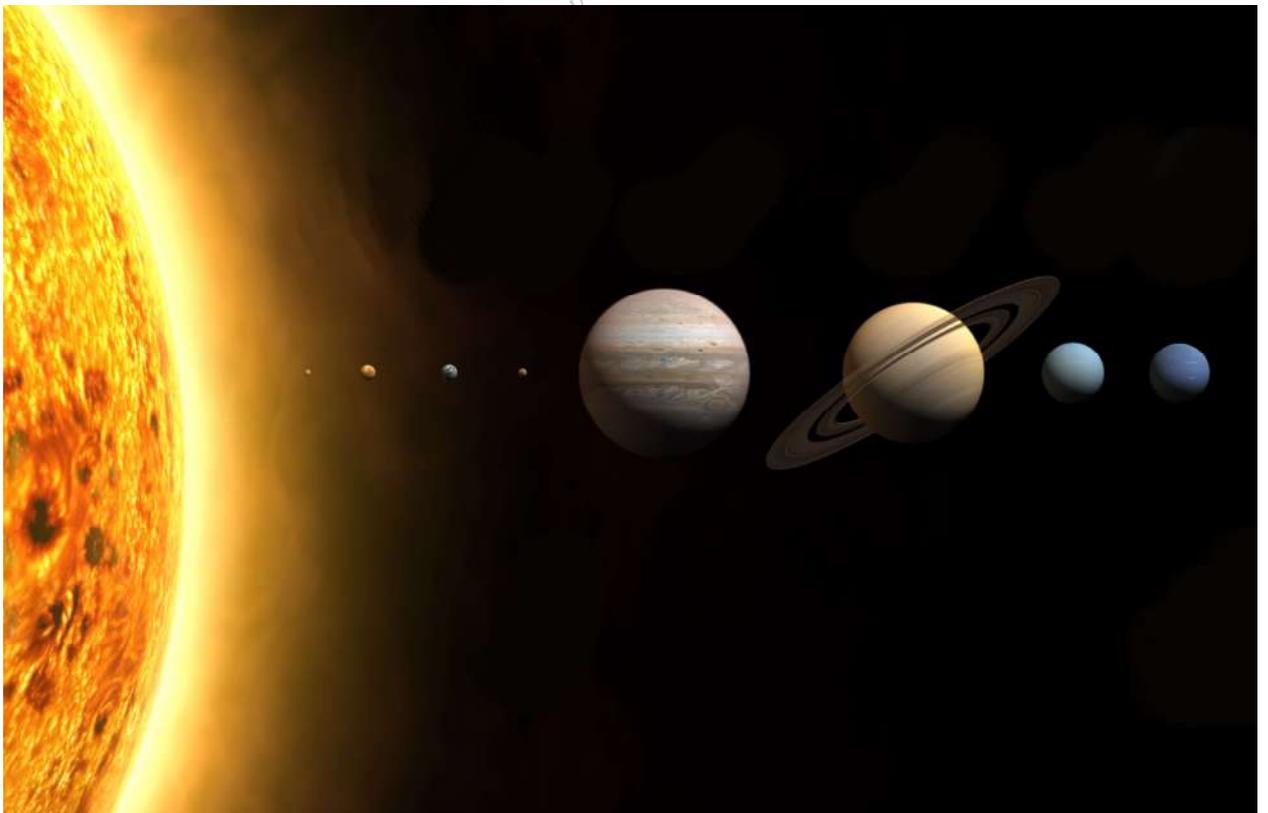


Рисунок 3 – Пример для Солнечная система: планеты (слева направо):

Земная группа: Меркурий, Венера, Земля, Марс.

Группа гигантов: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.





Рисунок 4 – Пример для **Солнечная система: поясы** (слева направо):
Пояс астероидов, Пояс Койпера

Звезда – массивный газовый шар, излучающий свет. (рис.5)

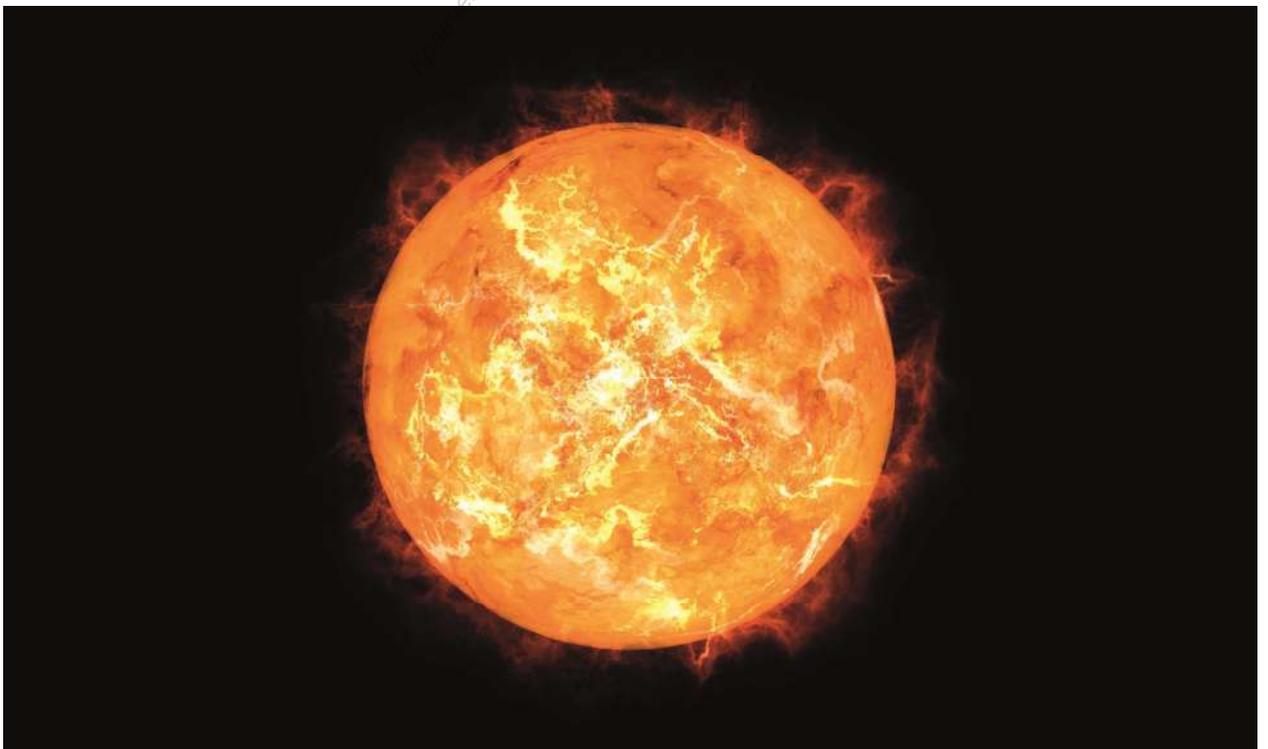


Рисунок 5 – Пример для **Звезда: « горит »**





Звездные характеристики:

1. Масса (M [масса Солнца или M_{\odot}]). (рис.6)

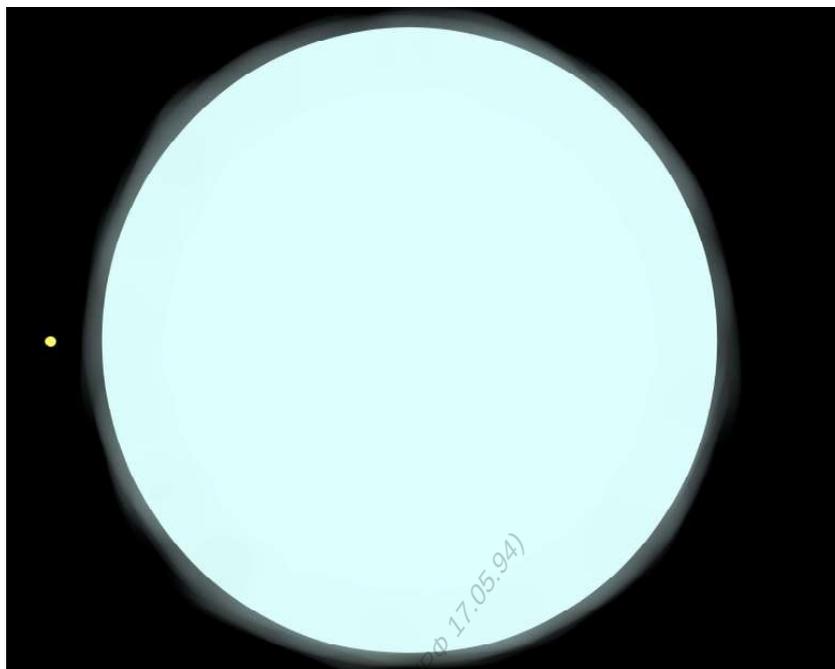


Рисунок 6 – Пример для **Масса**: справа масса в 20 раз больше (слева Солнце)

2. Радиус (R [радиус Солнца или R_{\odot}]). (рис.7)

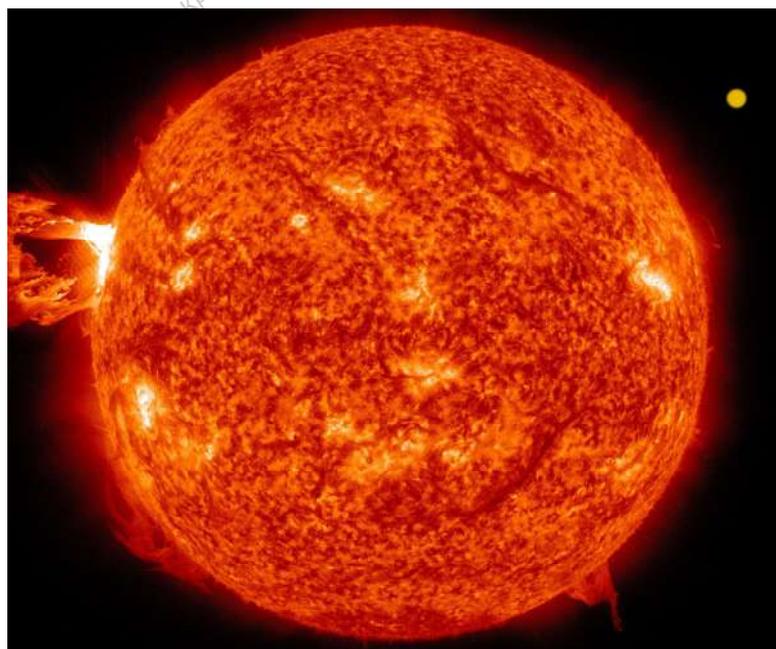


Рисунок 7 – Пример для **Радиус**: слева радиус в 40 раз больше (справа Солнце)



3. Температура (T [K]). (рис.8)

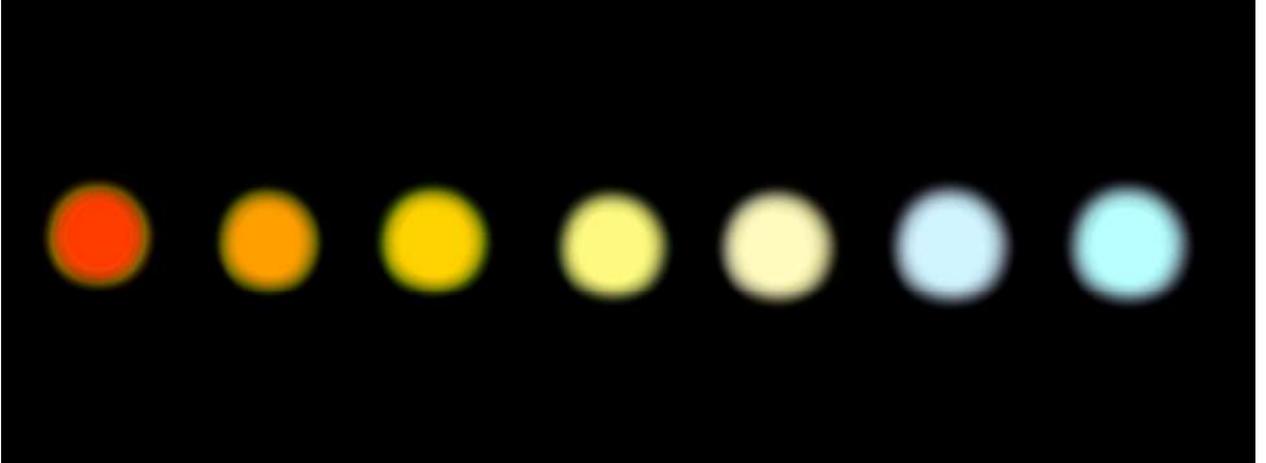


Рисунок 8 – Пример для Температура: слева направо $T \uparrow$ (зависит от цвета)

4. Спектральный класс. (рис.9)

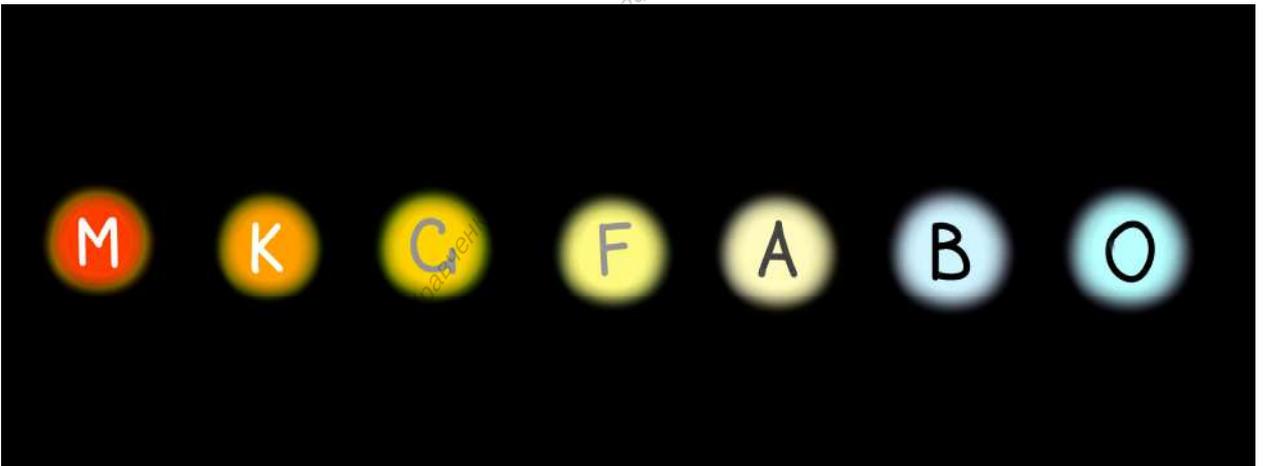


Рисунок 9 – Пример для Спектральный класс: $T_M < T_K < T_G < T_F < T_A < T_B < T_O$

5. Тип размера. (рис.10-13)

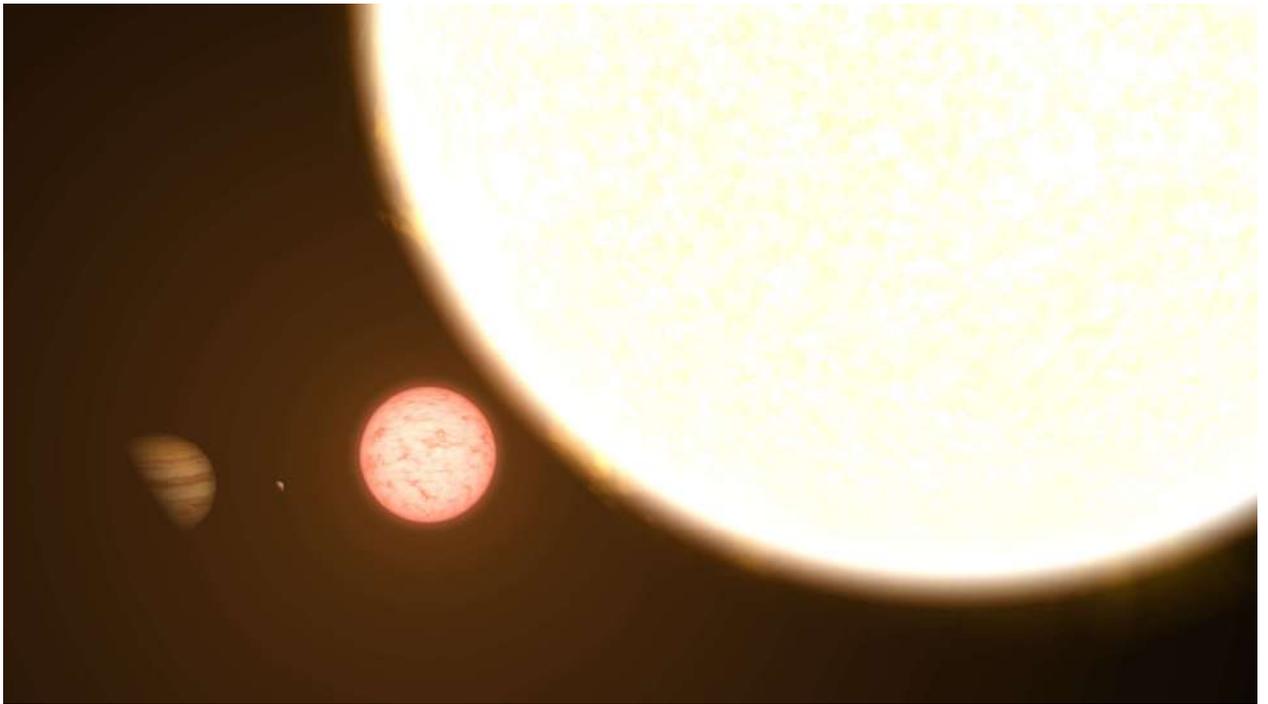


Рисунок 10 – Пример для **Тип размера**: справа налево: Солнце, карлик-звезда, Земля, Юпитер

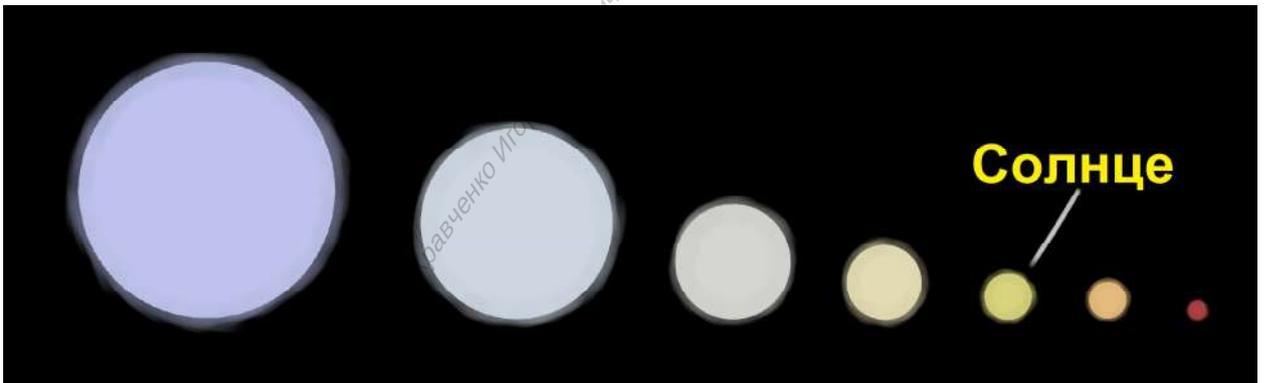


Рисунок 11 – Пример для **Тип размера**: звезды **Главной последовательности** (типа Солнца)

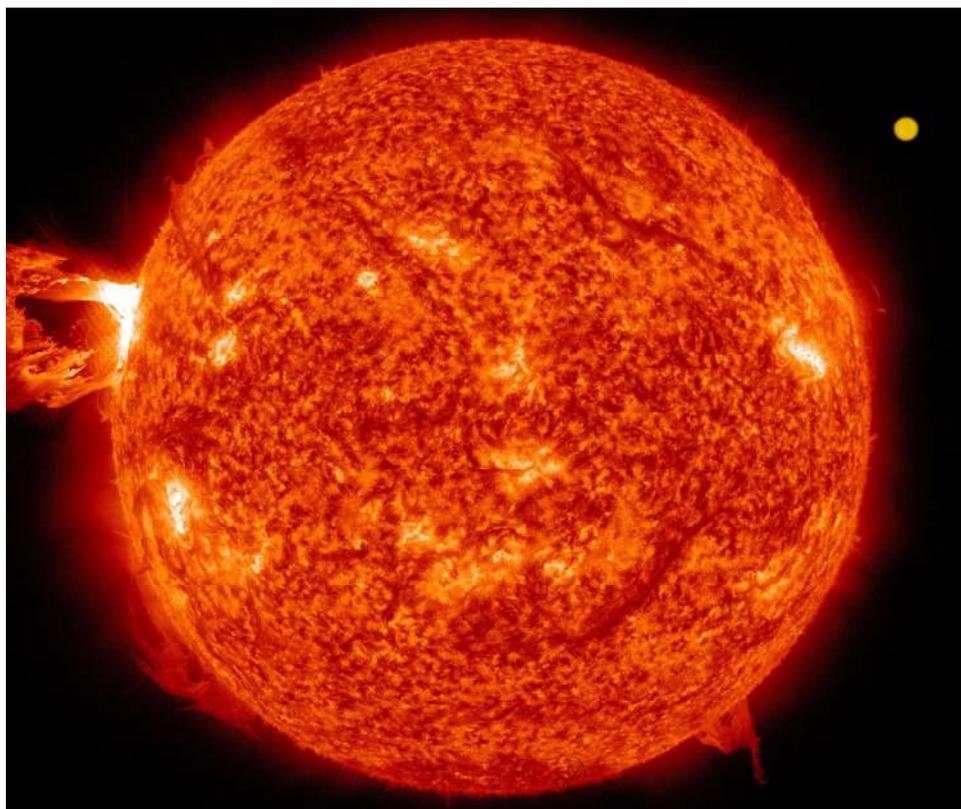


Рисунок 12 – Пример для **Тип размера:**
гигант-звезда (справа Солнце)

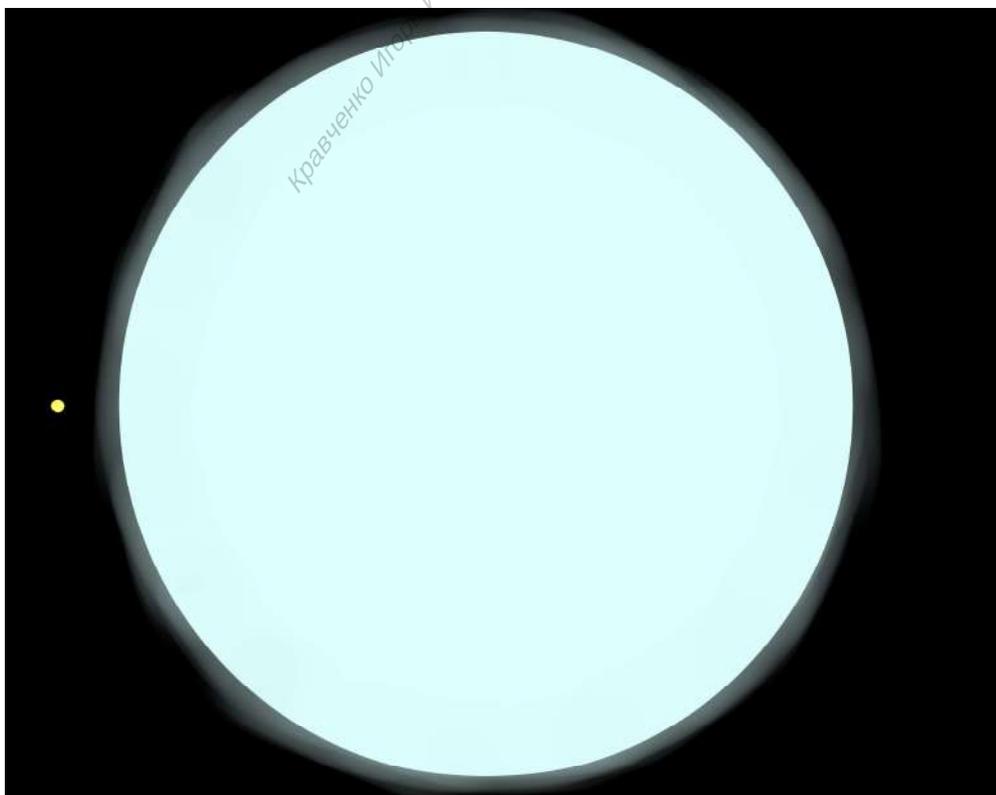


Рисунок 13 – Пример для **Тип размера:**
сверхгигант-звезда (слева Солнце)

6. Светимость (L [Вт]). (рис.14)

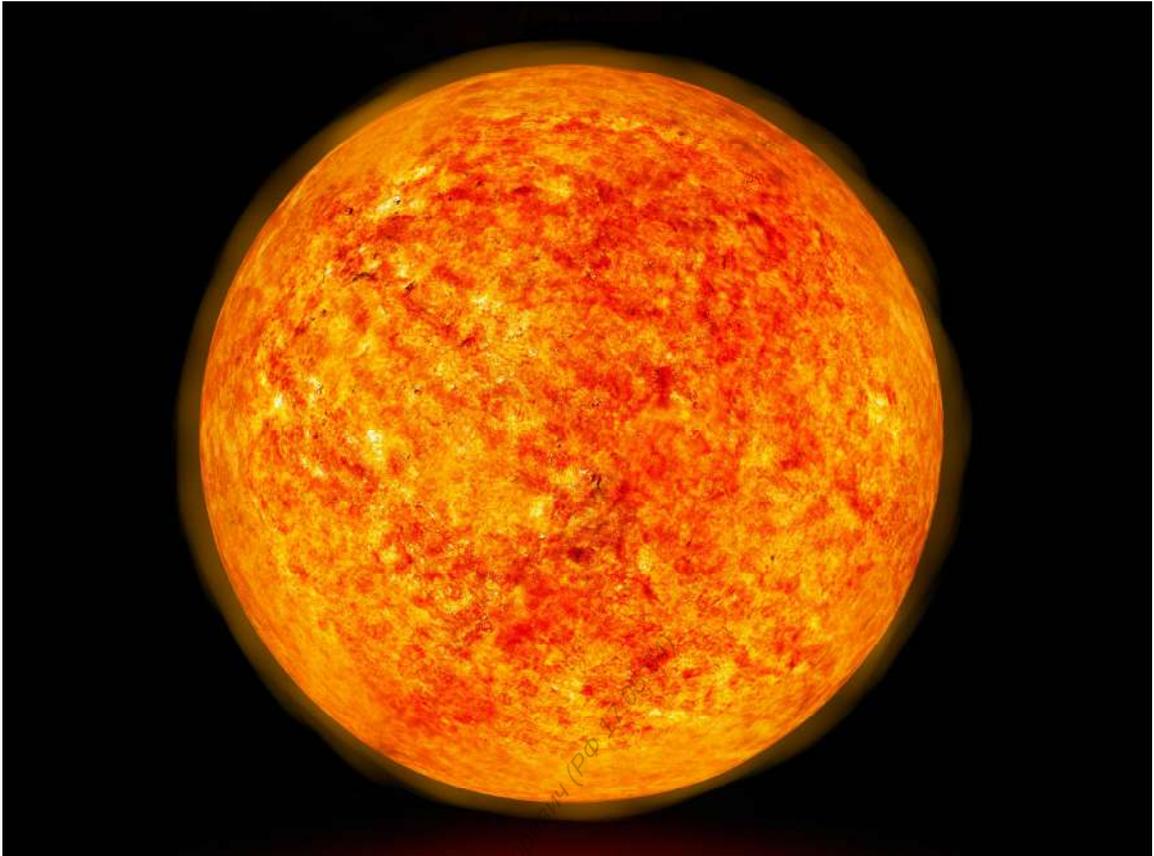


Рисунок 14 – Пример для Светимость: **энергия**, выходящая за 1 секунду

7. Видимая звездная величина (m^* [..]). (рис.15)

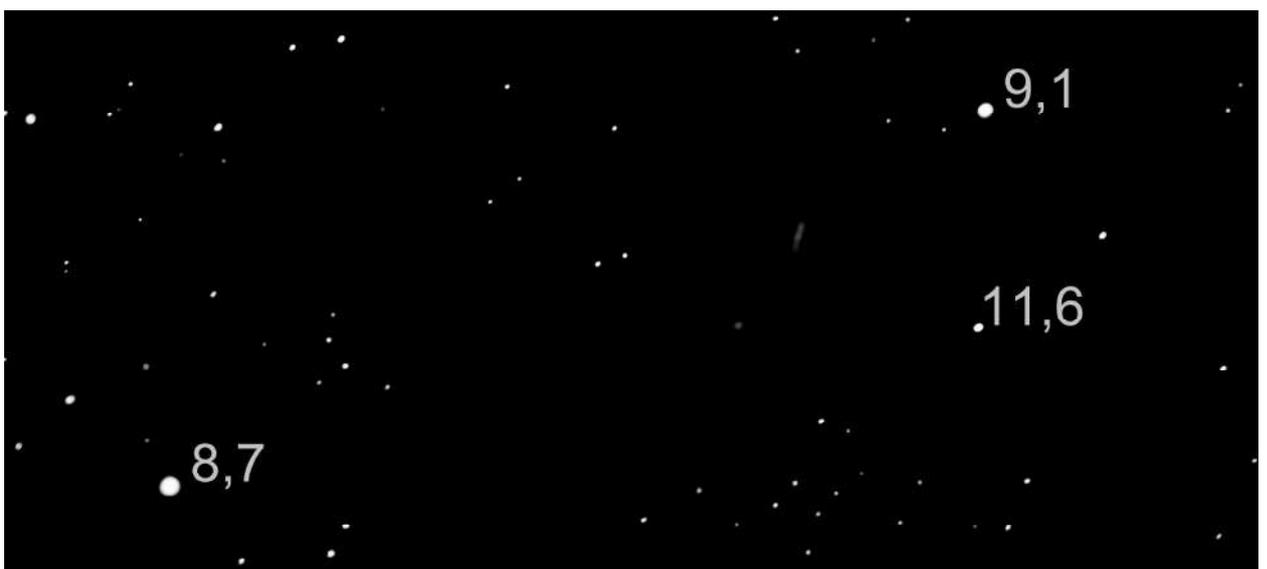


Рисунок 15 – Пример для Видимая звездная величина:

$m^* \uparrow \Rightarrow$ видимость \downarrow звезды (хуже видна) !!!



Закономерности звездных характеристик: (рис.16-17)



Рисунок 16 – Пример для **Закономерности звездных характеристик:**

4 шкалы состояния звезд

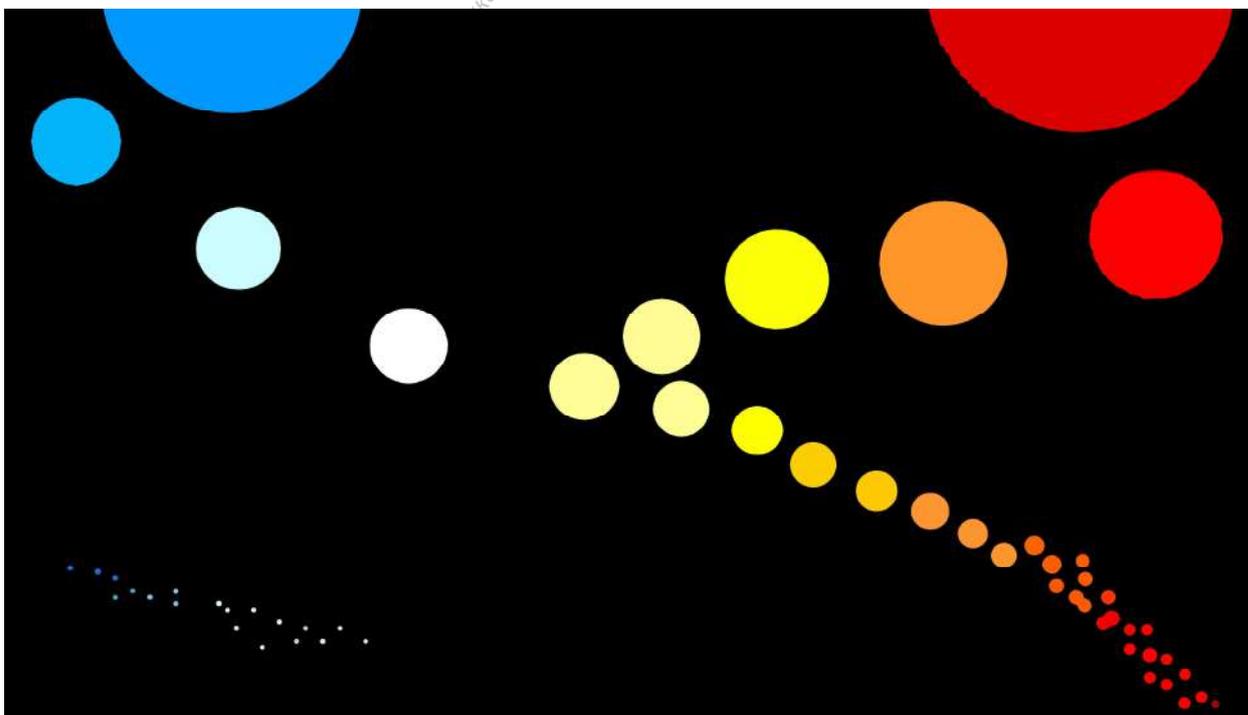


Рисунок 17 – Пример для **Закономерности звездных характеристик:**

« **Диаграмма Герцшпрунга — Рассела** » (цвето-размерный вид)



Источник энергии звезд: (рис.18-19)

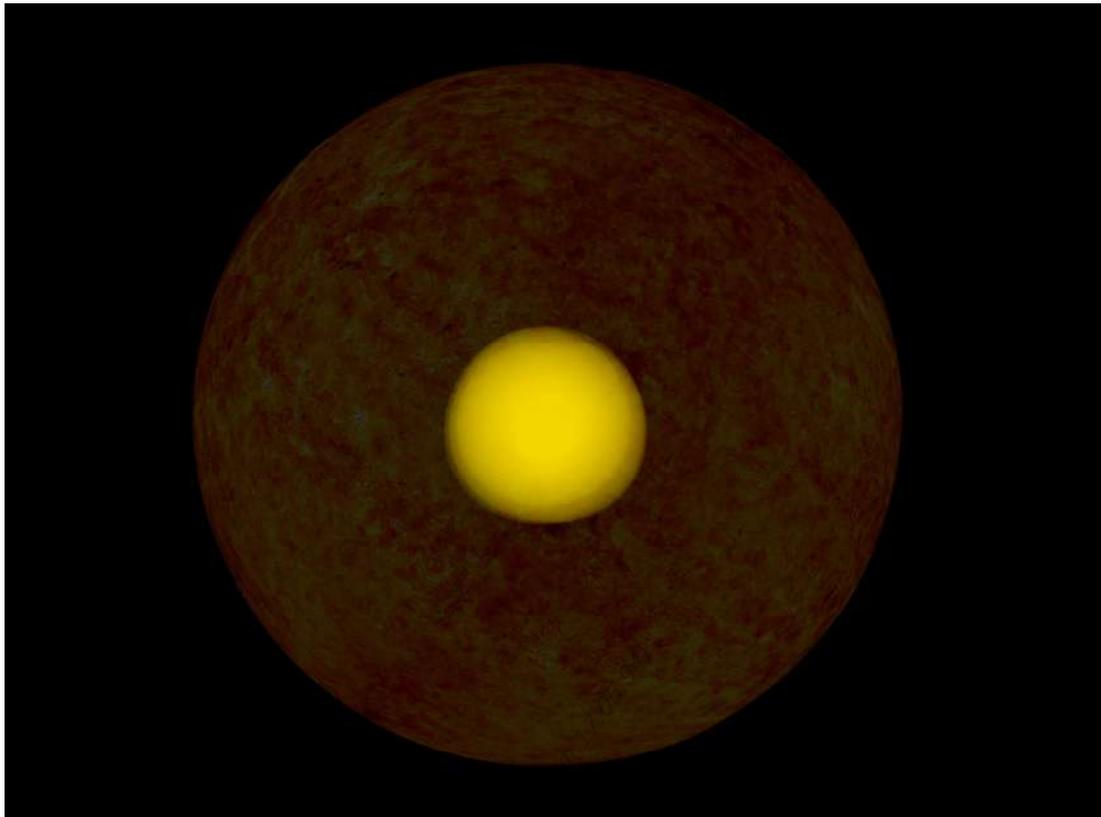


Рисунок 18 – Пример для **Источник энергии звезд:**
термоядерные реакции в ядре



Рисунок 19 – Пример для **Источник энергии звезд:** структура типа Солнце

Современные представления о происхождении, эволюции Солнца:

(рис.20-25)



Рисунок 20 – Пример для **Происхождение звезды: сжатие газопылевых облаков**

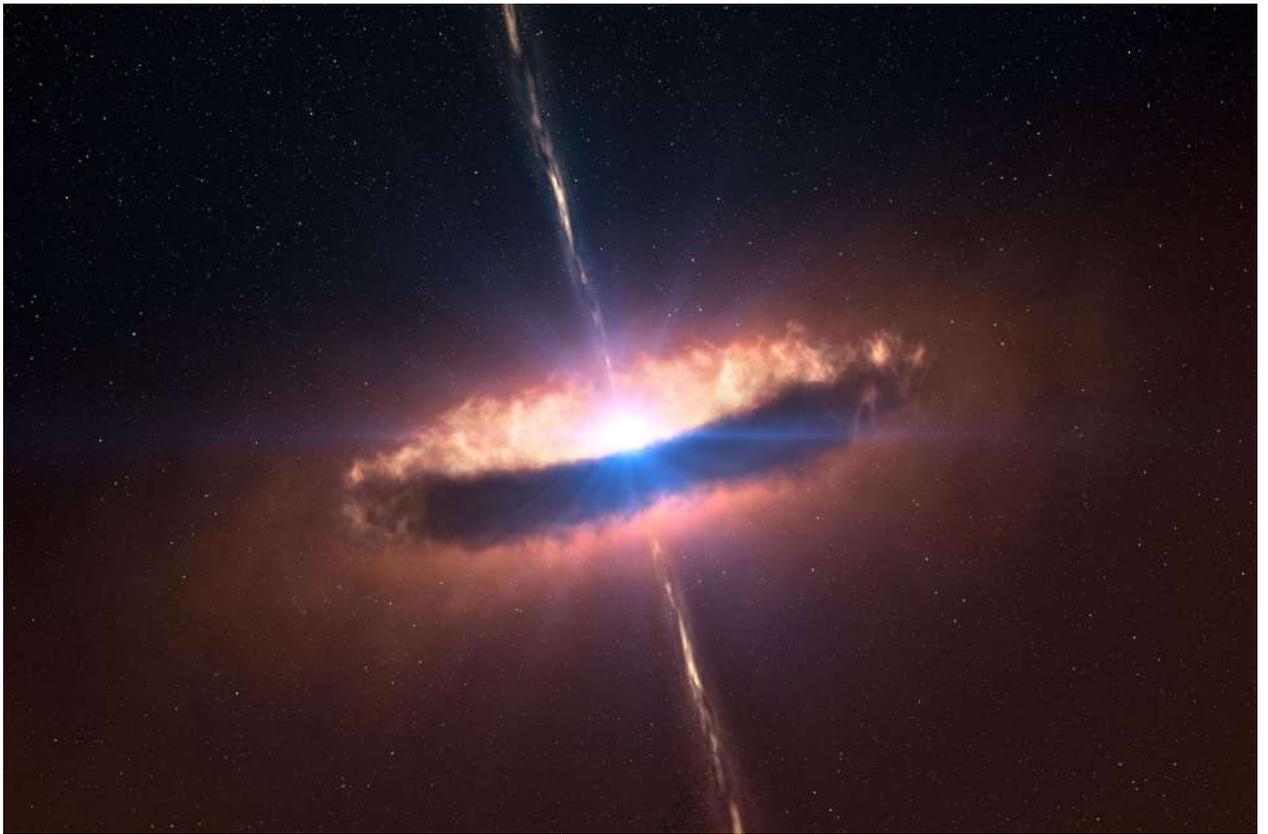


Рисунок 21 – Пример для **Происхождение звезды: протозвезда**

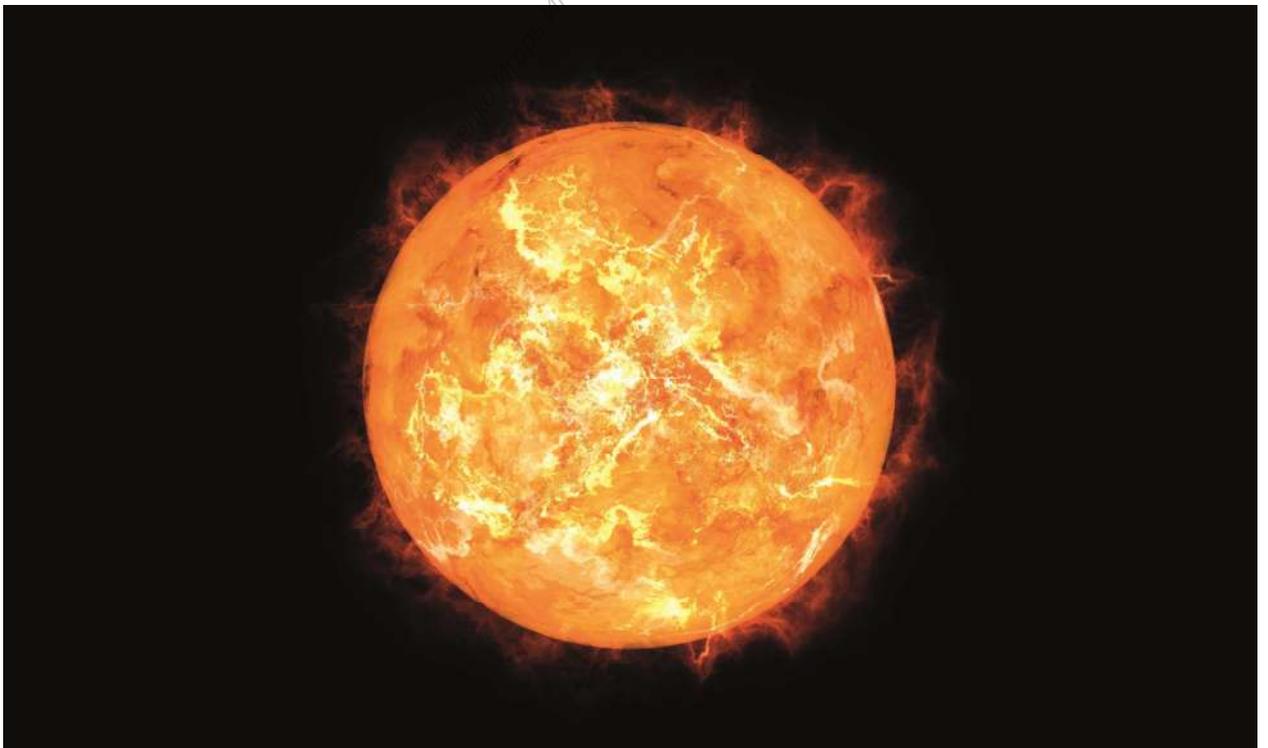


Рисунок 22 – Пример для **Эволюция звезды:**
тип главной последовательности

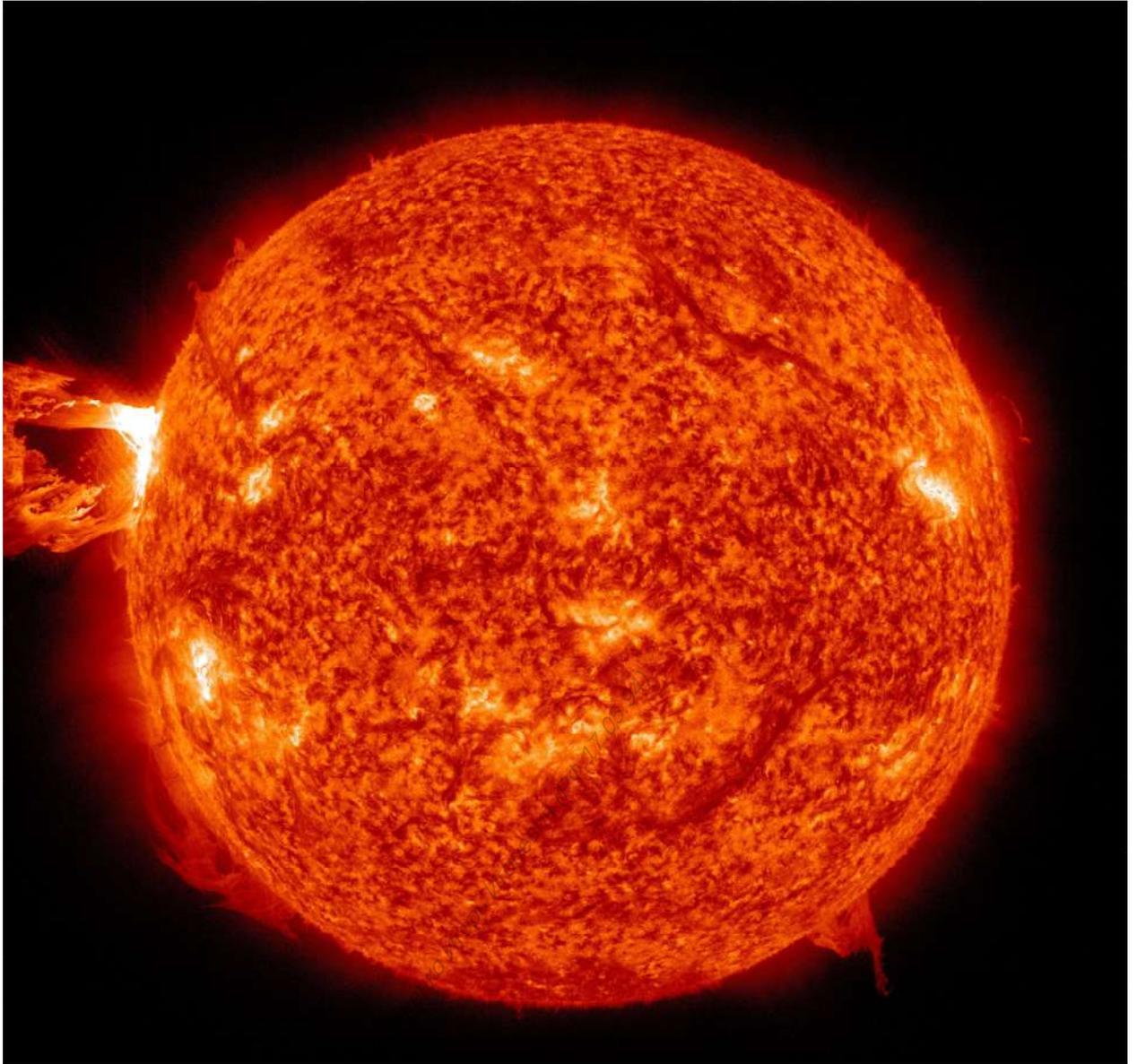


Рисунок 23 – Пример для **Эволюция звезды: красный гигант**



Рисунок 24 – Пример для **Эволюция звезды: планетарная туманность**



Рисунок 25 – Пример для Эволюция звезды: белый карлик

Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94)

Эволюция звезд:

Общая эволюция звезд: (рис.26)

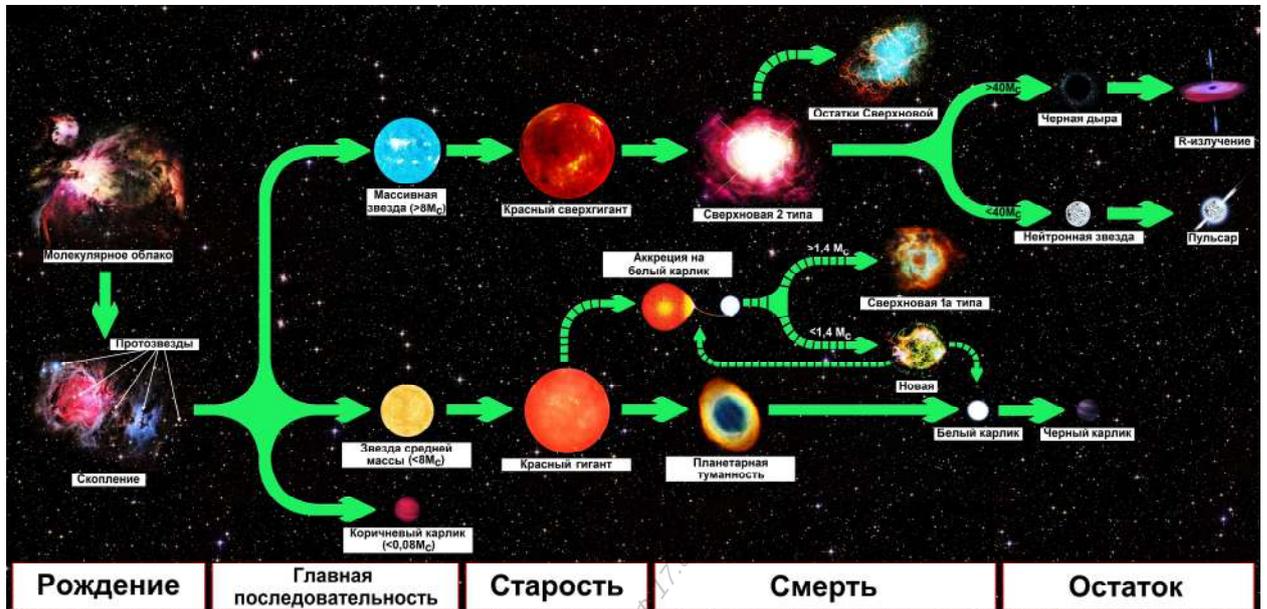


Рисунок 26 – Пример для **Общая эволюция звезд: три результата**

Эволюция Солнца: (рис.27)



Рисунок 27 – Пример для **Эволюция Солнца**: ~12 млрд. лет

Наша Галактика (Млечный путь) – звездная система, содержащая Солнце. (рис.28-30)

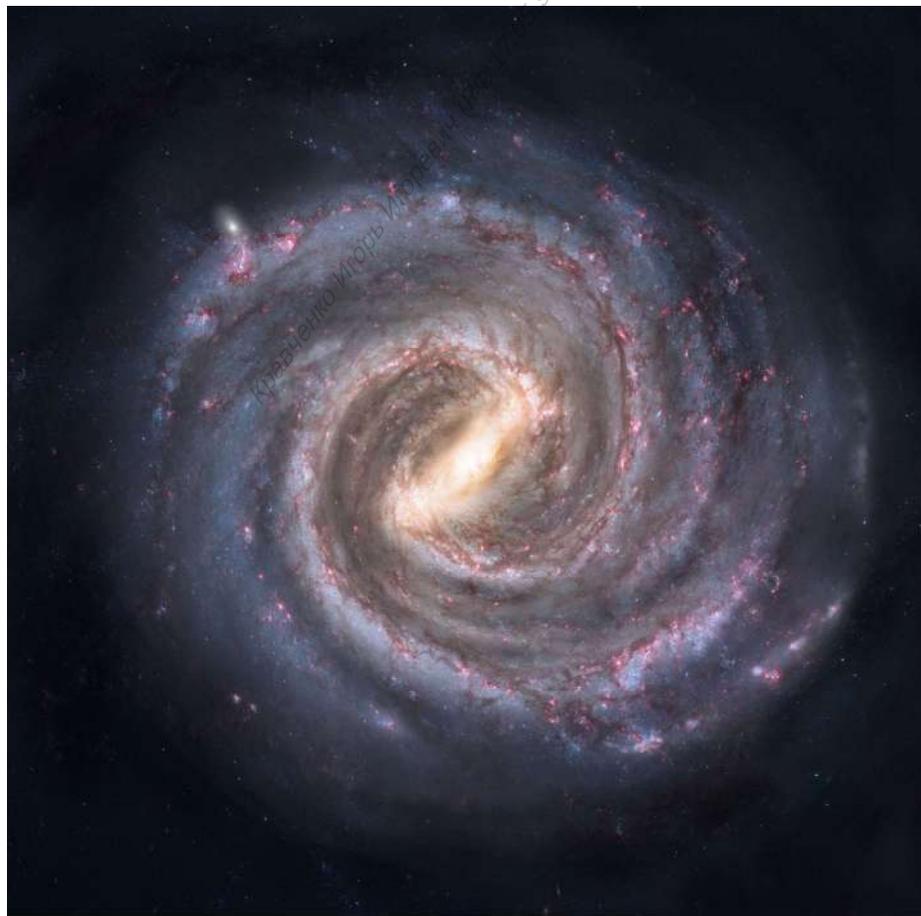


Рисунок 28 – Пример для **Наша Галактика**: звезды кружатся вокруг центра



Рисунок 29 – Пример для **Наша Галактика**: ● **Солнце** . 🌀 **рукав** .

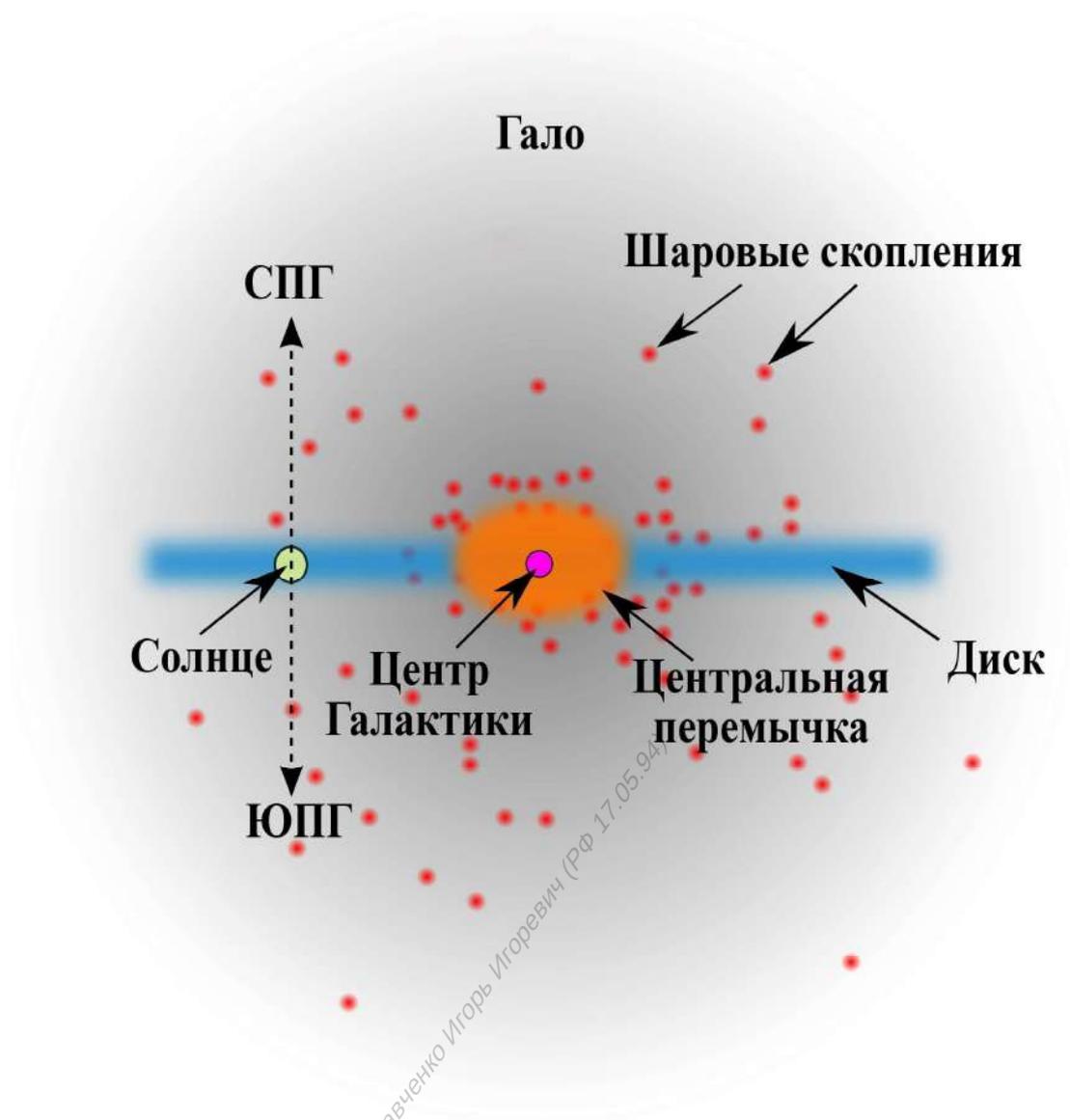


Рисунок 30 – Пример для **Наша Галактика**: схема вида **сбоку**



Другие галактики: (рис.31-33)



Рисунок 31 – Пример для **Другие галактики: спиральная (S) галактика**
« NGC 6814 » (**рукава** и **ядро** как у Млечного пути)



Рисунок 32 – Пример для Другие галактики: эллиптическая (E) галактика « M 59 » (**яркость уменьшается от центра**)

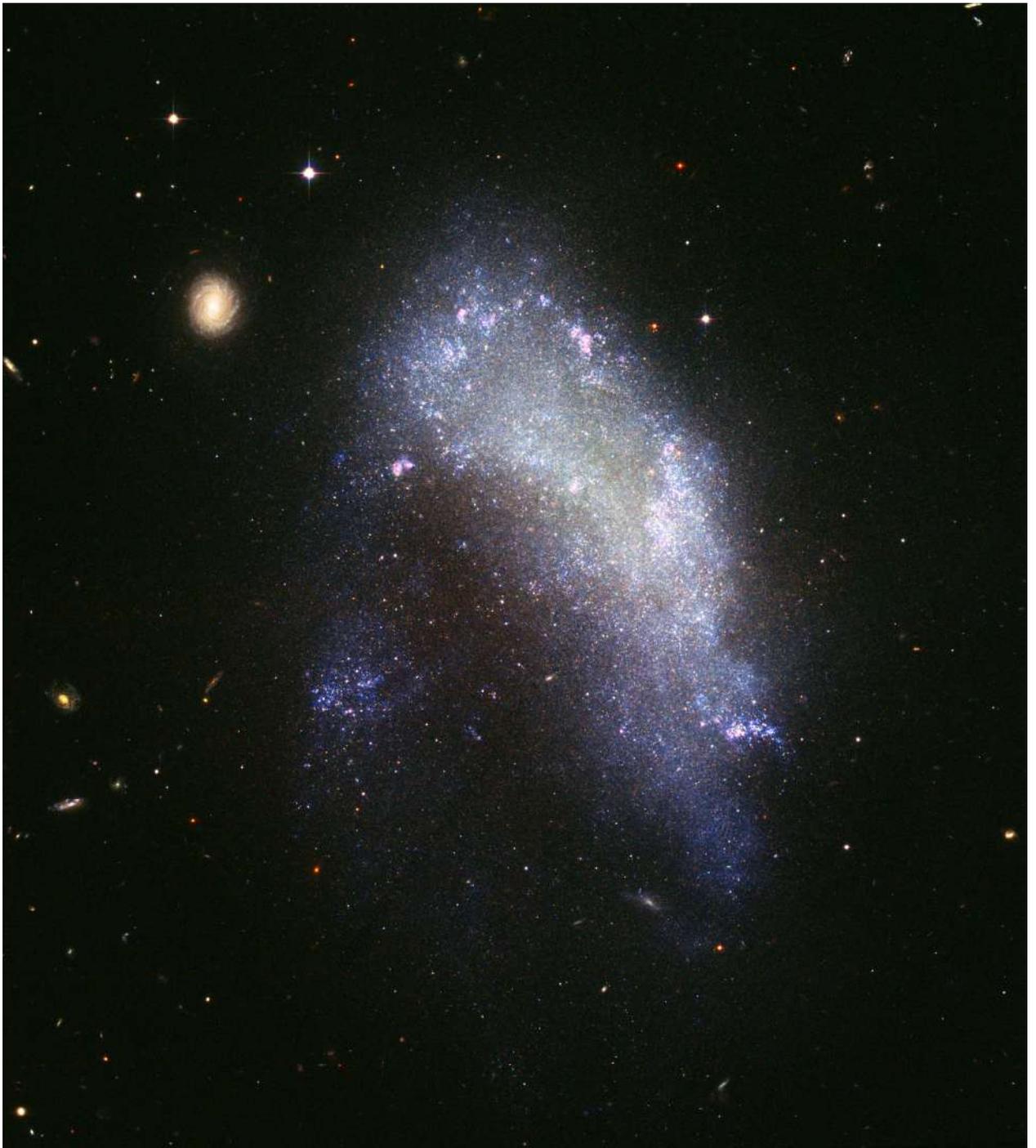


Рисунок 33 – Пример для Другие галактики: неправильная (Irr) галактика
« NGC 1427A » (**нет ядра** и **симметрии**)

Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной: (рис.34)

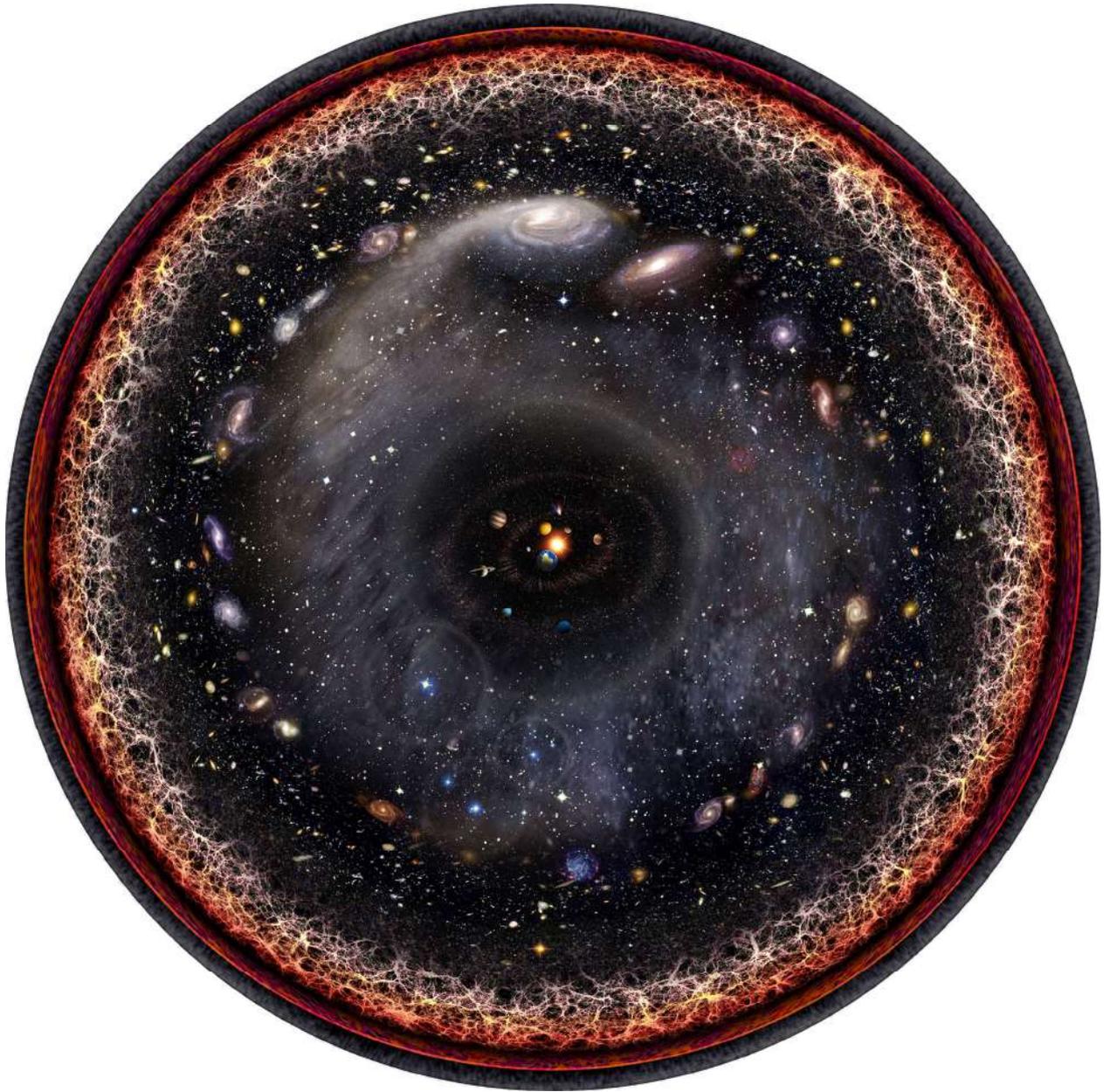


Рисунок 34 – Пример для **Наблюдаемая вселенная:** ~46 миллиардов свет. лет

Современные взгляды на эволюцию и строение Вселенной: (рис.35-40)

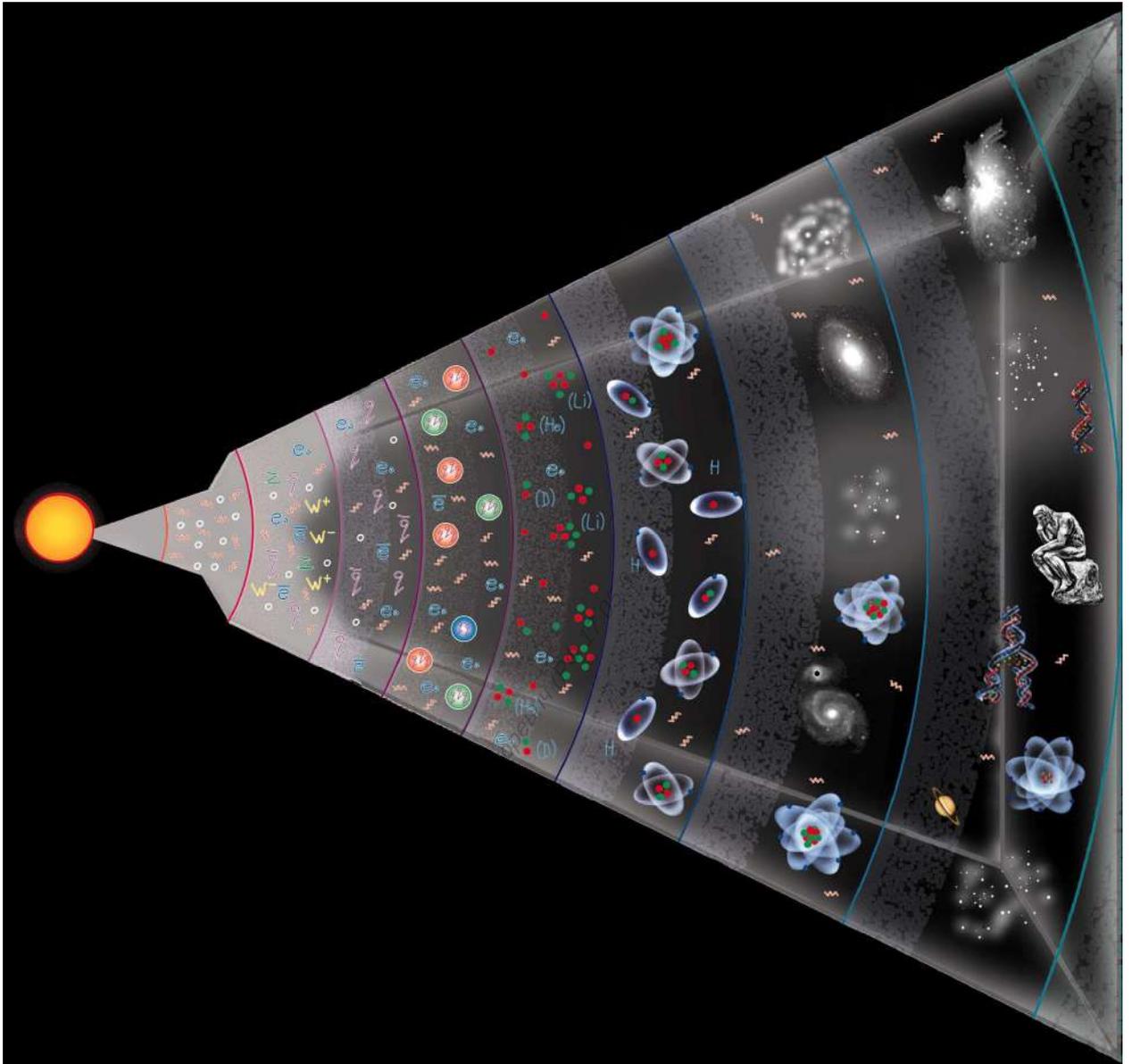


Рисунок 35 – Пример для эволюция Вселенной:

Большой взрыв → расширение

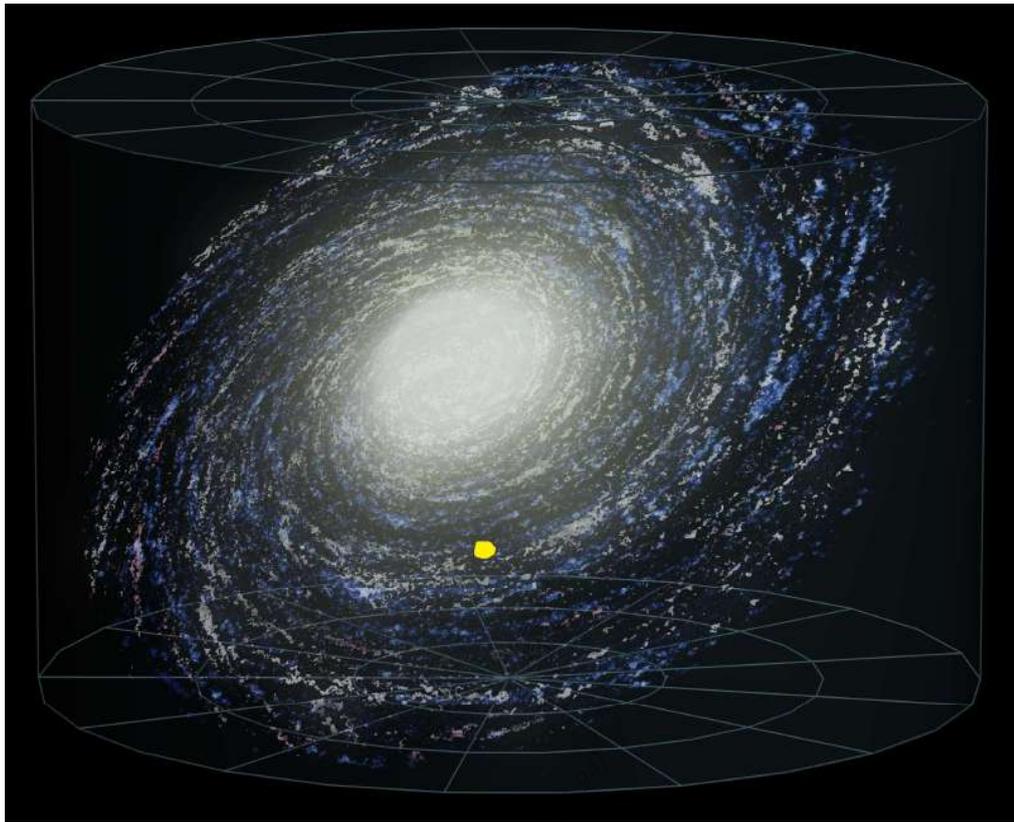


Рисунок 36 – Пример для строение Вселенной: **Наша** галактика

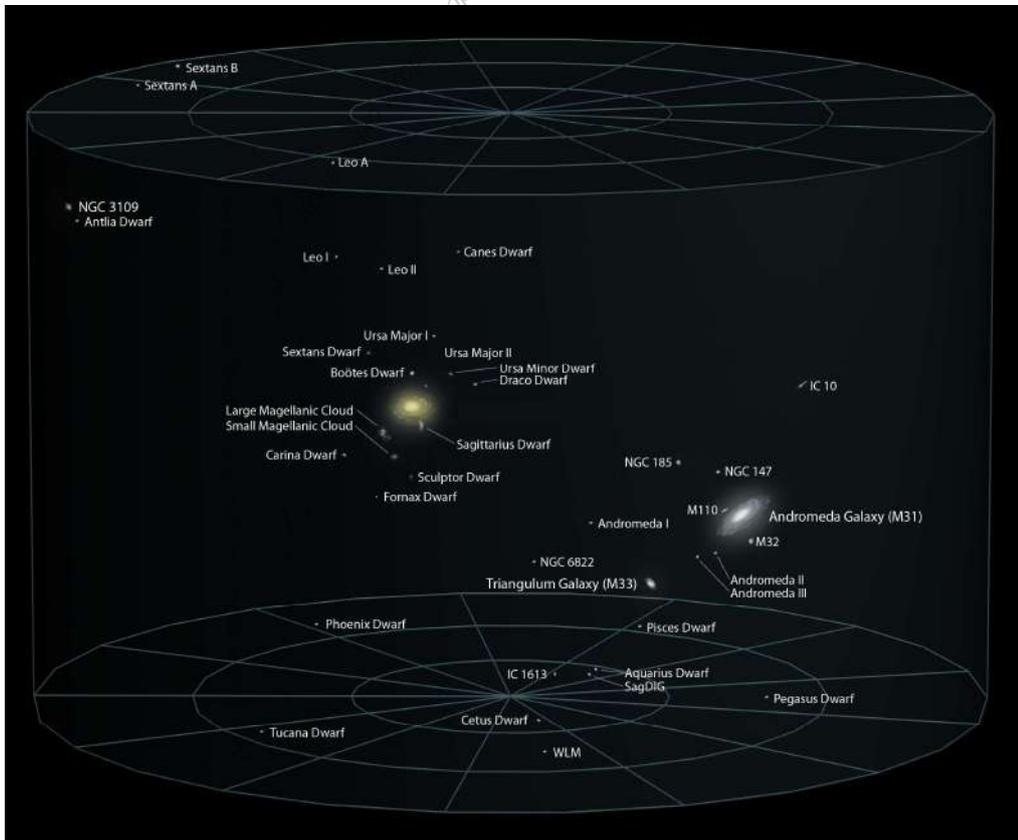


Рисунок 37 – Пример для строение Вселенной: местная группа галактик

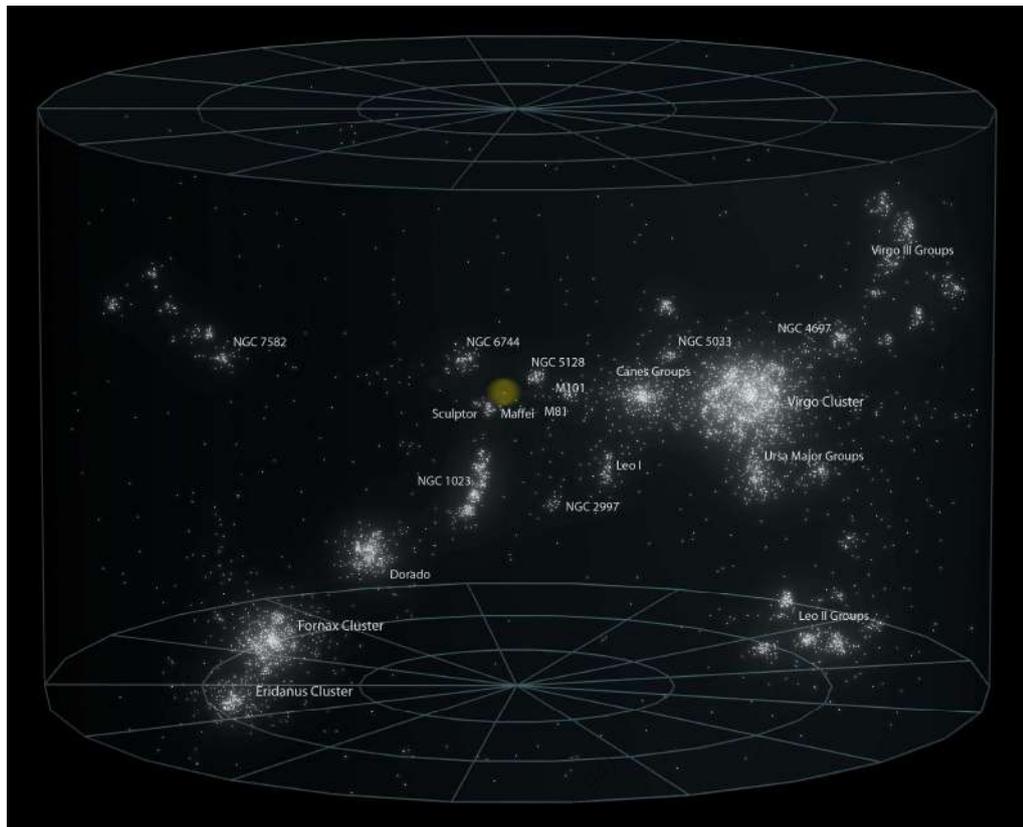


Рисунок 38 – Пример для строение Вселенной:
местное сверхскопление галактик

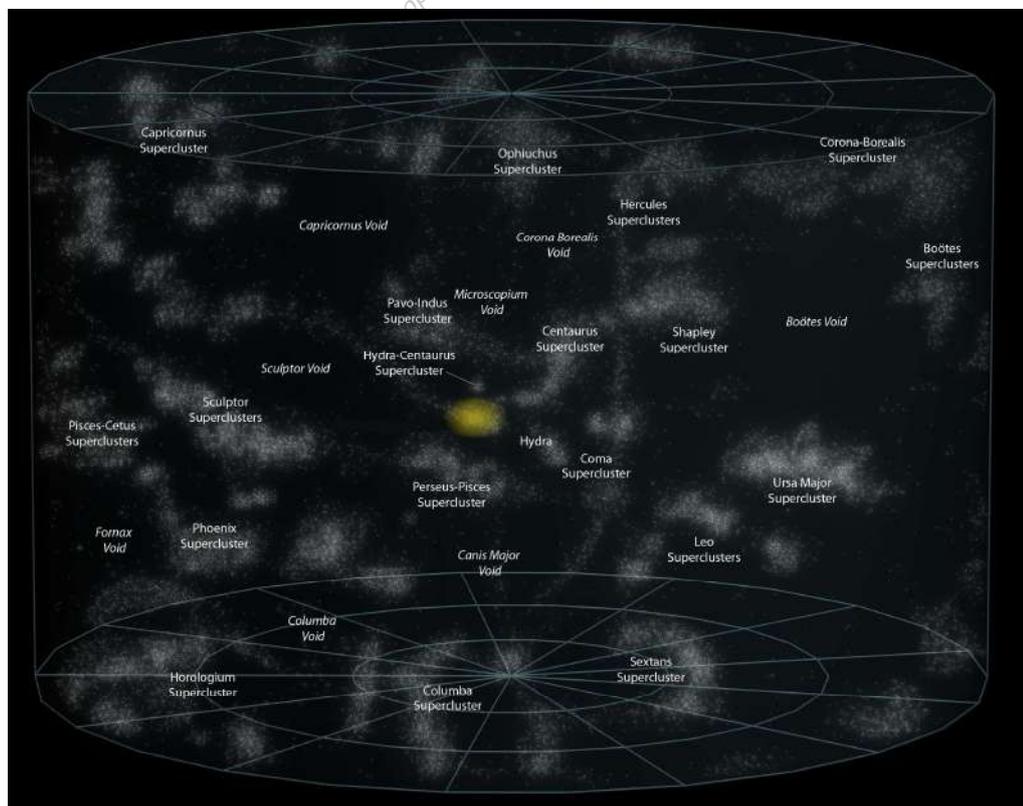


Рисунок 39 – Пример для строение Вселенной: суперкластер Ланиакя

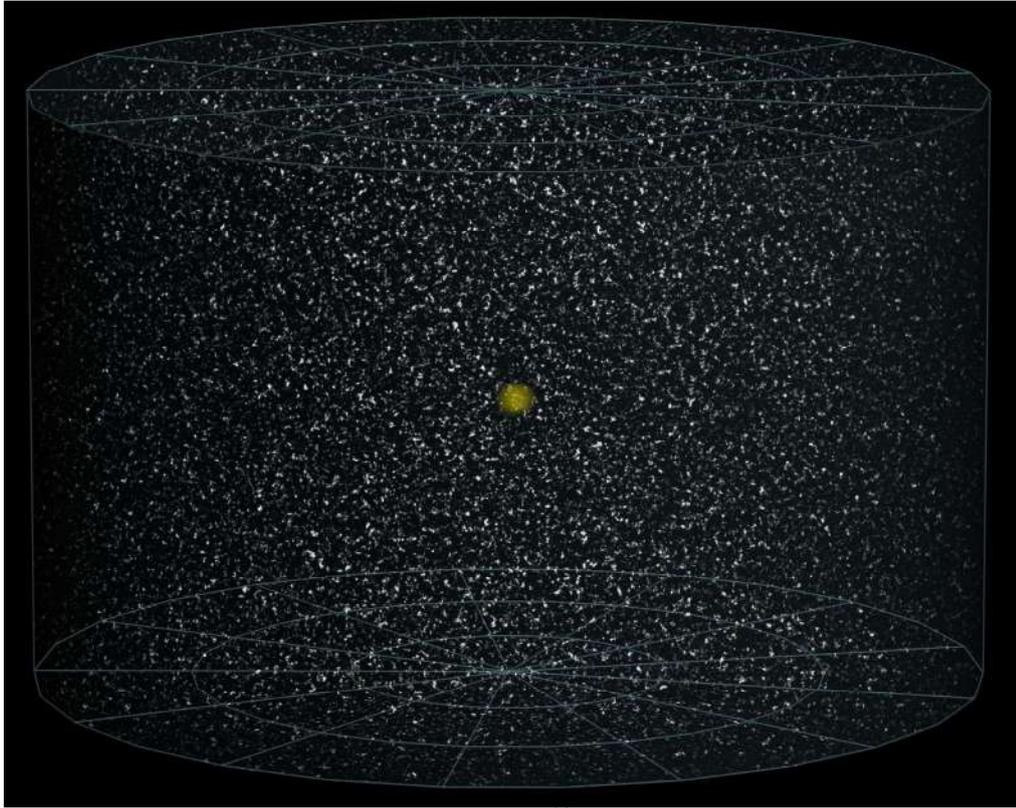


Рисунок 40 – Пример для **строение Вселенной**: наблюдаемая **вселенная**

Кравченко Игорь Игоревич (РФ 17.05.94) +79010144910